


BUREAU DES LONGITUDES  
Institut de Mécanique Céleste  
et de Calcul des Éphémérides

# ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

CONNAISSANCE  
DES TEMPS

2 0 1 3

  
EDP  
SCIENCES

BUREAU DES LONGITUDES

INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE  
ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

OBSERVATOIRE DE PARIS

**ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES 2013**

CONNAISSANCE DES TEMPS

## AUTRES PUBLICATIONS DU MÊME AUTEUR

### **Publications éditées par EDP Sciences**

*Annuaire du Bureau des longitudes*. Guide de données astronomiques 2013.

*Agenda astronomique pour 2013*.

*Le Passage de Vénus*, IMCCE et observatoire de Paris, 2004

*Introduction aux éphémérides astronomiques. Supplément explicatif à la Connaissance des Temps* (1997) (réédition en 1998).

*Le Manuel des éclipses*, édition en 2005.

### **Publication éditée par Edinautic, Paris**

*Éphémérides Nautiques 2013*.

### **Publications éditées par l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides**

*Suppléments à la Connaissance des Temps*.

Phénomènes et configurations des satellites galiléens de Jupiter pour 2012.

Configurations des huit premiers satellites de Saturne pour 2012.

*Le Calendrier Républicain* (réédition en 1994).

*L'astronomie au service de tous* (2009).

*L'observatoire de la marine et du Bureau des longitudes au parc Montsouris, 1875-1914*  
(par Guy Boistel, co-édition Edite, 2010).

### **Publications éditées par l'Observatoire de Paris**

*Promenade dans le système solaire* (CD-ROM).

*Les rendez-vous de Vénus* (CD-ROM).

Rassemblement de 12 000 pages fac-similé des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, des récits des voyages d'astronomes à l'occasion des passages de Vénus devant le Soleil.

*Vénus : le 8 juin 2004* (CD-ROM).

Dédié au passage de Vénus sur le disque du Soleil.

## AVANT-PROPOS

La *Connaissance des Temps* est, de toutes les éphémérides publiées de nos jours, la plus ancienne puisque son premier volume concerne l'année 1679. Cet ouvrage d'éphémérides, à parution annuelle, a eu, depuis sa création, un caractère spécifiquement scientifique. L'évolution, au cours du temps, suivra les progrès de la science, fera place aux nouvelles découvertes, introduira des théories et des concepts nouveaux, fournira les éphémérides des corps célestes avec une précision toujours accrue.

La *Connaissance des Temps* s'est trouvée placée à ses débuts sous des responsabilités diverses, puis pour une longue période sous l'autorité de l'Académie Royale des Sciences. Quand, en 1795, le Bureau des longitudes est créé, la réalisation de la *Connaissance des Temps* lui est attribuée.

Les calculateurs de la fin du XVII<sup>e</sup> siècle et du siècle suivant sont organisés en Service des calculs au début du XIX<sup>e</sup> siècle sous la responsabilité du Bureau des longitudes. Cette situation prévaudra pratiquement jusqu'en 1961 où un Service des calculs et de mécanique céleste voit le jour au sein de ce Bureau. L'ajout de « mécanique céleste » traduit le fait que, désormais, à côté des calculateurs, des astronomes en assureront l'encadrement et développeront des recherches propres à améliorer les éphémérides. Débute alors une tâche de rénovation fondée sur l'établissement de théories nouvelles. Elles remplaceront progressivement celles antérieurement employées pour les objets du système solaire. Ainsi la *Connaissance des Temps* s'est successivement fondée sur l'ensemble des travaux menés au Service des calculs des éphémérides et de mécanique céleste du Bureau des longitudes devenu, en 1998, l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (IMCCE). Cet institut de l'observatoire de Paris mène actuellement des recherches sur lesquelles reposent les calculs nécessaires à la formation des éphémérides et en assure la parution sous la responsabilité scientifique du Bureau des longitudes.

L'IMCCE a entrepris, depuis 2004, une nouvelle rénovation de la *Connaissance des Temps*, décrite dans les pages qui suivent, qui prend en compte les dernières résolutions de l'Union astronomique internationale (UAI), propose une forme tabulée, et présente l'ouvrage accompagné d'éphémérides sur support électronique. Par ailleurs, des chapitres descriptifs fournissent aux utilisateurs les bases scientifiques nécessaires à la compréhension des éphémérides, ainsi que des indications précieuses sur leur utilisation. Enfin, les éphémérides fournies reposent sur les solutions les plus récentes pour les mouvements des corps du système solaire.

La *Connaissance des Temps* de notre époque, héritière d'une longue tradition au service des astronomes et des navigateurs, s'adresse à tous ceux qui ont besoin d'éphémérides astronomiques de précision. Elle constitue également un ouvrage de référence grâce aux chapitres scientifiques qui présentent les développements les plus récents relatifs aux théories, concepts, modèles et conventions sur lesquels reposent ces éphémérides.

Pierre Baüer  
*Président du Bureau des longitudes*



## PRÉFACE

La *Connaissance des Temps* est un ouvrage d'éphémérides de précision. Depuis 2004, elle présente à la fois :

- des données numériques qui permettent de calculer les positions de nombreux objets du système solaire ;
- des textes scientifiques qui donnent les bases d'astronomie fondamentale et de mécanique céleste nécessaires à la compréhension et à l'utilisation des éphémérides.

La première partie de cet ouvrage comprend huit chapitres. Les cinq premiers donnent l'état actuel des connaissances sur les constantes astronomiques fondamentales, les échelles de temps, les systèmes de référence, la rotation de la Terre, les changements de coordonnées. Le sixième chapitre donne une description des éphémérides INPOP concernant le Soleil, les planètes et la Lune. Le septième chapitre concerne les modèles orbitaux des satellites naturels. Il accompagne l'introduction, à partir de 2008, des nouvelles éphémérides des satellites galiléens, L1, des satellites de Mars, NOE-4-06 et d'Uranus, NOE-7-06. Le huitième chapitre donne les explications nécessaires au calcul des éphémérides à partir des tables numériques fournies dans la deuxième partie et à l'usage du logiciel accompagnant l'ouvrage.

La deuxième partie de cet ouvrage contient sous forme d'éphémérides tabulées, le Temps sidéral, les nutations en longitude et en obliquité, les coordonnées du Soleil, de la Lune, des planètes principales, de Pluton, Cérès, Pallas, Junon et Vesta et les coordonnées différentielles aux heures les plus proches des élongations des satellites de Mars, des satellites galiléens de Jupiter, des huit premiers satellites de Saturne et des cinq principaux satellites d'Uranus. Dans cette partie figurent les variables se référant aux nouveaux concepts définis par l'Union Astronomique Internationale (UAI) : angle de rotation de la Terre, équation des origines, coordonnées du pôle céleste intermédiaire, angle  $s$ .

De nouvelles théories des mouvements des corps du système solaire sont en développement à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides. Elles sont introduites progressivement dans nos éphémérides. Ainsi l'édition 2008, avec l'introduction des nouvelles éphémérides de satellites de Mars de Jupiter et d'Uranus, et après celle des nouvelles éphémérides planétaires en 2007, a représenté une étape importante de la rénovation de l'ouvrage que nous avons engagée afin de publier les données les plus précises et de prendre en compte les dernières recommandations des instances internationales.

Rappelons que dans ce but également, des changements ont ainsi été effectués à partir de la *Connaissance des Temps* 2006 :

- Les nouvelles résolutions de l'UAI adoptées en 2000 et impliquant l'utilisation de la nouvelle théorie de précession-nutation de la Terre, UAI2000, et l'utilisation de l'origine non-tournante sont appliquées. Les valeurs des variables liées aux nouveaux concepts sont données pour l'année en cours.
- La représentation des coordonnées en développements polynomiaux est maintenant abandonnée dans les pages de l'ouvrage, au profit d'une représentation tabulée, mais reste en usage sous forme

de fichiers électroniques accessibles à l'utilisateur.

– Un logiciel d'éphémérides électroniques est fourni sur le CD-ROM accompagnant l'ouvrage. Les tabulations de l'ouvrage permettent toujours une interpolation précise, pour le Temps sidéral, les nutations, les variables se référant aux nouveaux concepts définis par l'UAI et les coordonnées du Soleil, des planètes et de la Lune. Leur but principal, cependant, est de permettre la vérification du bon usage du logiciel ou de connaître l'allure annuelle des variations. Il faut noter que l'usage de ce logiciel permet le calcul de séries de positions et de vitesses pour un certain nombre d'objets du système solaire, les calculs de coordonnées horizontales et celui de levers et de couchers.

Créée en 1679 par Joachim Dalancé, la *Connaissance des Temps* est publiée sous la responsabilité du Bureau des longitudes depuis 1795. Ce volume est le 335<sup>e</sup> d'une éphéméride qui a paru sans interruption depuis sa création.

L'IMCCE publie aussi d'autres éphémérides : le *Annuaire du Bureau des longitudes - Guide de données astronomiques*, éphémérides plus particulièrement destinées au grand public et aux astronomes amateurs, les *Éphémérides Nautiques*, destinées aux marins, les *Éphémérides Aéronautiques* destinées aux aviateurs. Il publie aussi des suppléments à la *Connaissance des Temps* donnant les configurations et les phénomènes des satellites galiléens et des huit premiers satellites de Saturne, ainsi que des éphémérides de certains petits satellites de Jupiter et de Saturne.

D. Hestroffer

*Directeur de l'Institut de mécanique céleste  
et de calcul des éphémérides*

J-E. Arlot, M. Birlan

*Responsables de la publication*

*Réalisation du CD-ROM* : Le logiciel fourni sur le CD-ROM a été développé par J. Normand et G. Romero.

*Collaboration technique* : J. Berthier, J. Gominet, S. Lemaître-Pottier, H. Manche, J. Normand, Ch. Ruatti.

*Remerciements* : Nous remercions vivement A. Fienga pour sa collaboration à la construction des tables des éphémérides planétaires, M. Chapront-Touzé qui nous a autorisé à reproduire de larges extraits du chapitre 4 qu'elle avait rédigé pour l'*Introduction aux éphémérides astronomiques*, P. Teyssandier qui nous a aidé dans la traduction de la section 3.2 et G. Francou pour ses conseils lors de l'élaboration des éphémérides. Le comité de rédaction composé de A. Fienga, M. Birlan, D. Gambis, J.-L. Simon et W. Thuillot a réalisé la refonte complète de l'ouvrage sur les éditions 2004 à 2007.

## LISTE DES ACRONYMES

|       |  |
|-------|--|
| AIG   | Association Internationale de Géodésie (voir aussi IAG)        |
| BCRS  | Barycentric Celestial Reference System                         |
| BEP   | Basic Earth Parameters   |
| BIH   | Bureau international de l'heure                                |
| BIPM  | Bureau international des poids et mesures                      |
| BNM   | Bureau national de métrologie                                  |
| BRS   | Barycentric Reference System                                   |
| CCDS  | Comit consultatif pour la définition de la seconde             |
| CEO   | Celestial Ephemeris Origin                                     |
| CEP   | Celestial Ephemeris Pole                                       |
| CERGA | Centre d'études et de recherches godynamiques et astronomiques |
| CGPM  | Conférence générale des poids et mesures                       |
| CIO   | Celestial Intermediate Origin                                  |
| CIP   | Celestial Intermediate Pole                                    |
| CIPM  | Comité international des poids et mesures                      |
| CIRS  | Celestial Intermediate Reference System                        |
| CNES  | Centre national d'études spatiales                             |
| DGRS  | Dynamical Geocentric Reference System                          |
| DORIS | Doppler Orbitography Radio-positioning Integrated by Satellite |
| EOP   | Earth Orientation Parameters                                   |
| ERA   | Earth Rotation Angle   |
| ET    | Ephemeris Time (voir aussi TE)                                 |
| FCN   | Free Core Nutation   |
| GAIA  | Global Astrometris Interferometer for Astrophysics             |
| GCRS  | Geocentric Celestial Reference System                          |
| GMST  | Greenwich Mean Sidereal Time                                   |
| GPS   | Global Positioning System                                      |
| GRS   | Geocentric Reference System                                    |
| GRT   | General Relativity Theory                                      |
| GST   | Greenwich Sidereal Time  |
| IAG   | International Association of Geodesy (voir aussi AIG)          |
| IAU   | International Astronomical Union (voir aussi UAI)              |
| ICRF  | International Celestial Reference Frame                        |
| ICRS  | International Celestial Reference System                       |
| IERS  | International Earth rotation and Reference systems Service     |
| IGS   | International GPS Service                                      |
| IMCCE | Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides     |
| IRM   | International Reference Meridian                               |



|       |   |
|-------|---|
| ITRF  | International Terrestrial Reference Frame                       |
| ITRS  | International Terrestrial Reference System                      |
| JPL   | Jet Propulsion Laboratory                                       |
| KGRS  | Kinematical Geocentric Reference System                         |
| LLR   | Lunar Laser Ranging   |
| LOD   | Length of Day   |
| MERIT | Monitoring of Earth Rotation and Inter-comparison of Techniques |
| NRO   | Non Rotating Origin (origine non-tournante)                     |
| PFCN  | Prograde Free Core Nutation                                     |
| PPN   | Paramètres post-newtoniens                                      |
| PRT   | Paramètres de rotation de la Terre                              |
| RRT   | Repère de référence terrestre                                   |
| SI    | Système international d'unités                                  |
| SIM   | Space Interferometry Mission                                    |
| SLR   | Satellite Laser Ranging   |
| SRT   | Système de référence terrestre                                  |
| TAI   | Temps atomique international                                    |
| TCB   | Temps coordonnée barycentrique                                  |
| TCG   | Temps coordonnée géocentrique                                   |
| TDB   | Temps dynamique barycentrique                                   |
| TDT   | Temps dynamique terrestre                                       |
| TE    | Temps des éphémérides (voir aussi ET)                           |
| TEO   | Terrestrial Ephemeris Origin                                    |
| TIO   | Terrestrial Intermediate Origin                                 |
| TIRS  | Terrestrial Intermediate Reference System                       |
| TT    | Temps terrestre   |
| TU    | Temps universel (voir aussi UT)                                 |
| UAI   | Union Astronomique Internationale (voir aussi IAU)              |
| UGGI  | Union Géodésique et Géophysique Internationale                  |
| UT    | Universal Time (voir aussi TU)                                  |
| UTC   | Universal Time Coordinated (Temps universel coordonné)          |
| VLBA  | Very Long Baseline Array  |
| VLBI  | Very Long Baseline Interferometry                               |

## NOTATIONS

Les notations sont précisées et expliquées dans chacun des chapitres où elles sont introduites. Nous nous sommes efforcés de garder des notations cohérentes sur l'ensemble de l'ouvrage.

Les symboles utilisés suivent en général les recommandations de l'Union Astronomique Internationale, toutefois l'origine des temps J2000.0 est notée J2000.

Pour les unités nous avons utilisé les symboles définis dans la section 2.2 mais aussi les symboles suivants :

|          |                                       |
|----------|---------------------------------------|
| cpsd     | cycle par jour sidéral                |
| mas      | milliseconde de degré ( $10^{-3}''$ ) |
| ms       | milliseconde ( $10^{-3}$ s)           |
| $\mu$ as | microseconde de degré ( $10^{-6}''$ ) |
| $\mu$ s  | microseconde ( $10^{-6}$ s)           |
| ns       | nanoseconde ( $10^{-9}$ s)            |

D'un point de vue typographique, les vecteurs sont représentés par des caractères gras et les points par des caractères romains.

# LES SERVEURS DE L'INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

## Les serveurs sur Internet

<http://www.imcce.fr>

<http://www.imcce.eu>

L'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides diffuse de nombreuses informations, périodiquement remises à jour, grâce à son serveur sur le réseau *Internet*. On y trouve, outre des informations générales sur les activités de l'Institut de mécanique céleste, des données scientifiques concernant les objets du système solaire :

- éphémérides de planètes, planètes naines, comètes, astéroïdes et satellites, phénomènes ;
- données sur les objets du système solaire ;
- éléments orbitaux de comètes ;
- données sur les éclipses du Soleil et de la Lune ;
- images astronomiques ;
- bases de données astrométriques.

Ces serveurs sont accessibles aux adresses <http://www.imcce.fr> et <http://www.imcce.eu>.

# TABLE DES MATIÈRES

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Avant-propos . . . . .            | I. iii |
| Préface . . . . .                 | I. v   |
| Liste des acronymes . . . . .     | I. vii |
| Notations . . . . .               | I. ix  |
| Errata . . . . .                  | I. ix  |
| Les serveurs de l'IMCCE . . . . . | I. x   |
| Table des matières . . . . .      | I. xi  |

## **PREMIÈRE PARTIE : INTRODUCTION AUX ÉPHÉMÉRIDES . . . . . I. 1**

|   |              |
|---|--------------|
| <b>1. Définitions et données astronomiques . . . . .</b>                      | <b>I. 3</b>  |
| 1.1. Introduction . . . . .   | I. 3         |
| 1.2. Systèmes d'unités . . . . .  | I. 4         |
| 1.3. Le système UAI de constantes astronomiques . . . . .                     | I. 8         |
| 1.4. Données concernant les corps du système solaire . . . . .                | I. 16        |
| 1.5. Autres constantes et unités . . . . .                                    | I. 31        |
| 1.6. Bibliographie. . . . .   | I. 34        |
| <b>2. Échelles de temps . . . . .</b>   | <b>I. 39</b> |
| 2.1. Introduction. Le temps et les astronomes . . . . .                       | I. 39        |
| 2.2. Évolution des échelles de temps . . . . .                                | I. 40        |
| 2.3. Le temps universel (TU ou UT, Universal Time) . . . . .                  | I. 42        |
| 2.4. Le temps atomique international (TAI) . . . . .                          | I. 43        |
| 2.5. Le temps universel coordonné (UTC, Universal Time Coordinated) . . . . . | I. 46        |
| 2.6. Le temps des éphémérides (TE ou ET, Ephemeris Time) . . . . .            | I. 49        |
| 2.7. Les échelles de temps relativistes . . . . .                             | I. 50        |
| 2.8. Bibliographie . . . . .  | I. 55        |
| <b>3. Systèmes de référence . . . . .</b>                                     | <b>I. 63</b> |
| 3.1. Introduction aux systèmes de référence . . . . .                         | I. 63        |
| 3.2. Systèmes de référence relativistes . . . . .                             | I. 65        |
| 3.3. Systèmes de référence dynamiques . . . . .                               | I. 72        |
| 3.4. Le système de référence céleste international ICRS . . . . .             | I. 80        |
| 3.5. Le système international de référence terrestre ITRS . . . . .           | I. 86        |

|   |        |
|---|--------|
| 3.6. Passage du système de référence céleste géocentrique au système de référence terrestre | I. 94  |
| 3.7. Bibliographie  | I. 109 |
| <b>4. Rotation de la Terre</b>  | I. 115 |
| 4.1. Introduction des phénomènes physiques et observations                                  | I. 115 |
| 4.2. La précession  | I. 121 |
| 4.3. Modèles de nutation  | I. 127 |
| 4.4. Détermination des paramètres d'orientation de la Terre                                 | I. 137 |
| 4.5. Bibliographie  | I. 146 |
| <b>5. Changements de coordonnées</b>  | I. 149 |
| 5.1. Notions préliminaires  | I. 149 |
| 5.2. Coordonnées usuelles   | I. 151 |
| 5.3. Formules de changements de coordonnées   | I. 156 |
| 5.4. Application des résolutions de l'UAI 2001 aux changements de coordonnées               | I. 164 |
| 5.5. Bibliographie  | I. 168 |
| <b>6. Mouvement des planètes et de la Lune : la solution INPOP</b>                          | I. 169 |
| 6.1. Introduction   | I. 169 |
| 6.2. Modèle dynamique   | I. 170 |
| 6.3. Ajustement aux observations  | I. 171 |
| 6.4. Bibliographie  | I. 174 |
| <b>7. Modèles orbitaux des satellites naturels</b>  | I. 175 |
| 7.1. Introduction   | I. 175 |
| 7.2. Modèle dynamique   | I. 175 |
| 7.3. Ajustement aux observations  | I. 176 |
| 7.4. Représentation des solutions   | I. 178 |
| 7.5. Bibliographie  | I. 180 |
| <b>8. Explications liées aux éphémérides de la <i>Connaissance des Temps</i></b>            | I. 181 |
| 8.1. Présentation des éphémérides   | I. 181 |
| 8.2. Sources des éphémérides  | I. 185 |
| 8.3. Utilisation des éphémérides tabulées   | I. 186 |
| 8.4. Utilisation des éphémérides électroniques  | I. 188 |
| 8.5. Précision des éphémérides  | I. 190 |
| 8.6. Bibliographie  | I. 194 |

|  |        |
|--|--------|
| <b>DEUXIÈME PARTIE : ÉPHÉMÉRIDES POUR 2013</b> . . . . .       | II. 1  |
| <b>Temps sidéral, nutation</b> . . . . .                       | II. 3  |
| Temps sidéral, nutation en longitude et obliquité . . . . .    | II. 4  |
| <b>Angle de rotation de la Terre</b> . . . . .                 | II. 9  |
| Angle de rotation de la Terre, équation des origines . . . . . | II. 10 |
| <b>Système céleste intermédiaire</b> . . . . .                 | II. 15 |
| Coordonnées du CIP X et Y, Angle $s$ . . . . .                 | II. 16 |
| <b>Soleil</b> . . . . .  | II. 21 |
| Longitude, latitude, rayon vecteur . . . . .                   | II. 22 |
| Ascension droite, déclinaison, temps de passage . . . . .      | II. 26 |
| Coordonnées rectangulaires (X, Y, Z) . . . . .                 | II. 30 |
| <b>Lune</b> . . . . .  | II. 35 |
| Ascension droite, déclinaison, distance . . . . .              | II. 36 |
| <b>Planètes principales</b> . . . . .                          | II. 53 |
| Coordonnées héliocentriques . . . . .                          | II. 54 |
| Mercure . . . . .  | II. 54 |
| Vénus . . . . .  | II. 58 |
| Mars . . . . .   | II. 60 |
| Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune . . . . .                    | II. 61 |
| Coordonnées géocentriques . . . . .                            | II. 62 |
| Mercure . . . . .  | II. 62 |
| Vénus . . . . .  | II. 66 |
| Mars . . . . .   | II. 70 |
| Jupiter . . . . .  | II. 74 |
| Saturne . . . . .  | II. 78 |
| Uranus . . . . .   | II. 82 |
| Neptune . . . . .  | II. 86 |
| <b>Pluton et astéroïdes</b> . . . . .                          | II. 91 |
| Coordonnées géocentriques . . . . .                            | II. 92 |
| Pluton . . . . .   | II. 92 |
| Cérès . . . . .  | II. 93 |
| Pallas . . . . .   | II. 94 |
| Junon . . . . .  | II. 95 |

|  |         |
|--|---------|
| Vesta . . . . .  | II. 96  |
| <b>Satellites de Mars</b> . . . . .  | II. 97  |
| Coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations Est . . . | II. 98  |
| Phobos . . . . .   | II. 98  |
| Déimos . . . . .   | II. 106 |
| <b>Satellites de Jupiter</b> . . . . .   | II. 109 |
| Coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . .     | II. 110 |
| Io . . . . .   | II. 110 |
| Europe . . . . .   | II. 114 |
| Ganymède . . . . .   | II. 116 |
| Callisto . . . . .   | II. 117 |
| <b>Satellites de Saturne</b> . . . . .   | II. 119 |
| Coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . .     | II. 120 |
| Mimas . . . . .  | II. 120 |
| Encelade . . . . .   | II. 126 |
| Téthys . . . . .   | II. 130 |
| Dioné . . . . .  | II. 133 |
| Rhéa . . . . .   | II. 135 |
| Titan . . . . .  | II. 136 |
| Hypériorion . . . . .  | II. 137 |
| Japet . . . . .  | II. 137 |
| <b>Satellites d'Uranus</b> . . . . .   | II. 139 |
| Coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . .     | II. 140 |
| Miranda . . . . .  | II. 140 |
| Ariel . . . . .  | II. 144 |
| Umbriel . . . . .  | II. 147 |
| Titania . . . . .  | II. 149 |
| Obéron . . . . .   | II. 150 |
| <b>Calendrier</b> . . . . .  | II. 151 |
| Composition de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides . . . . .        | II. 155 |
| Composition du Bureau des longitudes . . . . .   | II. 157 |

# PREMIÈRE PARTIE

## INTRODUCTION AUX ÉPHÉMÉRIDES

|  |        |
|--|--------|
| Chapitre 1. Définitions et données astronomiques .....                                 | I. 3   |
| Chapitre 2. Échelles de temps .....  | I. 39  |
| Chapitre 3. Systèmes de référence .....  | I. 63  |
| Chapitre 4. Rotation de la Terre.....  | I. 115 |
| Chapitre 5. Changements de coordonnées.....  | I. 149 |
| Chapitre 6. Mouvement des planètes et de la Lune : la solution INPOP .....             | I. 169 |
| Chapitre 7. Modèles orbitaux des satellites naturels .....                             | I. 175 |
| Chapitre 8. Explications liées aux éphémérides de la <i>Connaissance des Temps</i> ... | I. 181 |





## CHAPITRE 1

# DÉFINITIONS ET DONNÉES ASTRONOMIQUES

---

A. BEC-BORSENBERGER, J.-L. SIMON, D. HESTROFFER ET M. BIRLAN

### 1.1. INTRODUCTION

L'établissement des éphémérides, prévision des positions des corps célestes, dépend du système d'unités et de la valeur des constantes utilisées. En plus du système fondamental d'unités, commun à toutes les sciences, les astronomes utilisent, par commodité puisqu'il s'agit de représenter des mouvements à grande échelle, un autre système dit *système d'unités astronomiques*. C'est au cours de la Conférence internationale des étoiles fondamentales tenue à Paris du 18 au 21 mai 1896 que fut établi un système de constantes astronomiques sur lequel les astronomes étaient invités à fonder leurs calculs. Ce système de constantes, international dès l'origine, est entré en application immédiatement et est resté en vigueur jusqu'à l'adoption par la douzième assemblée générale de l'Union Astronomique Internationale (UAI), réunie à Hambourg en 1964, du système UAI 1964 (UAI, 1966). Ce dernier système fut effectivement introduit dans les éphémérides à partir de 1968. La seizième assemblée générale de l'UAI réunie à Grenoble en 1976, le modifia pour donner naissance au système UAI 1976 (UAI, 1977) qui fut introduit dans les éphémérides en 1984.

Dans ce chapitre nous allons présenter ce système ainsi que des données plus récentes et actuellement en usage. Nous noterons :

- IERS 2003, les données issues du système de référence standard défini par le Service International de Rotation de la Terre (IERS, International Earth rotation and Reference systems Service) ;
- Seidelmann et al. 2002, 2005, 2007, les données publiées par le *groupe de travail* commun à l'UAI et à l'Association Internationale de Géodésie (IAG, International Association of Geodesy) sur les coordonnées cartographiques et les éléments rotationnels des planètes et des satellites ;
- Fukushima 2000, les propositions du *groupe de travail* de l'UAI sur les constantes astronomiques.

## 1.2. SYSTÈMES D'UNITÉS

### 1.2.1. Système fondamental

Le système pratique d'unités de mesure est le Système International d'unités dont l'abréviation internationale est SI. On y distingue deux classes d'unités, les unités de base et les unités dérivées.

Le Système International est fondé sur sept unités de base (Table 1.1) considérées comme indépendantes du point de vue dimensionnel.

**Table 1.1.** Unités de base du Système International d'unités (SI).

| Grandeur                        | Unité      | Symbole |
|---------------------------------|------------|---------|
| Longueur                        | mètre      | m       |
| Masse                           | kilogramme | kg      |
| Temps                           | seconde    | s       |
| Intensité de courant électrique | ampère     | A       |
| Température thermodynamique     | kelvin     | K       |
| Quantité de matière             | mole       | mol     |
| Intensité lumineuse             | candela    | cd      |

Les définitions de ces unités ont changé au cours du temps.

Compte tenu de leur précision intrinsèque et des incertitudes de mise en œuvre, chacune de leurs définitions successives est compatible avec la précédente tout en permettant des réalisations plus exactes.

Les dernières définitions publiées par le Bureau international des poids et mesures (BIPM, 1998) pour les sept unités de base sont les suivantes, les sigles CGPM désignant la Conférence générale des poids et mesures et CIPM, le Comité international des poids et mesures.

*Unité de longueur : le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 seconde (17<sup>e</sup> CGPM, 1983).*

*Unité de masse : le kilogramme est l'unité de masse ; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme (1<sup>er</sup> CGPM, 1889 et 3<sup>e</sup> CGPM, 1901). Ce prototype international en platine iridié est conservé au Bureau International.*

*Unité de temps : la seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 (13<sup>e</sup> CGPM, 1967).*

*Unité de courant électrique : l'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à  $2 \times 10^{-7}$  newton par mètre de longueur (CIPM, 1946 et 9<sup>e</sup> CGPM, 1948).*

*Unité de température thermodynamique : le kelvin est la fraction 1/273.16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau (13<sup>e</sup> CGPM, 1967).*

*Unité de quantité de matière : la mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0.012 kilogramme de carbone 12. Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules (14<sup>e</sup> CGPM, 1971). Remarquons que, dans la définition de la mole, il est entendu que l'on se réfère à des atomes de carbone 12 non liés, au repos et dans leur état fondamental.*

*Unité d'intensité lumineuse : la candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \times 10^{12}$  hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian (16<sup>e</sup> CGPM, 1979).*

*Les unités dérivées* sont formées par combinaison des unités de base à l'aide de relations algébriques liant les grandeurs correspondantes (cf. Bureau des longitudes, 1981).

La classe des unités supplémentaires d'angle plan et d'angle solide, le radian et le stéradian, a été abrogée par la 11<sup>e</sup> CGPM, (1995). Ces unités sont désormais interprétées comme unités dérivées sans dimension.

Le radian est l'angle plan compris entre deux rayons qui, sur la circonférence d'un cercle, interceptent un arc de longueur égale à celle du rayon. Il a pour symbole rad.

Le stéradian est l'angle solide qui, ayant son sommet au centre d'une sphère, découpe sur la surface de cette sphère une aire égale à celle d'un carré ayant pour côté le rayon de la sphère. Il a pour symbole sr.

Par ailleurs, le Comité international des poids et mesures a adopté en 1996 une nouvelle classification des unités en dehors du SI qui peuvent être utilisées avec le SI. Parmi celles-ci, on donne dans la table 1.2 les unités usuelles de temps et d'angle employées quotidiennement.

**Table 1.2.** Unités en dehors du SI, en usage avec le SI.

| Nom     | Symbole | Valeur en unité SI                    |
|---------|---------|---------------------------------------|
| minute  | min     | 1 min = 60 s                          |
| heure   | h       | 1 h = 60 min = 3600 s                 |
| jour    | d       | 1 d = 24 h = 86400 s                  |
| degré   | °       | 1° = ( $\pi/180$ ) rad                |
| minute  | '       | 1' = (1/60)° = ( $\pi/10\,800$ ) rad  |
| seconde | "       | 1" = (1/60)' = ( $\pi/648\,000$ ) rad |

Il est recommandé que le degré soit subdivisé de manière décimale plutôt qu'en utilisant la minute et la seconde.

### 1.2.2. Système UAI d'unités astronomiques

#### *Unités de base*

Les trois unités de base du système d'unités astronomiques, complétant le SI, sont réunies dans la table 1.3.

**Table 1.3.** Unités de base du système UAI d'unités astronomiques.

| Grandeur | Unité              | Symbole     |
|----------|--------------------|-------------|
| Longueur | unité astronomique | ua          |
| Temps    | jour               | d           |
| Masse    | masse du Soleil    | $M_{\odot}$ |

#### *Définitions*

L'unité de temps est le jour, égal à 86 400 secondes du Système International.

L'unité de masse est la masse du Soleil.

L'unité de longueur ou unité de distance est le demi-grand axe d'une orbite que décrirait autour du Soleil une planète de masse négligeable, non perturbée, dont le moyen mouvement est égal à  $k$  radians par jour,  $k$  étant la constante de Gauss, les unités de temps et de masse étant celles que l'on vient de définir. La valeur de  $k$ , donnée dans la table 1.6, est celle adoptée par l'UAI en 1938 (UAI, 1939). Une nouvelle définition a été adoptée par l'UAI en 2012. Cette définition sera prise en compte dans nos éphémérides à partir du 2014.

### *Unités auxiliaires*

On utilise comme unité auxiliaire de temps, l'année julienne définie comme étant égale à 365.25 jours, et le siècle julien égal à 100 années juliennes, soit 36 525 jours.

Les unités auxiliaires de longueur sont le parsec (pc) et l'année de lumière (al). Le parsec est la distance d'une étoile dont la parallaxe annuelle est égale à une seconde de degré, c'est-à-dire, la distance à laquelle une unité astronomique est vue sous un angle d'une seconde de degré. L'année de lumière est le trajet parcouru par la lumière pendant une année julienne dans un espace-temps vide de matière.

### *Unités en mécanique céleste relativiste*

Dans le cadre de la mécanique relativiste (UAI, 2000) les unités sont celles du SI pour un système de référence barycentrique dont le temps-coordonnée est le TCB et pour un système de référence géocentrique dont le temps-coordonnée est le TCG (*cf.* 2.7.1). L'emploi du TDB comme temps-coordonnée d'un système barycentrique (Seidelmann et Fukushima, 1992) ou du TT comme temps-coordonnée d'un système géocentrique entraîne l'introduction de nouvelles unités de temps et de longueur afin de conserver constante la valeur de la vitesse de la lumière (*cf.* 2.7.2). En désignant par  $s_B$  et  $m_B$  les unités de temps et de longueur compatibles avec l'emploi du TDB et par  $s_G$  et  $m_G$  les unités de temps et de longueur compatibles avec l'emploi du TT, on a :

$$s_B = \frac{s}{1 - L_B} \qquad m_B = \frac{m}{1 - L_B}$$

$$s_G = \frac{s}{1 - L_G} \qquad m_G = \frac{m}{1 - L_G}$$

où  $s$  et  $m$  sont les unités de temps et de longueur du SI (*cf.* table 1.1).

On donne dans la table 1.6 les valeurs de  $L_G$  et  $L_B$ , toutes deux étant désormais classées par l'UAI comme constante de définition (UAI, 2000, 2006).

### **1.2.3. Tables de correspondance**

Nous donnons, dans la table 1.4, la correspondance entre les valeurs des diverses unités de temps et, dans la table 1.5, la correspondance entre les valeurs des diverses unités de distance dans les systèmes UAI 1976 et IERS 2003.

**Table 1.4.** Correspondance entre les unités de temps.

|                  | Seconde       | Jour                             | Année julienne                   | Siècle julien                     |
|------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 seconde        | 1             | $1.157\,407\,407 \times 10^{-5}$ | $3.168\,808\,781 \times 10^{-8}$ | $3.168\,808\,781 \times 10^{-10}$ |
| 1 jour           | 86 400        | 1                                | $2.737\,850\,787 \times 10^{-3}$ | $2.737\,850\,787 \times 10^{-5}$  |
| 1 année julienne | 31 557 600    | 365.25                           | 1                                | 0.01                              |
| 1 siècle julien  | 3 155 760 000 | 36 525                           | 100                              | 1                                 |

**Table 1.5.** Correspondance entre les unités de distance dans les systèmes UAI 1976 (76) et IERS 2003 (03).

|           | Mètre                                  | Unités astronomiques               | Année de lumière                      | Parsec                             |
|-----------|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1 m (76)  | 1                                      | $6.684\,587\,1535 \times 10^{-12}$ | $1.057\,000\,834\,02 \times 10^{-16}$ | $3.240\,779\,3046 \times 10^{-17}$ |
| (03)      | 1                                      | $6.684\,587\,1227 \times 10^{-12}$ | $1.057\,000\,834\,02 \times 10^{-16}$ | $3.240\,779\,2896 \times 10^{-17}$ |
| 1 ua (76) | 149 597 870 000                        | 1                                  | $1.581\,250\,7336 \times 10^{-5}$     | $4.848\,136\,8111 \times 10^{-6}$  |
| (03)      | 149 597 870 691                        | 1                                  | $1.581\,250\,7409 \times 10^{-5}$     | $4.848\,136\,8111 \times 10^{-6}$  |
| 1 al (76) | $9.460\,730\,472\,5808 \times 10^{15}$ | 63 241.077 38                      | 1                                     | 0.306 601 395 22                   |
| (03)      | $9.460\,730\,472\,5808 \times 10^{15}$ | 63 241.077 09                      | 1                                     | 0.306 601 393 80                   |
| 1 pc (76) | $3.085\,677\,5671 \times 10^{16}$      | 206 264.806 248                    | 3.261 563 7619                        | 1                                  |
| (03)      | $3.085\,677\,5813 \times 10^{16}$      | 206 264.806 248                    | 3.261 563 7770                        | 1                                  |

Vitesse de la lumière : 299 792 458 m/s.

### 1.3. LE SYSTÈME UAI DE CONSTANTES ASTRONOMIQUES

Le caractère des constantes astronomiques comme celui des constantes physiques fondamentales dépend des conventions adoptées pour fixer les unités et leur définition. On classe les constantes en trois catégories :

- les constantes de définition dont la valeur est fixée arbitrairement, utilisées dans les relations de définition des unités ; le choix des constantes de définition peut varier d'un système de constantes à un autre ;

- les constantes primaires, constantes nécessaires à la réduction des observations et dont les valeurs ne peuvent être déterminées qu'à partir des observations elles-mêmes ;
- les constantes dérivées déduites des constantes de définition et des constantes primaires selon des relations algébriques simples.

### 1.3.1. Origine des temps

Certaines constantes sont en fait des fonctions du temps. Il est donc nécessaire de choisir une origine des temps, ou *époque standard*.

L'époque standard a été définie pour l'UAI 1976, comme le premier janvier 2000 à 12 heures de l'échelle de temps utilisée (*cf.* chapitre 2). Elle correspond au début du jour julien 2 451 545.0, et est désignée par J2000.0 (UAI, 1977). Dans la suite de cet ouvrage, nous la noterons J2000. Par définition, le début d'une année julienne est séparé de l'époque standard par un nombre entier d'années juliennes. Ainsi, le début de l'année julienne 1995, désigné par 1995.0, correspond au jour julien

$2\,451\,545.0 - 5 \times 365.25 = 2\,449\,718.75$ , soit le 1 janvier 1995 à 6 heures.

### 1.3.2. Valeurs des constantes astronomiques

La table 1.6 fournit les valeurs des constantes astronomiques dans le système UAI 1976, complété en ce qui concerne les constantes  $L_B$ ,  $L_C$  et  $L_G$ , par les valeurs recommandées par les vingt-quatrième et vingt-sixième assemblées générales de l'UAI (UAI 2000, 2006). En parallèle, figurent dans la dernière colonne les valeurs de ces mêmes constantes adoptées dans le système IERS 2003 avec une estimation de leurs incertitudes.

Remarquons que la valeur de la vitesse de la lumière, qui était une constante primaire en 1976, est devenue une constante de définition depuis le changement de la définition du mètre en 1983.

### 1.3.3. Système des masses planétaires et données à utiliser pour le calcul des éphémérides

#### *Masses des planètes et des principaux satellites*

La table 1.7 donne les rapports de la masse du Soleil aux masses des planètes principales et de leurs satellites pour le système UAI 1976, le système IERS 1992 et les éphémérides DE405/LE405 (Standish, 1998). Notons que les masses IERS 1992 sont celles utilisées dans les théories planétaires VSOP2000 (Moisson et Bretagnon, 2001 ; Bretagnon, 2002 ; Fienga et Simon, 2004).



La table 1.8 donne les rapports des masses des principaux satellites de Jupiter, Saturne et Neptune à la masse de la planète centrale pour le système UAI 1976 et pour des systèmes plus récents.

### *Masses des astéroïdes*

Les masses des astéroïdes sont très mal déterminées. À titre indicatif les masses des trois plus gros astéroïdes données dans les éphémérides DE405/LE405 sont, exprimées en masse solaire, :

$4.7 \times 10^{-10}$  pour Cérés

$1.0 \times 10^{-10}$  pour Pallas

$1.3 \times 10^{-10}$  pour Vesta

Ce sont ces valeurs qui ont été utilisées pour la construction des solutions planétaires VSOP200x

### *Rayons équatoriaux des planètes, de la Lune et du Soleil*

La table 1.9 donne les rayons équatoriaux  $R_e$  des planètes, de la Lune et du Soleil dans les systèmes UAI 1976 et Seidelmann et al. 2002.

### *Champ de gravitation des planètes et de la Lune*

Pour évaluer le potentiel gravitationnel  $U$  créé par un corps du système solaire en un point extérieur à ce corps, on utilise des développements en harmoniques sphériques de coefficients  $C_{nk}$  et  $S_{nk}$ , sous la forme :

$$U = \frac{Gm}{r} \left[ 1 + \sum_{n=2}^{\infty} \left( \frac{a}{r} \right)^n \sum_{k=0}^n (C_{nk} \cos k\lambda + S_{nk} \sin k\lambda) P_{nk}(\sin \varphi) \right]$$

où  $G$  désigne la constante de la gravitation universelle,  $m$  la masse du corps et  $a$  son rayon équatorial;  $\lambda$ ,  $\varphi$  et  $r$  sont les coordonnées sphériques (respectivement, la longitude, la latitude et la distance à l'origine) du point courant dans un système de référence lié au corps et défini par son centre de masse, son équateur et son méridien origine.  $P_{nk}(u)$  est une fonction de Legendre de seconde espèce égale à :

$$P_{nk}(u) = \frac{1}{2^n n!} (1 - u^2)^{k/2} \frac{d^{n+k}(u^2 - 1)^n}{du^{n+k}}.$$

On distingue les harmoniques zonaux ( $k = 0$ ) des harmoniques tesséraux ( $k \neq 0$ ). On pose  $J_n = -C_{n0}$ . Pour les corps à symétrie de révolution, les coefficients des harmoniques tesséraux sont nuls.

**Table 1.6.** Constantes de définition, constantes primaires et constantes dérivées dans les systèmes UAI 1976, UAI 2000, UAI 2006, UAI 2009 et IERS 2003, IERS 2010.

|  | UAI 1976, 2000, 2006, 2009 | IERS 2003, 2010  |
|--|----------------------------|--|
| <b>Constantes de définition</b>                                |                            |  |
| Constante de Gauss, $k$  |                            | 0.017 202 098 95 <sup>(1)</sup>  |
| Vitesse de la lumière, $c$                                     |                            | 299 792 458 m s <sup>-1</sup>  |
| 1-d(TT)/d(TCG), $L_G$  |                            | 6.969 290 134×10 <sup>-10</sup> <sup>(2)</sup>                                 |
| 1-d(TDB)/d(TCB), $L_B$   |                            | 1.550 519 768×10 <sup>-8</sup> <sup>(3)</sup>                                  |
| TDB-TCB à T <sub>0</sub> , TDB <sub>0</sub>                    |                            | -6.55×10 <sup>-5</sup> <sup>(4)</sup>  |
| ERA à J2000, $\theta_0$  |                            | 0.779 057 273 2640 rev.  |
| Taux de variation ERA, $d\theta/dt$                            | 1.002 737 811 911 354 48   | rev. (jour UT1) <sup>-1</sup>  |
| <b>Constantes primaires</b>                                    |                            |  |
| Temps de lumière pour l'unité de distance, $\tau_A$            | 499.004 782 s              | 499.004 783 8061(200) s  |
| Rayon équatorial de la Terre, $R$                              |                            | 6 378 136.6(1) m   |
| Facteur d'ellipticité géopotentiel de la Terre, $J_2$          |                            | 0.001 082 6359(1)  |
| Constante géocentrique de la gravitation <sup>(5)</sup> , $GM$ |                            | 3.986 004 418(8)×10 <sup>14</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>               |
| Constante de la gravitation <sup>(6)</sup> , $G$               |                            | 6.674 28(67)×10 <sup>-11</sup> m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> |
| Rapport de la masse de la Lune à la masse de la Terre, $\mu$   | 0.012 300 0371(4)          | 0.012 300 0383(5)  |
| Obliquité de l'écliptique pour J2000, $\varepsilon_0$          | 23° 26' 21".406(1)         | 23° 26' 21".4059(3)  |
| Potentiel de gravité à la surface du géoïde, $W$               |                            | 62 636 856.0(5) m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>                                 |
| Vitesse angulaire moyenne de rotation de la Terre, $\omega$    |                            | 7.292 115×10 <sup>-5</sup> rad s <sup>-1</sup><br>(variable)                   |
| <b>Constantes dérivées et relations</b>                        |                            |  |
| Constante de la précession par siècle julien pour J2000, $p$   | 5 029".0966                |  |
| Constante de la nutation pour J2000, $N_0$                     | 9".2025 <sup>(7)</sup>     |  |
| Unité astronomique <sup>(1)</sup> , $A = c\tau_A$              |                            | 1.495 978 707 00(3)×10 <sup>11</sup> m   |
| Parallaxe solaire, $\pi_0 = \arcsin(R/A)$                      | 8".794 148                 |  |

<sup>(1)</sup> la résolution B2-2012 de l'UAI redéfinit l'unité astronomique à 149 597 870 700 m.

**Table 1.6.** (fin).

|  | UAI 1976, 2000, 2006, 2009         | IERS 2003  |
|--|------------------------------------|--|
| Constante de l'aberration pour<br>J2000, $\kappa$  | 20''.495 52                        |  |
| Valeur moyenne de<br>1-d(TCG)/d(TCB), $L_C$  |                                    | $1.480\,826\,867\,41(200) \times 10^{-8}$  |
| Aplatissement de la Terre, $f$   | $0.003\,352\,81 = 1/298.257$       | $1/298.256\,42 \pm 1/0.00001$  |
| Constante héliocentrique de la<br>gravitation <sup>(5)</sup> , $GS = A^3 k^2 d^{-2}$                   |                                    | $1.327\,124\,420\,99(10) \times 10^{20} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$<br>$\pm 5 \times 10^{10} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ |
| Rapport de la masse du Soleil à la<br>masse de la Terre $GS/GM = S/M$                                  | 332 946.0                          |  |
| Rapport de la masse du Soleil à la<br>somme des masses de la Terre et<br>de la Lune, $(S/M)/(1 + \mu)$ | 328 900.5                          |  |
| Masse du Soleil, $GS/G = S$  | $1.9884 \times 10^{30} \text{ kg}$ |  |

<sup>(1)</sup>  $k = 0.985\,607\,668\,601\,425$  degré/jour.

<sup>(2)</sup> Système UAI 2000.

<sup>(3)</sup> Système UAI 2009.

<sup>(4)</sup>  $T_0 = 2\,443\,144.500\,3725 \text{ JJ}_{\text{TCB}}$ .

<sup>(5)</sup> Valeur compatible au TCB.

<sup>(6)</sup> CODATA 2006.

<sup>(7)</sup> Système UAI 1976 seulement.

**Table 1.7.** Rapport de la masse du Soleil aux masses des planètes principales dans les systèmes UAI 2009, IERS 2010 et DE421.

|                                | UAI 2009 – IERS 2010 | DE421              |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|
| Mercure                        | 6 023 600(300)       | 6 023 597.400      |
| Vénus                          | 408 523.719(3)       | 408 523.719        |
| Terre                          | 332 946.048 679      | 332 946.048 166    |
| Lune                           |                      | 27 068 703.185 436 |
| Mars                           | 3 098 703.59(2)      | 3 098 703.590      |
| Jupiter + satellites galiléens | 1 047.348 64(2)      | 1 047.3486         |
| Saturne + satellites           | 3 497.9018(4)        | 3 497.902          |
| Uranus + satellites            | 22 902.98(3)         | 22 902.982         |
| Neptune + satellites           | 19 412.26(3)         | 19 412.237         |
| Pluton + Charon                | 136 566 000(28 000)  | 135 836 683.768    |

**Table 1.8.** Rapports des masses des principaux satellites de Jupiter, Saturne et Neptune à la masse de la planète centrale dans le système UAI 1976 et d'après des déterminations plus récentes.

|         |          | UAI 1976              | Jacobson 2001 (a)<br>Jacobson et al. 2006 (b)<br>Owen et al. 1991 (c) |
|---------|----------|-----------------------|---|
| Jupiter | Io       | $4.70 \times 10^{-5}$ | $4.703 \times 10^{-5}$ (a)  |
|         | Europe   | $2.56 \times 10^{-5}$ | $2.527 \times 10^{-5}$ (a)  |
|         | Ganymède | $7.84 \times 10^{-5}$ | $7.803 \times 10^{-5}$ (a)  |
|         | Callisto | $5.6 \times 10^{-5}$  | $5.666 \times 10^{-5}$ (a)  |
| Saturne | Titan    | $2.41 \times 10^{-4}$ | $2.367 \times 10^{-4}$ (b)  |
|         | Titan    | $2.41 \times 10^{-4}$ | $2.367 \times 10^{-4}$ (b)  |
| Neptune | Triton   | $2 \times 10^{-3}$    | $2.09 \times 10^{-4}$ (c)   |

**Table 1.9.** Rayons équatoriaux des planètes, de la Lune et du Soleil, en kilomètres, dans les systèmes UAI 1976, Seidelmann et al. 2002, et Archinal et al. 2010.

|         | UAI 1976  | Archinal et al. 2010            |
|---------|-----------|---------------------------------|
| Mercure | 2 439     | $2\,439.7 \pm 1.0$              |
| Vénus   | 6 052     | $6\,051.8 \pm 1.0$              |
| Terre   | 6 378.140 | $6\,378.1366 \pm 0.0001$        |
| Mars    | 3 397.2   | $3\,396.19 \pm 0.1$             |
| Jupiter | 71 398    | $71\,492 \pm 4$ <sup>(1)</sup>  |
| Saturne | 60 000    | $60\,268 \pm 4$ <sup>(1)</sup>  |
| Uranus  | 25 400    | $25\,559 \pm 4$ <sup>(1)</sup>  |
| Neptune | 24 300    | $24\,764 \pm 15$ <sup>(1)</sup> |
| Pluton  | 2 500     | $1\,195 \pm 5$                  |
| Lune    | 1 738     | $1\,737.4 \pm 1$                |
| Soleil  | 696 000   | 696 000                         |

<sup>(1)</sup> Le rayon à une surface de pression  $10^5$  Pa.

La table 1.10 donne les coefficients des développements en harmoniques sphériques des potentiels des planètes dans le système UAI 1976 et d'après des déterminations plus récentes.

**Table 1.10.** Champ de gravitation des planètes : coefficients des harmoniques dans le système UAI 1976 et d'après des déterminations plus récentes.

| UAI 1976        |                | Fukushima 1990 (a);<br>EGM 2008 (b);<br>Konopliv et al. 2006 (c);<br>Jacobson 2001 (d);<br>Campbell et Anderson 1989 (e);<br>Owen et al. 1991 (f); |     |
|-----------------|----------------|--|-----|
| <b>Vénus</b>    |                |  |     |
| J <sub>2</sub>  |                | + 0.000 006  | (a) |
| <b>Terre</b>    |                |  |     |
| J <sub>2</sub>  | + 0.001 082 63 | + 0.001 082 6355   | (b) |
| J <sub>3</sub>  | - 0.000 002 54 | - 0.000 002 5324   | (b) |
| J <sub>4</sub>  | - 0.000 001 61 | - 0.000 001 6199   | (b) |
| <b>Mars</b>     |                |  |     |
| J <sub>2</sub>  | + 0.001 964    | + 0.001 9566   | (c) |
| J <sub>3</sub>  | + 0.000 036    | + 0.000 0315   | (c) |
| J <sub>4</sub>  |                | - 0.000 0154   | (c) |
| C <sub>22</sub> | - 0.000 055    | - 0.000 0546   | (c) |
| S <sub>22</sub> | + 0.000 031    | + 0.000 0316   | (c) |
| S <sub>31</sub> | + 0.000 026    | + 0.000 0272   | (c) |
| <b>Jupiter</b>  |                |  |     |
| J <sub>2</sub>  | + 0.014 75     | + 0.014 7350   | (d) |
| J <sub>3</sub>  |                | + 0.000 0002   | (d) |
| J <sub>4</sub>  | - 0.000 58     | - 0.000 5888   | (d) |
| J <sub>6</sub>  |                | + 0.000 0278   | (d) |
| <b>Saturne</b>  |                |  |     |
| J <sub>2</sub>  | + 0.016 45     | + 0.016 290.71   | (e) |
| J <sub>4</sub>  | - 0.001 0      | - 0.000 935.83   | (e) |
| J <sub>6</sub>  |                | + 0.000 086.14   | (e) |
| <b>Uranus</b>   |                |  |     |
| J <sub>2</sub>  | + 0.012        | + 0.003 339  | (a) |
| J <sub>4</sub>  |                | - 0.000 032  | (a) |
| <b>Neptune</b>  |                |  |     |
| J <sub>2</sub>  | + 0.004        | + 0.003 41   | (f) |
| J <sub>4</sub>  |                | - 0.000 03   | (f) |

La table 1.11 donne ces mêmes coefficients pour la Lune, dans les systèmes UAI 1976, IERS 1992 et DE405/LE405 ; elle contient également les paramètres de gravitation de la Lune liés aux moments d'inertie,  $C$  (moment d'inertie polaire),  $A$  (moment d'inertie autour de l'axe dirigé vers la Terre) et  $B$  (moment d'inertie autour du troisième axe) ainsi que l'inclinaison moyenne  $I$  de l'équateur lunaire sur l'écliptique.  $M$  et  $R_e$  désignent respectivement la masse et le rayon équatorial de la Lune.

**Table 1.11.** Champ de gravitation de la Lune : coefficients des harmoniques dans les systèmes UAI 1976, IERS 1992 et DE405/LE405.

|                      | UAI 1976                  | IERS 1992               | DE405/LE405         |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
| $C_{20}$             | - 0.000 2027              | - 0.000 202 151         | - 0.000 204 538 620 |
| $C_{22}$             | + 0.000 0223              | + 0.000 022 302         | + 0.000 022 518 019 |
| $C_{30}$             | - 0.000 006               | - 0.000 008 626         | - 0.000 008 785 470 |
| $C_{31}$             | + 0.000 029               | + 0.000 030 71          | + 0.000 030 803 810 |
| $S_{31}$             | + 0.000 004               | + 0.000 005 6107        | + 0.000 004 259 329 |
| $C_{32}$             | + 0.000 0048              | + 0.000 004 8348        | + 0.000 004 879 807 |
| $S_{32}$             | + 0.000 0017              | + 0.000 001 684         | + 0.000 001 695 516 |
| $C_{33}$             | + 0.000 0018              | + 0.000 001 436         | + 0.000 001 770 176 |
| $S_{33}$             | - 0.000 001               | - 0.000 000 334 35      | - 0.000 000 270 970 |
| $C_{40}$             |                           | + 0.000 000 15          | + 0.000 000 145 383 |
| $C_{41}$             |                           | - 0.000 007 18          | - 0.000 007 177 801 |
| $S_{41}$             |                           | + 0.000 002 95          | + 0.000 002 947 434 |
| $C_{42}$             |                           | - 0.000 001 440         | - 0.000 001 439 518 |
| $S_{42}$             |                           | - 0.000 002 884         | - 0.000 002 884 372 |
| $C_{43}$             |                           | - 0.000 000 085         | - 0.000 000 085 479 |
| $S_{43}$             |                           | - 0.000 000 789         | - 0.000 000 788 967 |
| $C_{44}$             |                           | - 0.000 000 1549        | - 0.000 000 154 904 |
| $S_{44}$             |                           | + 0.000 000 0564        | + 0.000 000 056 404 |
| $\gamma = (B - A)/C$ | 0.000 2278                | 0.000 228 0043          | 0.000 227 8583      |
| $\beta = (C - A)/B$  | 0.000 6313                | 0.000 631 6769          | 0.000 631 6121      |
| $C/MR_e^2$           | 0.392                     | 0.390 53                |                     |
| $I$                  | 5 552''.7 = 1° 32' 32''.7 | 5 553''.5=1° 32' 33''.5 |                     |

## 1.4. DONNÉES CONCERNANT LES CORPS DU SYSTÈME SOLAIRE

### 1.4.1. Éléments orbitaux des planètes, de Pluton et satellites découverts avant 1990

Nous donnons dans la table 1.12 les éléments orbitaux des planètes principales et de Pluton<sup>(1)</sup> pour les variables  $a$  (demi-grand axe de l'orbite),  $\lambda$  (longitude moyenne),  $k$  ( $e \cos \varpi$ , où  $e$  est l'excentricité de l'orbite et  $\varpi$ , la longitude du périhélie),  $h$  ( $e \sin \varpi$ ),  $q$  ( $\sin \frac{I}{2} \cos \Omega$ , où  $I$  est l'inclinaison de l'orbite sur l'écliptique et  $\Omega$  la longitude du nœud de l'orbite sur l'écliptique) et  $p$  ( $\sin \frac{I}{2} \sin \Omega$ ). Ces éléments sont rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe dynamiques inertiels (*cf.* 3.3.2) J2000. Ce sont les parties constantes des éléments moyens donnés par Simon et al. (1994) pour les planètes principales et par Simon (2004) pour Pluton ; on peut les considérer comme des valeurs moyennes sur l'intervalle de temps [J2000–6000, J2000+6000] pour les planètes principales et sur [J2000–1000, J2000+1000] pour Pluton.

**Table 1.12.** Éléments orbitaux des planètes et de Pluton rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe dynamiques J2000.

| Planète | $a$<br>(ua)   | $\lambda$<br>(degrés) | $k$           | $h$           | $q$           | $p$          |
|---------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| Mercuré | 0.387 098 31  | 252.250 905 52        | 0.044 660 60  | 0.200 723 31  | 0.040 615 63  | 0.045 635 50 |
| Vénus   | 0.723 329 82  | 181.979 800 85        | –0.004 492 82 | 0.005 066 85  | 0.006 824 10  | 0.028 822 86 |
| Terre   | 1.000 001 02  | 100.466 456 83        | –0.003 740 82 | 0.016 284 48  | 0             | 0            |
| Mars    | 1.523 679 34  | 355.432 999 58        | 0.085 365 60  | –0.037 899 73 | 0.010 470 43  | 0.012 284 49 |
| Jupiter | 5.202 603 21  | 34.351 518 74         | 0.046 985 75  | 0.012 003 88  | –0.002 065 60 | 0.011 183 75 |
| Saturne | 9.554 909 19  | 50.077 444 30         | –0.002 959 99 | 0.055 429 61  | –0.008 717 47 | 0.019 891 48 |
| Uranus  | 19.218 446 06 | 314.055 005 11        | –0.045 951 32 | 0.005 637 91  | 0.001 859 15  | 0.006 486 17 |
| Neptune | 30.110 386 87 | 304.348 665 48        | 0.005 999 78  | 0.006 692 42  | –0.010 291 48 | 0.011 516 84 |
| Pluton  | 39.544 705 89 | 238.702 479 79        | –0.178 724 68 | –0.173 415 54 | –0.051 702 90 | 0.139 779 69 |

Dans la table 1.13 figurent les périodes de révolution sidérale  $P$  des planètes principales et de Pluton ainsi que leurs périodes de rotation  $T$ . Ces dernières sont calculées d'après les expressions définissant la position du méridien origine sur chaque planète (Seidemann et al., 2002, 2007).

Dans la table 1.14, on donne les paramètres moyens des orbites des satellites des planètes découverts avant 1990 :  $a$  (demi-grand axe de l'orbite),  $e$  (excentricité de l'orbite),  $P$  (période de révolution sidérale) ;  $I$  désigne l'inclinaison de l'orbite du corps soit par rapport à l'écliptique

<sup>(1)</sup> Pluton est une planète naine (résolution B6 de l'UAI, 2006).

J2000 ( $E$ ), soit par rapport à l'équateur de la planète ( $e$ ). Dans cette table figurent en outre, les noms des découvreurs des satellites et des anneaux ainsi que la date de leur découverte : en particulier les découvertes par Voyager 1 des anneaux de Jupiter (Johnson et al., 1979) et de l'anneau D de Saturne (Smith et al., 1981), et celles par Pioneer 11 des anneaux F et G (Gehrels et al., 1980).

**Table 1.13.** Périodes de révolution sidérale  $P$  et de rotation  $T$  des planètes et de Pluton.

| Planètes | $P$ (jours) | $T$         |  |
|----------|-------------|-------------|--|
| Mercure  | 87.969      | 58.646 225  | ( <sup>1</sup> )                                   |
| Vénus    | 224.701     | 243.018 484 | ( <sup>1</sup> ) ( <sup>2</sup> )                  |
| Terre    | 365.256     | 23.934 471  | ( <sup>3</sup> )                                   |
| Mars     | 686.980     | 24.622 962  | ( <sup>3</sup> )                                   |
| Jupiter  | 4 332.59    | 9.924 912   | ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) |
| Saturne  | 10 759.2    | 10.656 222  | ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> )                  |
| Uranus   | 30 688.5    | 17.240 000  | ( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> ) |
| Neptune  | 60 182.3    | 16.110 000  | ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> )                  |
| Pluton   | 90 469.7    | 153.293 352 | ( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> )                  |

(<sup>1</sup>) en jours ; (<sup>2</sup>) rotation rétrograde ; (<sup>3</sup>) en heures ; (<sup>4</sup>) rotation du champ magnétique (système III) ; (<sup>5</sup>) on a également  $T = 9.841\,668$  heures, rotation de l'atmosphère à l'équateur (système I) et  $T = 9.927\,953$  heures, rotation de l'atmosphère aux latitudes élevées (système II).

Les éléments moyens de la Lune sont issus de Simon et al. (1994).

Les éléments moyens des satellites de Mars sont tirés de Lainey (2007).

Pour Jupiter, les éléments publiés pour les anneaux sont donnés par Nicholson et Matthews (1991). Les éléments des satellites proches JXVI et JXV sont donnés par Nicholson et Matthews (1991) et ceux de JXIV par Synnott (1984). Les éléments des quatre satellites galiléens sont dus à Lainey (2004). Les éléments des satellites lointains sont dus à Emel'yanov (2005) et Emel'yanov & Kanter (2005).

Pour Saturne, les éléments publiés sont tirés de Esposito et al. (1984) pour les anneaux sauf l'anneau F dont les éléments sont tirés de Synnott et al. (1983). Les éléments des satellites principaux sont tirés de Vienne & Duriez (1995) et Duriez & Vienne (1997), ceux des satellites internes SXV à SXVIII de Jacobson (2008), et ceux des satellites co-orbitaux SXII à SXIV de Oberti & Vienne (2003).

Pour Uranus, les éléments des anneaux sont tirés de French et al. (1988). Les éléments des principaux satellites U1 à U5 sont tirés de Lainey (2008), ceux des éléments des satellites proches sont tirés de Jacobson (1998). Les éléments des satellites sont donnés par rapport à l'équateur



d'Uranus, ils sont prograde par rapport à la rotation de la planète (c'est-à-dire rétrograde par rapport au pôle nord de la planète).

Pour Neptune, les éléments des anneaux sont tirés de Nicholson et al. (1990), ceux des deux principaux satellites de Jacobson (2009), et ceux des satellites proches de Owen et al. (1991).

Enfin, pour Pluton les éléments moyens de Charon donnés avec, entre parenthèses, l'incertitude en unités de la dernière décimale, sont dus à Tholen et al. (2008)

**Table 1.14.** Éléments orbitaux des satellites découverts avant 1990.

| Nom            | N°   | $a$<br>( $10^3$ km) | $e$          | $I$<br>(degrés) | $P$<br>(jours) | Découverte |                       |
|----------------|------|---------------------|--------------|-----------------|----------------|------------|-----------------------|
| <b>Terre</b>   |      |                     |              |                 |                |            |                       |
| Lune           |      | 383.398             | 0.055 546    | 5.156 69        | ( $E$ )        | 27.3217    |                       |
| <b>Mars</b>    |      |                     |              |                 |                |            |                       |
| Phobos         |      | 9.38                | 0.0152       | 1.1             | ( $e$ )        | 0.3191     | Hall 1877             |
| Déimos         |      | 23.46               | 0.0002       | 0.9/2.7         | ( $e$ )        | 1.2626     | Hall 1877             |
| <b>Jupiter</b> |      |                     |              |                 |                |            |                       |
| Anneaux        |      | 122/129             |              |                 |                |            | Voyager 1 1979        |
| Métis          | XVI  | 128.0               | $\leq 0.005$ | 0.06            | ( $e$ )        | 0.294 779  | Voyager 1/2 1979–1980 |
| Adrastéia      | XV   | 129.0               | $\leq 0.005$ | $\leq 0.1$      | ( $e$ )        | 0.298 260  | Voyager 1 1979–1980   |
| Amalthée       | V    | 181.4               | 0.003        | 0.4             | ( $e$ )        | 0.498 179  | Barnard 1892          |
| Thébé          | XIV  | 221.9               | 0.018        | 0.8             | ( $e$ )        | 0.6745     | Voyager 1 1979–1980   |
| Io             | I    | 421.9               | 0.004        | 0.01/0.06       | ( $e$ )        | 1.7706 138 | Galilée 1610          |
| Europe         | II   | 671.1               | 0.009        | 0.40/0.52       | ( $e$ )        | 3.551 183  | Galilée 1610          |
| Ganymède       | III  | 1 070.4             | 0.002        | 0.06/0.33       | ( $e$ )        | 7.154 142  | Galilée 1610          |
| Callisto       | IV   | 1 882.7             | 0.007        | 0.15/0.74       | ( $e$ )        | 16.689 018 | Galilée 1610          |
| Léda           | XIII | 11 147              | 0.116/0.210  | 23.9/30.8       | ( $e^8$ )      | 240.4      | Kowal 1974            |
| Himalia        | VI   | 11 442              | 0.111/0.209  | 24.7/32.7       | ( $e^8$ )      | 250.1      | Perrine 1904–1905     |
| Lysithéa       | X    | 11 702              | 0.079/0.155  | 23.8/31.3       | ( $e^8$ )      | 258.6      | Nicholson 1938        |
| Elara          | VII  | 11 716              | 0.152/0.272  | 25.5/32.0       | ( $e^8$ )      | 259.1      | Perrine 1904–1905     |
| Ananké         | XII  | 21 078              | 0.077/0.459  | 141.3/154.9     | ( $e^8$ )      | 624.9      | Nicholson 1951        |
| Pasiphaé       | VIII | 23 188              | 0.127/0.417  | 159.0/169.3     | ( $e^8$ )      | 720.6      | Melotte 1908          |
| Carmé          | XI   | 23 280              | 0.132/0.414  | 140.6/172.4     | ( $e^8$ )      | 726.3      | Nicholson 1938        |
| Sinopé         | IX   | 23 731              | 0.106/0.428  | 149.9/161.3     | ( $e^8$ )      | 746.0      | Nicholson 1914        |
| <b>Saturne</b> |      |                     |              |                 |                |            |                       |
| Anneau D       |      | 67/74               |              |                 | ( $^1$ )       |            | Voyager 1 1981        |
| Anneau C       |      | 74.6/92.0           | 0            | 0               | ( $e^1$ )      |            | Bond 1851             |
| Anneau B       |      | 92.0/117.6          |              |                 | ( $^1$ )       |            | Galilée 1610          |
| Anneau A       |      | 122.2/136.8         |              |                 | ( $^1$ )       |            | Galilée 1610          |
| Anneau F       |      | 140.2               | 0.0026       |                 | ( $^1$ )       |            | Pioneer 11 1980       |

Table 1.14. (suite).

| Nom            | N°    | <i>a</i><br>(10 <sup>3</sup> km) | <i>e</i>      | <i>I</i><br>(degrés) | <i>P</i><br>(jours)       | Découverte                 |      |
|----------------|-------|----------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|------|
| <b>Saturne</b> |       |                                  |               |                      |                           |                            |      |
| Anneau G       |       | 170/175                          |               |                      | ( <sup>1</sup> )          | Pioneer 11                 | 1980 |
| Anneau E       |       | 181/483                          |               |                      | ( <sup>1</sup> )          | Feibelman                  | 1967 |
| Pan            | XVIII | 133.584                          | 0.0           | 0.0                  | ( <i>e</i> )              | Showalter ( <sup>2</sup> ) | 1990 |
| Atlas          | XV    | 137.67                           | 0.0012        | 0.003                | ( <i>e</i> )              | Voyager 2                  | 1980 |
| Prométhée      | XVI   | 139.38                           | 0.0022        | 0.007                | ( <i>e</i> )              | Voyager 2                  | 1978 |
| Pandore        | XVII  | 141.71                           | 0.0042        | 0.051                | ( <i>e</i> )              | Voyager 2                  | 1980 |
| Épiméthée      | XI    | 152.03                           | 0.0099        | 0.326                | ( <i>e</i> )              | Fountain/Larson            | 1978 |
| Janus          | X     | 152.03                           | 0.0067        | 0.148                | ( <i>e</i> )              | Dollfus                    | 1966 |
| Mimas          | I     | 186.018                          | 0.016/0.022   | 1.61/1.63            | ( <i>e</i> )              | Herschel                   | 1789 |
| Encelade       | II    | 238.409                          | 0.003/0.006   | 0.008/0.02           | ( <i>e</i> )              | Herschel                   | 1789 |
| Calypso        | XIV   | 294.95                           | 0.003         | 0.025                | ( <i>e</i> )              | Voyager 2                  | 1980 |
| Télésto        | XIII  | 294.98                           | 0.002         | 0.025                | ( <i>e</i> )              | Voyager 2                  | 1980 |
| Téthys         | III   | 294.973                          | 0.001         | 1.09                 | ( <i>e</i> )              | Cassini                    | 1684 |
| Dioné          | IV    | 377.647                          | 0.001/0.003   | 0.01/0.03            | ( <i>e</i> )              | Cassini                    | 1684 |
| Hélène         | XII   | 377.84                           | 0.006/0.009   | 0.024                | ( <i>e</i> )              | Lecacheux/Laques           | 1980 |
| Rhéea          | V     | 527.228                          | 0.0003/0.0016 | 0.30/0.38            | ( <i>e</i> )              | Cassini                    | 1672 |
| Titan          | VI    | 1 221.936                        | 0.0286/0.0290 | 0.31/0.49            | ( <i>e</i> )              | Huygens                    | 1655 |
| Hypériorion    | VII   | 1 482.322                        | 0.0736/0.1321 | 0.36/1.11            | ( <i>e</i> )              | Bond/Lassel                | 1848 |
| Japet          | VIII  | 3 561.697                        | 0.0270/0.0300 | 14.70/16.19          | ( <i>e</i> )              | Cassini                    | 1671 |
| Phœbé          | IX    | 12 925                           | 0.14/0.19 18  | 150.0/152.6          | ( <i>e</i> <sup>9</sup> ) | 548.57<br>Pickering        | 1898 |
| <b>Uranus</b>  |       |                                  |               |                      |                           |                            |      |
| Anneaux        |       | 42/51                            | 0.0/0.008     | 0.06/0.0002          | ( <i>e</i> <sup>1</sup> ) | Elliot et al.              | 1977 |
| Cordélia       | VI    | 49.752                           | 0.0003        | 0.08                 | ( <i>e</i> )              | 0.335 25<br>Voyager 2      | 1986 |
| Ophélie        | VII   | 53.764                           | 0.0099        | 0.10                 | ( <i>e</i> )              | 0.376 60<br>Voyager 2      | 1986 |
| Bianca         | VIII  | 59.165                           | 0.0003        | 0.18                 | ( <i>e</i> )              | 0.434 77<br>Voyager 2      | 1986 |
| Cressida       | IX    | 61.767                           | 0.0002        | 0.04                 | ( <i>e</i> )              | 0.463 75<br>Voyager 2      | 1986 |
| Desdémone      | X     | 62.658                           | 0.0003        | 0.10                 | ( <i>e</i> )              | 0.473 83<br>Voyager 2      | 1986 |
| Juliette       | XI    | 64.358                           | 0.0000        | 0.05                 | ( <i>e</i> )              | 0.493 24<br>Voyager 2      | 1986 |
| Portia         | XII   | 66.097                           | 0.0005        | 0.03                 | ( <i>e</i> )              | 0.513 37<br>Voyager 2      | 1986 |
| Rosalinde      | XIII  | 69.927                           | 0.0006        | 0.09                 | ( <i>e</i> )              | 0.558 63<br>Voyager 2      | 1986 |
| Belinda        | XIV   | 75.256                           | 0.0003        | 0.03                 | ( <i>e</i> )              | 0.623 68<br>Voyager 2      | 1986 |
| Puck           | XV    | 86.004                           | 0.0004        | 0.32                 | ( <i>e</i> )              | 0.761 97<br>Voyager 2      | 1985 |
| Miranda        | V     | 129.859                          | 0.0013        | 4.35                 | ( <i>e</i> <sup>7</sup> ) | 1.413 72<br>Kuiper         | 1948 |
| Ariel          | I     | 190.925                          | 0.0013        | 0.08                 | ( <i>e</i> <sup>7</sup> ) | 2.520 27<br>Lassell        | 1851 |
| Umbriel        | II    | 265.971                          | 0.0039        | 0.13                 | ( <i>e</i> <sup>7</sup> ) | 4.143 85<br>Lassell        | 1851 |
| Titania        | III   | 436.253                          | 0.0019        | 0.10                 | ( <i>e</i> <sup>7</sup> ) | 8.704 72<br>Herschel       | 1787 |
| Obéron         | IV    | 583.458                          | 0.0015        | 0.16                 | ( <i>e</i> <sup>7</sup> ) | 13.463 66<br>Herschel      | 1787 |
| <b>Neptune</b> |       |                                  |               |                      |                           |                            |      |
| Anneaux        |       | 42/62.9                          |               |                      | ( <sup>1</sup> )          | Hubbard et al.             | 1986 |
| Naïade         | III   | 48.233                           | 0.000 33      | 4.75                 | ( <i>e</i> )              | 0.294 65<br>Voyager 2      | 1989 |
| Thalassa       | IV    | 50.069                           | 0.000 16      | 0.54                 | ( <i>e</i> )              | 0.311 64<br>Voyager 2      | 1989 |
| Despina        | V     | 52.531                           | 0.000 14      | 0.52                 | ( <i>e</i> )              | 0.334 90<br>Voyager 2      | 1989 |
| Galatée        | VI    | 61.945                           | 0.000 12      | 0.53                 | ( <i>e</i> )              | 0.428 85<br>Voyager 2      | 1989 |

**Table 1.14.** (fin).

| Nom            | N° | $a$<br>( $10^3$ km) | $e$          | $I$<br>(degrés)     | $P$<br>(jours) | Découverte         |           |
|----------------|----|---------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------------|-----------|
| <b>Neptune</b> |    |                     |              |                     |                |                    |           |
| Larissa VII    |    | 73.546              | 0.001 39     | 0.58 ( $e$ )        | 0.554 79       | Voyager 2          | 1989      |
| Protée VIII    |    | 117.646             | 0.000 51     | 1.02 ( $e$ )        | 1.122 43       | Voyager 2          | 1981–1989 |
| Triton I       |    | 354.759             | 0.000 01     | 156.8 ( $e$ )       | 5.876 90       | Lassell            | 1846      |
| Néréide II     |    | 5 514.83            | 0.751        | 28.91 ( $e$ )       | 360.239        | Kuiper             | 1949      |
| <b>Pluton</b>  |    |                     |              |                     |                |                    |           |
| Charon I       |    | 19.57045(44)        | 0.003484(36) | 96.1680(28) ( $e$ ) | 6.387 206(7)   | Christy/Harrington | 1978      |

( $e$ ) Équateur de la planète.

(<sup>1</sup>) La première valeur se rapporte au bord intérieur de l’anneau, la seconde au bord extérieur.

(<sup>2</sup>) Analyse d’observations de 1981 de Voyager 2.

(<sup>3</sup>) Équateur céleste J2000.

(<sup>4</sup>) Éléments osculateurs pour l’époque 1 octobre 1980 à 0 h.

(<sup>5</sup>) Écliptique J2000. Éléments osculateurs pour l’époque 14 janvier 1970 à 0 h.

(<sup>6</sup>) Équateur céleste J2000. Éléments moyens sur 50 ans.

(<sup>7</sup>) Valeur médiane sur l’intervalle de temps [1950, 2050].

(<sup>8</sup>) Valeurs moyennes ( $a, P$ ) ou extremums ( $e, I$ ) sur l’intervalle [1900, 2050].

#### 1.4.2. Éléments osculateurs des satellites découverts après 1990

On donne dans la table 1.15, lorsqu’ils sont connus, les éléments osculateurs des satellites des planètes et planètes naines découverts depuis 1990.

Ces variables sont :  $a$  (la demi-grand axe de l’orbite),  $e$  (l’excentricité),  $I$  (l’inclinaison de l’orbite du satellite par rapport à l’écliptique J2000),  $\omega$  (l’argument de la latitude du périhélie),  $\Omega$  (la longitude du nœud de l’orbite sur l’écliptique J2000) et  $P$  (la période de révolution sidérale).

La colonne “Année” donne l’année de la découverte du satellite, la colonne “Date” donne la date (à 0h TT) pour laquelle ont été calculés les éléments. Enfin la colonne “Référence” donne le numéro de la *circulaire UAI* (notée IAUC) ou de la *Minor Planet Electronic Circular* (notée M) dont sont extraits ces éléments.

**Table 1.15.** Éléments orbitaux osculateurs des satellites découverts depuis 1990.

| Nom            | N°      | $a$<br>( $10^3$ km) | $e$   | $I$<br>(degrés) | $\omega$<br>(degrés) | $\Omega$<br>(degrés) | $P$<br>(jours) | Année | Date<br>(0h TT) | Référence |
|----------------|---------|---------------------|-------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|-------|-----------------|-----------|
| <b>Jupiter</b> |         |                     |       |                 |                      |                      |                |       |                 |           |
| Thémisto       | XVIII   | 7 398               | 0.206 | 45.38           | 238.86               | 202.12               | 130.00         | 2000  | 1/04/01         | M2000-Y16 |
| Carpo          | XLVI    | 17 056              | 0.295 | 55.15           | 83.28                | 45.26                | 455.07         | 2003  | 10/06/03        | M2003-G67 |
| Euporia        | XXXIV   | 19 456              | 0.128 | 145.70          | 87.45                | 67.56                | 554.43         | 2001  | 22/11/02        | M2003-C53 |
| Jocaste        | XXIV    | 20 424              | 0.389 | 150.37          | 80.01                | 271.32               | 596.29         | 2000  | 18/10/01        | M2001-W07 |
| Thyoné         | XXIX    | 20 770              | 0.283 | 148.29          | 86.28                | 244.59               | 611.52         | 2001  | 22/11/02        | M2002-V06 |
| Mnémé          | XL      | 20 823              | 0.223 | 148.51          | 62.18                | 19.66                | 613.88         | 2003  | 27/12/03        | M2004-B42 |
| Harpalycé      | XXII    | 20 836              | 0.165 | 147.31          | 129.87               | 39.97                | 614.45         | 2000  | 18/10/01        | M2001-U21 |
| Hélicé         | XLV     | 20 923              | 0.157 | 156.12          | 285.54               | 100.93               | 618.28         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E29 |
| Euanthé        | XXXIII  | 20 983              | 0.143 | 146.03          | 314.60               | 268.85               | 620.96         | 2001  | 22/11/02        | M2003-A23 |
| Hermippé       | XXX     | 21 048              | 0.248 | 149.78          | 304.58               | 347.22               | 623.84         | 2001  | 22/11/02        | M2002-V06 |
| Orthosia       | XXXV    | 21 263              | 0.240 | 141.95          | 223.56               | 222.85               | 633.44         | 2001  | 10/06/03        | M2003-D36 |
| Praxidicé      | XXVII   | 21 342              | 0.096 | 146.76          | 209.67               | 285.15               | 636.96         | 2000  | 18/10/01        | M2002-A27 |
| Thelxinoé      | XLII    | 21 317              | 0.238 | 150.96          | 318.61               | 192.31               | 635.82         | 2003  | 27/12/03        | M2004-B82 |
| Aetna          | XXXI    | 22 274              | 0.311 | 164.34          | 129.90               | 21.51                | 679.15         | 2001  | 22/11/02        | M2002-V18 |
| Calé           | XXXVII  | 22 301              | 0.325 | 164.79          | 37.55                | 65.33                | 680.35         | 2001  | 10/06/03        | M2003-E14 |
| Callichoré     | XLIV    | 22 335              | 0.223 | 163.87          | 17.05                | 40.65                | 681.94         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E29 |
| Taygète        | XX      | 22 350              | 0.184 | 164.21          | 241.11               | 313.31               | 682.59         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T59 |
| Chaldéné       | XXI     | 22 452              | 0.266 | 166.59          | 282.54               | 148.71               | 687.29         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T59 |
| Calycé         | XXIII   | 22 623              | 0.377 | 165.14          | 216.58               | 38.72                | 695.16         | 2000  | 18/10/01        | M2001-U21 |
| Hersé          | L       | 23 035              | 0.199 | 164.16          | 355.68               | 329.01               | 714.23         | 2003  | 10/06/03        | M2009-S76 |
| Mégaclyté      | XIX     | 23 464              | 0.601 | 151.81          | 302.27               | 304.61               | 734.26         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T59 |
| Callirrhé      | XVII    | 23 498              | 0.206 | 143.49          | 56.96                | 282.84               | 767.94         | 1999  | 1/04/01         | M2001-Y16 |
| Cylléné        | XLVIII  | 23 545              | 0.412 | 141.01          | 208.38               | 258.94               | 738.07         | 2003  | 10/06/03        | M2003-G09 |
| Arché          | XLIII   | 23 712              | 0.149 | 164.59          | 190.35               | 353.53               | 745.94         | 2002  | 14/07/04        | M2004-D43 |
| Pasithée       | XXXVIII | 23 780              | 0.280 | 165.57          | 266.26               | 339.05               | 749.17         | 2001  | 10/06/03        | M2003-F59 |
| Isonoé         | XXXVI   | 23 795              | 0.296 | 165.88          | 145.64               | 149.81               | 749.88         | 2000  | 18/10/01        | M2002-A12 |
| Eurydomé       | XXXII   | 23 831              | 0.326 | 150.43          | 254.92               | 306.71               | 751.57         | 2001  | 22/11/02        | M2003-A21 |
| Aoidé          | XLI     | 24 010              | 0.519 | 160.66          | 104.71               | 200.60               | 760.08         | 2003  | 27/12/03        | M2004-B43 |
| Erinomé        | XXV     | 24 062              | 0.192 | 162.95          | 355.99               | 321.69               | 762.55         | 2000  | 18/10/01        | M2001-W33 |
| Spondé         | XXXVI   | 24 356              | 0.483 | 155.09          | 81.02                | 128.13               | 776.52         | 2001  | 10/06/03        | M2003-E05 |
| Autonoé        | XXVIII  | 24 413              | 0.459 | 152.06          | 57.62                | 273.23               | 779.27         | 2001  | 22/11/02        | M2002-V03 |
| Hégémoné       | XXXIX   | 24 448              | 0.264 | 152.62          | 235.38               | 327.61               | 780.96         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E24 |
| Eukéladé       | XLVII   | 24 491              | 0.345 | 163.38          | 344.76               | 218.73               | 783.03         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E29 |
| Coré           | XLIX    | 24 974              | 0.222 | 140.89          | 124.42               | 339.81               | 806.29         | 2003  | 10/06/03        | M2003-G10 |
| S/2000 J 11    |         | 12 623              | 0.215 | 28.55           | 178.02               | 290.87               | 289.73         | 2000  | 1/04/01         | M2001-A29 |
| S/2003 J 2     |         | 28 494              | 0.380 | 151.83          | 167.11               | 4.73                 | 982.61         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E11 |
| S/2003 J 3     |         | 18 291              | 0.241 | 143.73          | 98.23                | 240.36               | 505.36         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E11 |
| S/2003 J 4     |         | 23 196              | 0.204 | 144.86          | 193.98               | 190.71               | 721.71         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E11 |
| S/2003 J 5     |         | 24 020              | 0.210 | 165.01          | 122.05               | 198.68               | 760.51         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E11 |
| S/2003 J 9     |         | 22 382              | 0.269 | 164.46          | 327.85               | 61.47                | 684.05         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E29 |
| S/2003 J 10    |         | 24 185              | 0.214 | 164.09          | 185.20               | 173.41               | 768.36         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E29 |
| S/2003 J 12    |         | 18 952              | 0.376 | 145.76          | 23.36                | 62.94                | 532.99         | 2003  | 10/06/03        | M2003-E29 |
| S/2003 J 15    |         | 22 012              | 0.113 | 140.85          | 41.58                | 243.05               | 667.17         | 2003  | 10/06/03        | M2003-G17 |
| S/2003 J 16    |         | 20 434              | 0.269 | 148.62          | 82.43                | 23.62                | 596.76         | 2003  | 10/06/03        | M2003-G18 |

Table 1.15. (suite).

| Nom            | N°      | $a$<br>( $10^3$ km) | $e$    | $I$<br>(degrés) | $\omega$<br>(degrés) | $\Omega$<br>(degrés) | $P$<br>(jours) | Année | Date<br>(0h TT) | Référence |
|----------------|---------|---------------------|--------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|-------|-----------------|-----------|
| <b>Jupiter</b> |         |                     |        |                 |                      |                      |                |       |                 |           |
| S/2003 J 18    |         | 20 683              | 0.119  | 146.47          | 100.28               | 180.79               | 607.68         | 2003  | 10/06/03        | M2003-G20 |
| S/2003 J 19    |         | 22 746              | 0.334  | 162.90          | 180.53               | 38.84                | 700.83         | 2003  | 10/06/03        | M2003-G64 |
| S/2003 J 23    |         | 23 991              | 0.309  | 149.22          | 268.73               | 54.07                | 759.15         | 2003  | 27/12/03        | M2004-B81 |
| S/2010 J 1     |         | 23 252              | 0.320  | 163.22          | 225.37               | 322.11               | 724.34         | 2010  | 27/08/11        | M2011-L06 |
| S/2010 J 2     |         | 20 253              | 0.308  | 150.36          | 70.76                | 35.04                | 588.82         | 2010  | 27/08/11        | M2011-L06 |
| S/2011 J 1     |         | 22 290              | 0.250  | 163.58          | 111.14               | 303.17               | 679.93         | 2011  | 14/03/12        | CBET3002  |
| S/2011 J 2     |         | 23 267              | 0.387  | 151.85          | 322.20               | 88.66                | 725.06         | 2011  | 14/03/12        | CBET3002  |
| <b>Saturne</b> |         |                     |        |                 |                      |                      |                |       |                 |           |
| Daphnis        | XXXV    | 136.5               |        |                 |                      |                      | 0.594          | 2005  |                 | IAUC 8524 |
| Aegaeon        | LIII    | 167.5               | 0.0002 | 0.001           |                      |                      | 0.80812        | 2008  |                 | IAUC 9023 |
| Méthonné       | XXXII   | 194                 |        |                 |                      |                      | 1.01           | 2004  |                 | IAUC 8389 |
| Anthé          | XLIX    | 197.7               | 0.001  | 0.1             |                      |                      | 1.0365         | 2007  |                 | IAUC 8857 |
| Palléné        | XXXIII  | 211                 |        |                 |                      |                      | 1.14           | 2004  |                 | IAUC 8389 |
| Kiviuq         | XXIV    | 11 319              | 0.166  | 48.39           | 91.26                | 351.82               | 449.60         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T07 |
| Ijiraq         | XXII    | 11 359              | 0.359  | 49.18           | 70.73                | 150.97               | 452.00         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T06 |
| Paaliaq        | XX      | 14 985              | 0.462  | 45.86           | 241.98               | 350.03               | 684.86         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T06 |
| Skathi         | XXVII   | 15 472              | 0.212  | 148.71          | 207.65               | 285.51               | 718.51         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T23 |
| Albiorix       | XXVI    | 16 496              | 0.452  | 37.40           | 59.55                | 109.01               | 791.01         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T07 |
| Bebhionn       | XXXVII  | 17 154              | 0.333  | 40.75           | 9.71                 | 193.15               | 820.13         | 2004  | 30/01/05        | M2005-J13 |
| Skoll          | XLVII   | 17 474              | 0.422  | 155.62          | 206.42               | 296.79               | 862.37         | 2006  | 06/03/06        | M2006-M48 |
| Erriapus       | XXVIII  | 17 808              | 0.609  | 34.47           | 290.51               | 138.09               | 887.21         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T23 |
| Tarqeq         | LII     | 17 910              | 0.108  | 49.90           | 65.59                | 91.95                | 894.91         | 2007  | 10/04/07        | M2007-G38 |
| Tarvos         | XXI     | 17 977              | 0.613  | 34.90           | 285.66               | 93.79                | 899.91         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T06 |
| Hyrokkin       | XLIV    | 18 168              | 0.360  | 153.3           | 268.52               | 47.34                | 914.29         | 2006  | 26/06/06        | M2006-M44 |
| Siarnaq        | XXIX    | 18 201              | 0.380  | 48.50           | 65.94                | 63.72                | 916.80         | 2000  | 18/10/01        | M2001-U42 |
| Mundilfari     | XXV     | 18 413              | 0.212  | 169.80          | 299.99               | 79.92                | 932.80         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T07 |
| Greip          | LI      | 18 654              | 0.317  | 172.85          | 138.77               | 343.63               | 951.20         | 2006  | 10/05/07        | M2007-G29 |
| Jarnsaxa       | L       | 19 013              | 0.192  | 163.16          | 234.70               | 21.10                | 978.75         | 2006  | 28/02/07        | M2007-D79 |
| Bergelmir      | XXXVIII | 19 104              | 0.130  | 157.39          | 146.04               | 215.48               | 985.95         | 2004  | 14/02/06        | M2006-C55 |
| Suttungr       | XXIII   | 19 186              | 0.145  | 174.65          | 73.01                | 252.94               | 992.16         | 2000  | 18/10/01        | M2001-T06 |
| Narvi          | XXXI    | 19 244              | 0.313  | 136.39          | 175.00               | 184.35               | 996.71         | 2003  | 14/07/04        | M2004-D41 |
| Hati           | XLIII   | 19 709              | 0.308  | 163.13          | 30.57                | 323.73               | 1 033.05       | 2004  | 14/02/06        | M2006-C74 |
| Thrymr         | XXX     | 19 958              | 0.565  | 174.91          | 86.56                | 246.25               | 1 052.63       | 2000  | 18/10/01        | M2001-X20 |
| Farbauti       | XL      | 19 985              | 0.175  | 158.36          | 351.16               | 146.07               | 1 054.78       | 2004  | 13/02/06        | M2006-C72 |
| Aegir          | XXXVI   | 20 466              | 0.225  | 167.41          | 264.24               | 196.13               | 1 093.12       | 2004  | 10/02/06        | M2006-C55 |
| Bestla         | XXXIX   | 20 519              | 0.745  | 147.38          | 82.19                | 290.32               | 1 097.35       | 2004  | 10/02/06        | M2006-C55 |
| Fenrir         | XLI     | 21 931              | 0.105  | 162.83          | 124.32               | 239.48               | 1 212.53       | 2004  | 13/02/06        | M2006-C72 |
| Surtur         | XLVIII  | 22 289              | 0.369  | 166.92          | 329.29               | 257.60               | 1 242.36       | 2006  | 06/07/06        | M2006-N06 |
| Kari           | XLV     | 22 321              | 0.340  | 148.38          | 181.70               | 290.65               | 1 245.06       | 2006  | 06/03/06        | M2006-M48 |
| Loge           | XLVI    | 22 984              | 0.142  | 166.54          | 46.81                | 344.12               | 1 300.95       | 2006  | 06/03/06        | M2006-M48 |
| Ymir           | XIX     | 23 306              | 0.375  | 172.75          | 42.43                | 207.07               | 1 328.35       | 2000  | 18/10/01        | M2001-T06 |
| Fornjot        | XLII    | 24 484              | 0.166  | 167.88          | 331.86               | 271.23               | 1 430.37       | 2004  | 14/02/06        | M2006-C74 |

Table 1.15. (fin).

| Nom               | N°    | $a$<br>( $10^3$ km) | $e$   | $I$<br>(degrés) | $\omega$<br>(degrés) | $\Omega$<br>(degrés) | $P$<br>(jours) | Année | Date<br>(0h TT) | Référence  |
|-------------------|-------|---------------------|-------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|-------|-----------------|------------|
| <b>Saturne</b>    |       |                     |       |                 |                      |                      |                |       |                 |            |
| Polydeuces        | XXXIV |                     |       |                 |                      |                      |                | 2004  |                 | IAUC 8432  |
| S/2004 S 3        |       | 140.58              |       |                 |                      |                      | 0.621          | 2004  |                 | IAUC 8432  |
| S/2004 S 4        |       |                     |       |                 |                      |                      |                | 2004  |                 | IAUC 8401  |
| S/2004 S 7        |       | 20 577              | 0.554 | 165.60          | 100.47               | 346.26               | 1 101.99       | 2004  | 30/01/05        | M2005-J13  |
| S/2004 S 12       |       | 19 906              | 0.396 | 164.04          | 96.53                | 313.62               | 1 048.54       | 2004  | 30/01/05        | M2005-J13  |
| S/2004 S 13       |       | 18 056              | 0.261 | 167.38          | 6.32                 | 221.46               | 905.85         | 2004  | 30/01/05        | M2005-J13  |
| S/2004 S 17       |       | 19 099              | 0.226 | 166.88          | 175.79               | 19.99                | 985.45         | 2004  | 30/01/05        | M2005-J13  |
| S/2006 S 1        |       | 18 930              | 0.130 | 154.23          | 138.79               | 340.70               | 972.41         | 2006  | 26/06/06        | M2006-M45  |
| S/2006 S 3        |       | 21 076              | 0.471 | 150.82          | 190.86               | 220.51               | 1142.37        | 2006  | 26/06/06        | M2006-M45  |
| S/2007 S 2        |       | 16 523              | 0.218 | 176.68          | 62.04                | 113.11               | 792.96         | 2007  | 10/04/07        | M2007-J09  |
| S/2007 S 3        |       | 19 179              | 0.151 | 177.01          | 284.03               | 96.94                | 991.66         | 2007  | 10/04/07        | M2007-J09  |
| S/2009 S 1        |       | 117                 |       |                 |                      |                      |                | 2009  |                 | IAUC 9091  |
| <b>Uranus</b>     |       |                     |       |                 |                      |                      |                |       |                 |            |
| Cupidon           | XXVII | 74.8                |       |                 |                      |                      | 0.618          | 2003  |                 | IAUC 8209  |
| Perdita           | XXV   | 76.4                |       |                 |                      |                      | 0.638          | 1999  |                 | IAUC 7171  |
| Mab               | XXVI  | 97.7                |       |                 |                      |                      | 0.923          | 2003  |                 | IAUC 8209  |
| Francisco         | XXII  | 4 270               | 0.143 | 147.61          | 123.19               | 103.06               | 266.57         | 2001  | 27/12/03        | M2003-T29  |
| Caliban           | XVI   | 7 169               | 0.082 | 139.68          | 339.46               | 174.99               | 579.44         | 1997  | 6/07/98         | IAUC 6870  |
| Stéphano          | XX    | 7 942               | 0.146 | 141.54          | 29.84                | 189.50               | 675.71         | 1999  | 13/09/00        | IAUC 7473  |
| Trinculo          | XXI   | 8 571               | 0.208 | 166.33          | 160.60               | 199.06               | 758.06         | 2001  | 22/11/02        | M2002-S64  |
| Sycorax           | XVII  | 12 214              | 0.509 | 152.67          | 18.01                | 255.81               | 1 288.55       | 1997  | 6/07/98         | IAUC 6869  |
| Marguerite        | XXIII | 14 649              | 0.783 | 50.65           | 77.97                | 18.01                | 1 693.88       | 2003  | 27/12/03        | M2003-T58  |
| Prospero          | XVIII | 16 113              | 0.327 | 146.34          | 173.57               | 320.15               | 1 952.61       | 1999  | 13/09/00        | IAUC 7447  |
| Sétébos           | XIX   | 18 205              | 0.494 | 148.83          | 2.19                 | 249.85               | 2 344.89       | 1999  | 13/09/00        | IAUC 7450  |
| Ferdinand         | XXIV  | 20 598              | 0.426 | 167.28          | 164.88               | 225.13               | 2 824.28       | 2001  | 27/12/03        | M2003-S105 |
| <b>Neptune</b>    |       |                     |       |                 |                      |                      |                |       |                 |            |
| Halimède          | IX    | 16 560              | 0.260 | 111.77          | 156.94               | 217.40               | 1 874.35       | 2002  | 10/06/03        | M2003-R18  |
| Sao               | XI    | 22 277              | 0.137 | 52.74           | 63.92                | 61.84                | 2 924.44       | 2002  | 27/12/03        | M2003-S67  |
| Laomédie          | XII   | 22 553              | 0.416 | 39.56           | 138.05               | 53.57                | 2 978.81       | 2002  | 27/12/03        | M2003-S106 |
| Néso              | XIII  | 47 153              | 0.605 | 139.31          | 89.77                | 52.17                | 9 005.57       | 2002  | 27/12/03        | M2003-S107 |
| Psamathee         | X     | 49 281              | 0.268 | 124.23          | 126.76               | 319.63               | 9 622.07       | 2003  | 10/06/03        | M2003-R19  |
| <b>Pluton</b>     |       |                     |       |                 |                      |                      |                |       |                 |            |
| Nix               | II    | 49.4                |       |                 |                      |                      | 25.3           | 2005  |                 | IAUC 8625  |
| Hydre             | III   | 64.7                |       |                 |                      |                      | 38.2           | 2005  |                 | IAUC 8625  |
| S/2011 (134340) 1 |       | 59                  |       |                 |                      |                      | 32.1           | 2011  |                 | CBET 2769  |

**Table 1.16.** Masses des corps célestes et constantes gravitationnelles correspondantes.

| Planètes,<br>Systèmes planétaires<br>et petites planètes | $m$                          |                          | $Gm$<br>( $\text{m}^3 \text{s}^{-2}$ ) | $\rho$<br>( $10^3 \text{ kg/m}^3$ ) | $T$<br>(K) | Albédo |       |
|--|------------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|------------|--------|-------|
|  | (masse solaire)              | ( $10^{24} \text{ kg}$ ) |  |                                     |            | B      | G     |
| Soleil   | 1                            | 1 988 900                | $1.327\,124\,42 \times 10^{20}$        | 1.4                                 |            |        |       |
| Mercure  | $1.660\,1368 \times 10^{-7}$ | 0.330 18                 | $2.203\,208 \times 10^{13}$            | 5.4                                 | 620        | 0.056  | 0.11  |
| Vénus  | $2.447\,8383 \times 10^{-6}$ | 4.8685                   | $3.248\,5860 \times 10^{14}$           | 5.2                                 | 750        | 0.72   | 0.65  |
| Syst. Terre-Lune   | $3.040\,4326 \times 10^{-6}$ | 6.0471                   | $4.035\,0324 \times 10^{14}$           |                                     |            |        |       |
| Terre  | $3.003\,4896 \times 10^{-6}$ | 5.9736                   | $3.986\,0044 \times 10^{14}$           | 5.5                                 | 295        | 0.39   | 0.367 |
| Mars   | $3.227\,1514 \times 10^{-7}$ | 0.641 85                 | $4.282\,8315 \times 10^{13}$           | 3.9                                 | 250        | 0.16   | 0.15  |
| Syst. de Jupiter   | $9.547\,9194 \times 10^{-4}$ | 1 899.0                  | $1.267\,1277 \times 10^{17}$           |                                     |            |        |       |
| Jupiter  | $9.545\,9429 \times 10^{-4}$ | 1 898.6                  | $1.266\,8654 \times 10^{17}$           | 1.3                                 | 170        | 0.70   | 0.52  |
| Syst. de Saturne   | $2.858\,8598 \times 10^{-4}$ | 568.60                   | $3.794\,0627 \times 10^{16}$           |                                     |            |        |       |
| Saturne  | $2.858\,154 \times 10^{-4}$  | 568.46                   | $3.793\,126 \times 10^{16}$            | 0.7                                 | 135        | 0.75   | 0.47  |
| Syst. d'Uranus   | $4.366\,244 \times 10^{-5}$  | 86.840                   | $5.794\,549 \times 10^{15}$            |                                     |            |        |       |
| Uranus   | $4.365\,785 \times 10^{-5}$  | 86.831                   | $5.793\,940 \times 10^{15}$            | 1.3                                 | 80         | 0.90   | 0.51  |
| Syst. Neptune-Triton                                     | $5.151\,389 \times 10^{-5}$  | 102.46                   | $6.836\,534 \times 10^{15}$            |                                     |            |        |       |
| Neptune  | $5.150\,313 \times 10^{-5}$  | 102.43                   | $6.835\,106 \times 10^{15}$            | 1.6                                 | 50         | 0.82   | 0.41  |
| Syst. Pluton-Charon                                      | $7.3964 \times 10^{-9}$      | 0.014 71                 | $9.816 \times 10^{11}$                 |                                     |            | 0.145  | 0.3   |
| Pluton   | $6.663 \times 10^{-9}$       | 0.013 25                 | $8.843 \times 10^{11}$                 | 1.9                                 |            |        |       |

### 1.4.3. Paramètres physiques

On donne dans la table 1.16, les masses au repos  $m$  du Soleil, des planètes et des systèmes formés par les planètes et leurs principaux satellites, ainsi que les quantités  $Gm$ , produits de la constante héliocentrique de la gravitation  $GS$ , par le rapport des masses des planètes ou des systèmes planète-satellites à la masse du Soleil  $m/S$ . Le système de Jupiter est composé de Jupiter et des quatre satellites galiléens ; celui de Saturne, de Saturne et de ses huit principaux satellites ; celui d'Uranus, d'Uranus et de ces cinq premiers satellites. Les masses des planètes sont évaluées en enlevant à la masse du système planète-satellites, la somme des masses connues des satellites du système (Table 1.18). Les masses sont données dans deux systèmes d'unités : le système astronomique (unité = masse solaire) et le système SI (unité = kg). Ces quantités sont calculées à partir des données des paragraphes 1.3.2 et 1.3.3 et de la table 1.18.

On donne également, pour le Soleil et les planètes principales, une estimation de la masse volumique  $\rho$  et, pour les planètes principales, la température superficielle moyenne  $T$ , l'albédo de Bond B, et l'albédo géométrique G issues de l'*Encyclopédie scientifique de l'univers* (Bureau des longitudes, 1986). La masse volumique est obtenue à partir de la masse et du rayon équatorial donné dans la table 1.10 (données issues de Seidelmann et al., 2002), en supposant le corps sphérique. L'albédo de Bond est le rapport du flux total réfléchi par le corps au flux total incident. L'albédo

**Table 1.17.** Figures géométriques représentant le Soleil, les planètes et la Lune.

| Nom                    | $R_p$<br>(km)  | $a_1$<br>(km) | $f_p$<br>( $10^{-3}$ ) | $f_e$<br>( $10^{-3}$ ) | $L_e$<br>(degrés) | $a_s$<br>(km) | $a_r$<br>(m)                | $f_g$<br>( $\times 10^{-10}$ ) |
|------------------------|--|---------------|------------------------|------------------------|-------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Soleil                 |  |               |                        |                        |                   |               |                             | 21 210                         |
| Mercure                | 2 439.7  |               |                        |                        |                   | 2 439.7       |                             |                                |
| Vénus                  | 6 051.8  | 6 051.476     | 1/113.8                | 1/253.2                | − 6.2             | 6 051.8       | 0.003 614 54                | 5.973 06                       |
| Lune                   | 1 737.4  | 1 735.554     | 1/2.67                 | 1/7.49                 | 0.03              | 1 737.4       | $5.455\ 098 \times 10^{-5}$ | 0.313 958                      |
| Terre                  | 6 356.75   | 6 378.171     |                        | 1/920                  | −14.9             | 6 371.00      | 0.004 435 03                | 6.969 290                      |
| Mars                   | $R_p^M$ 3 376.20<br>$R_p^N$ 3 373.19<br>$R_p^S$ 3 379.21 | 3 396.510     | 1/0.184                | 1/2.63                 | 75.0              | 3 390         | 0.000 476 529               | 1.407 87                       |
| Jupiter <sup>(1)</sup> | 66 854   |               |                        |                        |                   | 69 911        | 1.409 577                   | 197.166                        |
| Saturne <sup>(1)</sup> | 54 364   |               |                        |                        |                   | 58 232        | 0.422 04                    | 70.027                         |
| Uranus <sup>(1)</sup>  | 24 973   |               |                        |                        |                   | 25 362        | 0.064 4663                  | 25.223                         |
| Neptune <sup>(1)</sup> | 24 341   |               |                        |                        |                   | 24 622        | 0.076 05                    | 30.71                          |
| Pluton                 | 1 195  |               |                        |                        |                   | 1 195         |                             |                                |

<sup>(1)</sup> Le rayon à une surface de pression  $10^5$  Pa.

géométrique est le rapport de l'éclat du corps, pour un angle de phase nul, à l'éclat d'un disque parfaitement diffusant ayant la même position et le même diamètre apparent que le corps.

Nous donnons dans la table 1.17, les valeurs des paramètres de diverses figures géométriques à symétrie équatoriale (sphéroïde, ellipsoïde triaxial, sphère) représentant au mieux la forme des planètes principales et de la Lune. Pour le sphéroïde, on donne le rayon polaire  $R_p$  (Seidelmann et al., 2002) le rayon équatorial  $R_e$  étant donné dans la table 1.10. Pour Mars, on donne le rayon polaire moyen  $R_p^M$ , le rayon polaire nord  $R_p^N$  et le rayon polaire sud  $R_p^S$ . Pour l'ellipsoïde, on donne le demi-grand axe équatorial  $a_1$ , le facteur d'aplatissement polaire  $f_p$ , le facteur d'aplatissement équatorial  $f_e$ , et la longitude du grand axe équatorial  $L_e$  (comptée positivement vers l'est), rapportée au méridien origine du corps (Fukushima, 1990). Pour la sphère on donne le rayon moyen  $a_s$  (Seidelmann et al., 2002). Figurent également dans la table 1.17, pour les planètes et la Lune, le *rayon relativiste*  $a_r = (GM/c^2)$  et pour le Soleil, la Lune et les planètes, sauf Mercure, le *facteur gravitationnel*  $f_g$ . Pour la Lune et les planètes telluriques (objets non gazeux),  $f_g$  est donné par  $f_g = (W/c^2)$  où  $W$  est le potentiel de gravité à la surface du corps ( $W$  est une quantité mesurée). Pour les autres corps, on prend  $f_g = Gm/R_e c^2$  où  $m$  est la masse du corps considéré et  $R_e$  son rayon équatorial.  $G$  est la constante de la gravitation universelle et  $c$  la vitesse de la lumière (Fukushima, 1990).

Les masses des satellites et les anneaux des planètes sont données dans les tables 1.18 et 1.19. La table 1.18 donne la masse au repos  $m$  en masse solaire, le rapport de  $m$  à la masse de la planète centrale et le produit  $Gm$  dans le système d'unités astronomiques. La table 1.19 donne  $m$  dans le SI. Ces masses sont déduites des valeurs données par :



- DE405 pour la Lune ;
- Tyler et al. (2003) pour Phobos ;
- Yuan et al. (2001) pour Déimos ;
- Campbell et Synnott (1985) pour les satellites galiléens ;
- Fukushima 1990 pour les autres satellites de Jupiter, les anneaux de Saturne, Hypérion, Phœbé et Néréide ;
- Campbell et Anderson (1989) pour Titan ;
- Tyler et al. (1982) pour Mimas, Encelade, Téthys, Dioné, Rhéa et Japet ;
- Thomas et al. (1989) pour les petits satellites d’Uranus Cordélia et Ophélie ;
- Jacobson et al. (1992) pour les anciens satellites d’Uranus (Miranda, Ariel, Umbriel, Titania, Obéron) ;
- Banfield et Murray (1992) pour les six petits satellites de Neptune ;
- Owen et al. (1991) pour Triton ;
- Tholen et Buie (1997) pour Charon.

La table 1.19 donne également, pour les satellites, le rayon  $a_s$  de la sphère et, éventuellement, les demi-axes équatoriaux ( $a_1$ ,  $a_2$ ) et polaire ( $a_3$ ) de l’ellipsoïde triaxial représentant au mieux la surface du satellite. Pour tous les satellites ces valeurs sont données par Seidelmann et al. (2002). Comme pour les planètes, l’estimation de la masse volumique a été obtenue à partir de la masse et du rayon moyen par Bec-Borsenberger (2004).

On donne enfin, dans les deux dernières colonnes de la table 1.19, la magnitude visuelle  $m_v$  et l’albédo géométrique. La plus grande partie de ces quantités est tirée de l’*Encyclopédie scientifique de l’univers* (Bureau des longitudes, 1986) ou du *Supplément à la Connaissance des Temps* pour les satellites de Mars, Jupiter, Saturne et Uranus (Bureau des longitudes, 1995). Les autres sources utilisées sont :

- Pascu et al. (1992) pour Thébé ;
- *Encyclopédie scientifique de l’univers* (Bureau des longitudes, 1986) pour la plupart des satellites de Saturne, Uranus et Neptune ;
- Showalter (1990) pour l’albédo et le rayon de Pan ;
- Buratti et Veverka (1984) pour Mimas, Encelade, Téthys, Dioné et Rhéa ;
- Tholen et Zellner (1983) pour les albédos de Hypérion et du côté sombre de Japet ;
- Stone et Miner (1982) pour les albédos des nouveaux satellites de Saturne ;
- Thomas et al. (1989) pour la magnitude et l’albédo de Titania.

**Table 1.18.** Masses des principaux satellites.

| Nom            | N°   | $m$                          |                              | $Gm$<br>( $m^3 s^{-2}$ )     |
|----------------|------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                |      | (masse solaire)              | (masse planète)              |                              |
| <b>Terre</b>   |      |                              |                              |                              |
| Lune           |      | $3.694\ 3037 \times 10^{-8}$ | $1.230\ 0038 \times 10^{-2}$ | $4.902\ 8006 \times 10^{12}$ |
| <b>Mars</b>    |      |                              |                              |                              |
| Phobos         |      | $5.12 \times 10^{-15}$       | $1.58 \times 10^{-8}$        | $8.47 \times 10^5$           |
| Déimos         |      | $1.13 \times 10^{-15}$       | $3.5 \times 10^{-9}$         | $1.20 \times 10^5$           |
| <b>Jupiter</b> |      |                              |                              |                              |
| Métis          | XVI  | $4.8 \times 10^{-14}$        | $5 \times 10^{-11}$          | $6.3 \times 10^6$            |
| Adrastéia      | XV   | $9.5 \times 10^{-15}$        | $1 \times 10^{-11}$          | $1.3 \times 10^6$            |
| Amalthée       | V    | $3.6 \times 10^{-12}$        | $3.8 \times 10^{-9}$         | $4.8 \times 10^8$            |
| Thébé          | XIV  | $3.8 \times 10^{-13}$        | $4 \times 10^{-10}$          | $5.1 \times 10^7$            |
| Io             | I    | $4.49 \times 10^{-8}$        | $4.705 \times 10^{-5}$       | $5.96 \times 10^{12}$        |
| Europe         | II   | $2.41 \times 10^{-8}$        | $2.527 \times 10^{-5}$       | $3.20 \times 10^{12}$        |
| Ganymède       | III  | $7.45 \times 10^{-8}$        | $7.804 \times 10^{-5}$       | $9.89 \times 10^{12}$        |
| Callisto       | IV   | $5.41 \times 10^{-8}$        | $5.668 \times 10^{-5}$       | $7.18 \times 10^{12}$        |
| Léda           | XIII | $2.9 \times 10^{-15}$        | $3 \times 10^{-12}$          | $3.8 \times 10^5$            |
| Himalia        | VI   | $4.8 \times 10^{-12}$        | $5.0 \times 10^{-9}$         | $6.3 \times 10^8$            |
| Lysithéa       | X    | $3.8 \times 10^{-14}$        | $4 \times 10^{-11}$          | $5.1 \times 10^6$            |
| Elara          | VII  | $3.8 \times 10^{-13}$        | $4 \times 10^{-10}$          | $5.1 \times 10^7$            |
| Ananké         | XII  | $1.9 \times 10^{-14}$        | $2 \times 10^{-11}$          | $2.5 \times 10^6$            |
| Carmé          | XI   | $4.8 \times 10^{-14}$        | $5 \times 10^{-11}$          | $6.3 \times 10^6$            |
| Pasiphaé       | VIII | $9.5 \times 10^{-14}$        | $1 \times 10^{-10}$          | $1.3 \times 10^7$            |
| Sinopé         | IX   | $3.8 \times 10^{-14}$        | $4 \times 10^{-11}$          | $5.1 \times 10^6$            |
| <b>Saturne</b> |      |                              |                              |                              |
| Anneaux C      |      | $4.9 \times 10^{-13}$        | $1.7 \times 10^{-9}$         | $6.4 \times 10^7$            |
| Anneaux B      |      | $1.2 \times 10^{-11}$        | $4.2 \times 10^{-8}$         | $1.6 \times 10^9$            |
| Anneaux A      |      | $3.1 \times 10^{-12}$        | $1.1 \times 10^{-8}$         | $4.2 \times 10^8$            |
| Mimas          | I    | $2.29 \times 10^{-11}$       | $8.00 \times 10^{-8}$        | $3.04 \times 10^9$           |
| Encelade       | II   | $3.7 \times 10^{-11}$        | $1.3 \times 10^{-7}$         | $4.9 \times 10^9$            |
| Téthys         | III  | $3.4 \times 10^{-10}$        | $1.2 \times 10^{-6}$         | $4.5 \times 10^{10}$         |
| Dioné          | IV   | $5.29 \times 10^{-10}$       | $1.85 \times 10^{-6}$        | $7.0 \times 10^{10}$         |
| Rhéa           | V    | $1.16 \times 10^{-9}$        | $4.06 \times 10^{-6}$        | $1.54 \times 10^{11}$        |
| Titan          | VI   | $6.7652 \times 10^{-8}$      | $2.3670 \times 10^{-4}$      | $8.9782 \times 10^{12}$      |
| Hypérion       | VII  | $8.6 \times 10^{-12}$        | $3 \times 10^{-8}$           | $1.1 \times 10^9$            |

Table 1.18. (fin).

| Nom            | N°   | $m$                     |                        | $Gm$<br>( $\text{m}^3 \text{s}^{-2}$ ) |
|----------------|------|-------------------------|------------------------|--|
|                |      | (masse solaire)         | (masse planète)        |  |
| <b>Saturne</b> |      |                         |                        |  |
| Japet          | VIII | $7.99 \times 10^{-10}$  | $2.79 \times 10^{-6}$  | $1.06 \times 10^{11}$                  |
| Phœbé          | IX   | $2 \times 10^{-13}$     | $7 \times 10^{-10}$    | $2.7 \times 10^7$                      |
| <b>Uranus</b>  |      |                         |                        |  |
| Cordélia       | VI   | $7.0 \times 10^{-15}$   | $1.6 \times 10^{-10}$  | $9.3 \times 10^5$                      |
| Ophélie        | VII  | $1.3 \times 10^{-14}$   | $2.9 \times 10^{-10}$  | $1.7 \times 10^6$                      |
| Miranda        | V    | $0.33 \times 10^{-10}$  | $0.76 \times 10^{-6}$  | $4.4 \times 10^9$                      |
| Ariel          | I    | $6.80 \times 10^{-10}$  | $1.56 \times 10^{-5}$  | $90.3 \times 10^9$                     |
| Umbriel        | II   | $5.89 \times 10^{-10}$  | $1.35 \times 10^{-5}$  | $78.2 \times 10^9$                     |
| Titania        | III  | $17.73 \times 10^{-10}$ | $4.061 \times 10^{-5}$ | $235.3 \times 10^9$                    |
| Obéron         | IV   | $15.15 \times 10^{-10}$ | $3.471 \times 10^{-5}$ | $201.1 \times 10^9$                    |
| Naiïade        | III  | $5.0 \times 10^{-14}$   | $9.7 \times 10^{-10}$  | $6.6 \times 10^6$                      |
| Thalassa       | IV   | $1.6 \times 10^{-13}$   | $3.1 \times 10^{-9}$   | $2.1 \times 10^7$                      |
| Despina        | V    | $1.1 \times 10^{-12}$   | $2.1 \times 10^{-8}$   | $1.4 \times 10^8$                      |
| Galatée        | VI   | $1.9 \times 10^{-12}$   | $3.6 \times 10^{-8}$   | $2.5 \times 10^8$                      |
| Larissa        | VII  | $2.2 \times 10^{-12}$   | $4.2 \times 10^{-8}$   | $2.9 \times 10^8$                      |
| Protée         | VIII | $2.0 \times 10^{-11}$   | $3.9 \times 10^{-7}$   | $2.7 \times 10^9$                      |
| Triton         | I    | $1.08 \times 10^{-8}$   | $2.09 \times 10^{-4}$  | $1.428 \times 10^{12}$                 |
| Néréïde        | II   | $1 \times 10^{-11}$     | $2 \times 10^{-7}$     | $1.4 \times 10^9$                      |
| <b>Pluton</b>  |      |                         |                        |  |
| Charon         | I    | $0.733 \times 10^{-9}$  | 0.110                  | $9.73 \times 10^{10}$                  |

**Table 1.19.** Demi-diamètres  $a_s, a_1, a_2, a_3$  ; masse ; masse volumique,  $\rho$  ; magnitude visuelle à l'opposition,  $m_v$  ; albédo géométrique.

| Nom            | N°    | $a_s$<br>(km) | $a_1$ $a_2$ $a_3$<br>(km)   | Masse<br>( $10^{21}$ kg) | $\rho$<br>( $10^3$ kg/m <sup>3</sup> ) | $m_v$ | Albédo<br>géométrique |
|----------------|-------|---------------|-----------------------------|--------------------------|--|-------|-----------------------|
| <b>Terre</b>   |       |               |                             |                          |  |       |                       |
| Lune           |       | 1737.4±1      | 1737.4 - 1737.4 - 1737.4    | 73.476                   | 3.34                                   | -12.7 | 0.12                  |
| <b>Mars</b>    |       |               |                             |                          |  |       |                       |
| Phobos         | I     | 11.1±0.15     | 13.4 - 11.2 - 9.2           | $1.02 \times 10^{-5}$    | 2.22                                   | 11.6  | 0.06                  |
| Déimos         | II    | 6.2±0.18      | 7.5 - 6.1 - 5.2             | $2.25 \times 10^{-6}$    | 1.8                                    | 12.7  | 0.06                  |
| <b>Jupiter</b> |       |               |                             |                          |  |       |                       |
| Métis          | XVI   | 21.5±4        | 30 - - 20                   | $9.5 \times 10^{-5}$     | 2.3                                    | 17.5  | 0.05                  |
| Adrastéia      | XV    | 8.2±4         | 10 - 8 - 7                  | $1.9 \times 10^{-5}$     | 8.2                                    | 18.9  | 0.05                  |
| Amalthée       | V     | 83.5±3        | 125 - 73 - 64               | $7.2 \times 10^{-3}$     | 3.0                                    | 14.1  | 0.05                  |
| Thébé          | XIV   | 49.3±4        | 58 - 49 - 42                | $7.6 \times 10^{-4}$     | 1.5                                    | 15.7  | 0.04                  |
| Io             | I     | 1821.46       | 1829.4 - 1819.3 - 1815.7    | 89.3                     | 3.53                                   | 5.02  | 0.61                  |
| Europe         | II    | 1562.09       | 1564.13 - 1561.23 - 1560.93 | 48.0                     | 3.00                                   | 5.29  | 0.64                  |
| Ganymède       | III   | 2632.345      | 2632.4 - 2632.29 - 2632.35  | 148.2                    | 1.94                                   | 4.61  | 0.42                  |
| Callisto       | IV    | 2409.3        | 2409.4 - 2409.2 - 2409.3    | 107.6                    | 1.84                                   | 5.65  | 0.20                  |
| Léda           | XIII  | 5             |                             | $5.7 \times 10^{-6}$     | 11                                     | 20    |                       |
| Himalia        | VI    | 85±10         |                             | $9.5 \times 10^{-3}$     | 3.7                                    | 14.8  | 0.03                  |
| Lysithéa       | X     | 12            |                             | $7.6 \times 10^{-5}$     | 10.5                                   | 18.4  |                       |
| Elara          | VII   | 40±10         |                             | $7.6 \times 10^{-4}$     | 2.8                                    | 16.8  | 0.03                  |
| Ananké         | XII   | 10            |                             | $3.8 \times 10^{-5}$     | 9.1                                    | 18.9  |                       |
| Carmé          | XI    | 15            |                             | $9.5 \times 10^{-5}$     | 6.7                                    | 18.0  |                       |
| Pasiphaé       | VIII  | 18            |                             | $1.9 \times 10^{-4}$     | 7.8                                    | 17.0  |                       |
| Sinopé         | IX    | 14            |                             | $7.6 \times 10^{-5}$     | 6.6                                    | 18.3  |                       |
| <b>Saturne</b> |       |               |                             |                          |  |       |                       |
| Anneau C       |       |               |                             | $9.7 \times 10^{-4}$     |  |       |                       |
| Anneau B       |       |               |                             | $2.4 \times 10^{-2}$     |  |       |                       |
| Anneau A       |       |               |                             | $6.3 \times 10^{-3}$     |  |       |                       |
| Pan            | XVIII | 10±3          |                             |                          |  |       | 0.4-0.7               |
| Atlas          | XV    | 16±4          | 18.5 - 17.2 - 13.5          |                          |  | 18    | 0.4                   |
| Prométhée      | XVI   | 50.1±3        | 74.0 - 50.0 - 34.0          |                          |  | 15    | 0.6                   |
| Pandore        | XVII  | 41.9±2        | 55.0 - 44.0 - 31.0          |                          |  | 15.5  | 0.6                   |
| Épiméthée      | XI    | 59.5±3        | 69.0 - 55.0 - 55.0          |                          |  | 15    | 0.4                   |
| Janus          | X     | 88.8±4        | 97.0 - 95.0 - 77.0          |                          |  | 14    | 0.4                   |
| Mimas          | I     | 198.6±0.6     | 209.1 - 196.2 - 191.4       | 0.0455                   | 1.4                                    | 12.9  | 0.77                  |
| Encelade       | II    | 249.4±0.3     | 256.3 - 247.3 - 244.6       | 0.074                    | 1.1                                    | 11.7  | 1.04                  |
| Téthys         | III   | 529.8±1.5     | 535.6 - 528.2 - 525.8       | 0.674                    | 1.1                                    | 10.3  | 0.8                   |
| Télesto        | XIII  | 11±4          | 15 - 12.5 - 7.5             |                          |  | 18    | 0.6                   |
| Calypso        | XIV   | 9.5±4         | 15.0 - 8.0 - 8.0            |                          |  | 18.5  | 0.8                   |
| Dioné          | IV    | 560±5         | 560 - 560 - 560             | 1.052                    | 1.4                                    | 10.4  | 0.55                  |
| Hélène         | XII   | 16            | 17.5 - - -                  |                          |  | 17    | 0.5                   |

Table 1.19. (fin).

| Nom            | N°   | $a_s$<br>(km) | $a_1$ $a_2$ $a_3$<br>(km) | Masse<br>( $10^{21}$ kg) | $\rho$<br>( $10^3$ kg/m <sup>3</sup> ) | $m_v$               | Albédo<br>géométrique |
|----------------|------|---------------|---------------------------|--------------------------|--|---------------------|-----------------------|
| <b>Saturne</b> |      |               |                           |                          |  |                     |                       |
| Rhéea          | V    | 764±4         | 764 - 764 - 764           | 2.31                     | 1.2                                    | 9.7                 | 0.65                  |
| Titan          | VI   | 2575±2        | 2575 - 2575 - 2575        | 134.55                   | 1.9                                    | 8.3                 | 0.21                  |
| Hypérion       | VII  | 133±8         | 164 - 130 - 107           | 0.017                    | 1.7                                    | 14.19               | 0.19/0.25             |
| Japet          | VIII | 718±8         | 718 - 718 - 718           | 1.59                     | 1.3                                    | 10.2/11.9           | 0.5 <sup>(1)</sup>    |
| Phœbé          | IX   | 110±10        | 115 - 110 - 105           | 0.0004                   | 0.07                                   | 16.5                | 0.06                  |
| <b>Uranus</b>  |      |               |                           |                          |  |                     |                       |
| Cordélia       | VI   | 13±2          |                           | $1.4 \times 10^{-5}$     | 1.5                                    | 24.2 <sup>(2)</sup> |                       |
| Ophélie        | VII  | 15±2          |                           | $2.5 \times 10^{-5}$     | 1.5                                    | 23.9 <sup>(2)</sup> |                       |
| Bianca         | VIII | 21±3          |                           |                          |  | 23.1 <sup>(2)</sup> |                       |
| Cressida       | IX   | 31±4          |                           |                          |  | 22.3 <sup>(2)</sup> |                       |
| Desdémone      | X    | 27±3          |                           |                          |  | 22.5 <sup>(2)</sup> |                       |
| Juliette       | XI   | 42±5          |                           |                          |  | 21.7 <sup>(2)</sup> |                       |
| Portia         | XII  | 54±6          |                           |                          |  | 21.1 <sup>(2)</sup> |                       |
| Rosalinde      | XIII | 27±4          |                           |                          |  | 22.5                |                       |
| Belinda        | XIV  | 33±4          |                           |                          |  | 22.1                |                       |
| Puck           | XV   | 77±5          |                           |                          |  | 20.4                | 0.07                  |
| Miranda        | V    | 235.8±0.7     | 240.4 - 234.2 - 232.9     | 0.066                    | 1.2                                    | 16.5                | 0.34                  |
| Ariel          | I    | 578.9±0.6     | 581.1 - 577.9 - 577.7     | 1.35                     | 1.7                                    | 14.4                | 0.40                  |
| Umbriel        | II   | 584.7±2.8     | 584.7 - 584.7 - 584.7     | 1.17                     | 1.4                                    | 15.3                | 0.19                  |
| Titania        | III  | 788.9±1.8     | 788.9 - 788.9 - 788.9     | 3.526                    | 1.7                                    | 13.9                | 0.28                  |
| Obéron         | IV   | 761.4±2.6     | 761.4 - 761.4 - 761.4     | 3.014                    | 1.6                                    | 14.2                | 0.24                  |
| <b>Neptune</b> |      |               |                           |                          |  |                     |                       |
| Naiade         | III  | 29±6          |                           | $0.99 \times 10^{-4}$    | 1.0                                    | 24.7                |                       |
| Thalassa       | IV   | 40±8          |                           | $3.2 \times 10^{-4}$     | 1.2                                    | 23.8                |                       |
| Despina        | V    | 74±10         |                           | $2.1 \times 10^{-3}$     | 1.2                                    | 22.6                | 0.06                  |
| Galatée        | VI   | 79±12         |                           | $3.7 \times 10^{-3}$     | 1.8                                    | 22.3                | 0.06                  |
| Larissa        | VII  | 96±7          | 104 - - 89                | $4.3 \times 10^{-3}$     | 1.2                                    | 22.0                | 0.06                  |
| Protée         | VIII | 208±8         | 218 - 208 - 201           | $4.0 \times 10^{-2}$     | 1.1                                    | 20.3                | 0.06                  |
| Triton         | I    | 1352.6±2.4    |                           | 21.4                     | 2.1                                    | 13.7                | 0.7                   |
| Néréide        | II   | 170±25        |                           | 0.02                     | 1.0                                    | 18.7                | 0.4                   |
| <b>Pluton</b>  |      |               |                           |                          |  |                     |                       |
| Charon         | I    | 593±13        |                           | 1.46                     | 1.7                                    | 16.8                | 0.4                   |

<sup>(1)</sup> Côté brillant 0.5 ; côté non brillant 0.07.<sup>(2)</sup> Calculée en supposant que le satellite a le même albédo que Puck.

## 1.5. AUTRES CONSTANTES ET UNITÉS

### 1.5.1. Système de référence galactique

Les axes de coordonnées du système de référence galactique, par rapport à un système de référence, sont déterminés par les coordonnées dans ce système du pôle galactique et du centre galactique définis à la suite de l'Assemblée générale de l'UAI de 1958 (Blaauw et al., 1960).

Dans le système de référence FK5 (J2000), les coordonnées équatoriales héliocentriques du pôle galactique  $Z$  sont (Murray, 1989) :

$$\begin{aligned}\alpha_Z &= 12 \text{ h } 51 \text{ min } 26.2755 \text{ s,} \\ \delta_Z &= 27^\circ 7' 41''.704.\end{aligned}$$

Les coordonnées équatoriales héliocentriques du centre galactique sont :

$$\begin{aligned}\alpha_X &= 17 \text{ h } 45 \text{ min } 37.1991 \text{ s,} \\ \delta_X &= -28^\circ 56' 10''.221;\end{aligned}$$

et la longitude galactique du pôle céleste nord est :

$$\theta = 122^\circ 55' 54''.907.$$

### 1.5.2. Situation du Soleil dans la galaxie

Après avoir passé en revue diverses déterminations des constantes galactiques, Kerr et Lynden-Bell (1986), ont publié l'ensemble de valeurs suivant, relatif aux quatre principales constantes galactiques, distance du Soleil au centre galactique ( $R_0$ ), vitesse circulaire du Soleil autour du centre galactique ( $\theta_0$ ) et constantes de Oort ( $A, B$ ) :

$$\begin{aligned}R_0 &= 8.5 \pm 1.1 \text{ kpc,} \\ \theta_0 &= 222 \pm 20 \text{ km s}^{-1}, \\ A &= 14.4 \pm 1.2 \text{ km s}^{-1} \text{ kpc}^{-1}, \\ B &= -12.0 \pm 2.8 \text{ km s}^{-1} \text{ kpc}^{-1}, \\ A - B &= 26.4 \pm 1.9 \text{ km s}^{-1} \text{ kpc}^{-1}.\end{aligned}$$

Compte tenu des incertitudes sur la détermination des valeurs de ces paramètres, l'Assemblée générale de l'UAI (1985) a recommandé l'utilisation des valeurs suivantes pour les constantes ( $R_0$ ) et ( $\theta_0$ ),

$$\begin{aligned}R_0 &= 8.5 \text{ kpc,} \\ \theta_0 &= 220 \text{ km s}^{-1}.\end{aligned}$$

Par contre, il n'y a pas de valeurs recommandées pour les constantes de Oort,  $A$  et  $B$ , mais seulement une remarque concernant la différence  $A - B$  qui, avec les valeurs de  $R_0$  et  $\theta_0$  adoptées vaut :

$$A - B = 25.9 \text{ km s}^{-1} \text{ kpc}^{-1}.$$

### 1.5.3. Système de référence extragalactique

Les sources extragalactiques observées par interférométrie à très longue base (VLBI, Very Long Baseline Interferometry) permettent de constituer un système de référence extragalactique. On définit l'origine des ascensions droites en fixant l'ascension droite (J2000) du quasar 3C 273 B (1 226+023) à la valeur de Hazard et al. (1971) (*cf.* 3.4.3) :

$$\begin{aligned}\alpha &= 12 \text{ h } 29 \text{ min } 6.6997 \text{ s,} \\ \delta &= 2^{\circ} 3' 8''.5988.\end{aligned}$$

### 1.5.4. Valeurs estimées de quantités dynamiques

Les paramètres post-newtoniens (PPN) sont issus de Will (2006) :

$$\begin{aligned}\alpha &= 0.0000 \pm 0.0002, \\ \gamma &= 1.00000 \pm 0.000023, \\ \frac{2 + 2\gamma - \beta}{3} &= 1.000 \pm 0.001.\end{aligned}$$

Bien que le paramètre  $\alpha$  n'apparaisse pas formellement dans les paramètres PPN, il apparaît comme un facteur clé en astrométrie pour exprimer la dilatation du temps et le *décalage vers le rouge* ( $3/2+\alpha$ ). Les paramètres  $\beta$  et  $\gamma$  caractérisent la plupart des effets relativistes en astrométrie ;  $1+\gamma$  caractérise le *retard* et la déflexion de la lumière,  $2+2\gamma-\beta$  caractérise le *décalage du péricentre*.

Pour la relativité générale d'Einstein, on a :

$$\begin{cases} \alpha = 0 \\ \beta = \gamma = 1 \end{cases}$$

### 1.5.5. Autres unités

On donne dans ce dernier paragraphe les définitions de quelques unités ne faisant pas partie du Système International mais rencontrées dans la littérature et encore tolérées (Cohen et Taylor, 1986 ; Bureau des longitudes, 1981, 1986).

#### *L'électronvolt*

L'électronvolt (eV) est une unité en usage avec le Système International (en physique atomique) ; sa valeur en unité SI est obtenue expérimentalement. Un électronvolt est l'énergie cinétique acquise par un électron en subissant une différence de potentiel de 1 V dans le vide :

$$1 \text{ eV} = 1.602 \, 177 \, 33 \times 10^{-19} \text{ J approximativement.}$$

*L'angström*

L'angström (Å) est encore utilisé en spectroscopie et en microscopie. On a :

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-4} \mu\text{m} = 0.1 \text{ nm}.$$

*Le gauss*

Le gauss (Gs ou G) est le nom donné à l'unité CGS électromagnétique. On a :

$$1 \text{ Gs} = 10^{-4} \text{ T}.$$

*Le gamma*

Le gamma ( $\gamma$ ), est une unité utilisée pour exprimer l'intensité du champ magnétique. On a :

$$1 \gamma = 10^{-9} \text{ T} = 1 \text{ nT}.$$

*L'atmosphère*

L'atmosphère, unité employée pour la pression, vaut 101 325 Pa. L'usage de cette unité est fortement déconseillé ; elle n'est donnée ici qu'à titre d'information.

*L'inch*

L'inch (pouce) unité anglo-saxonne de longueur, est utilisé pour donner les diamètres des objectifs de certains instruments astronomiques. On a :

$$1 \text{ inch} = 2.54 \text{ cm}.$$

Le pouce utilisé en France, ou *zoll* en Allemagne, n'avait pas tout à fait la même valeur : 2.707 cm.

*Le jansky*

On peut mesurer l'intensité des radio-sources par la densité de flux  $S(\nu)$  qui est l'énergie reçue de l'ensemble d'une source de dimension finie, par unité de surface réceptrice placée sur terre perpendiculairement à la direction de la source, par seconde et par hertz de bande. Étant donnée la faible intensité des radio-sources on exprime  $S(\nu)$  en jansky.

$$1 \text{ jansky} = 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}.$$



## 1.6. BIBLIOGRAPHIE

- Archinal, B.A., A'Hearn, M.F., Bowell, E., et al. : Report of the IAU/IAG working group on cartographic coordinates and rotational elements of the planets and satellites : 2011, *Celest. Mech.* **109**, 101.
- Arlot, J.-E., Bec-Borsenberger, A., et al. : 2003, Improvement of the ephemerides of Phoebe, 9th satellite of Saturn, from new observations made from 1995 to 2000, *Astron. Astrophys.* **411**, 309.
- Aksnes, K. : 1978, The motion of Jupiter XIII (Leda), 1974-2000, *Astron. J.* **83**, 1249.
- Banfield, D., Murray, N. : 1992, A dynamical history of the inner Neptunian satellites, *Icarus* **99**, 390.
- Bec-Borsenberger, A. : 2004, Communication privée.
- BIPM : 1998, *Le Système International d'unités (SI)*, Pavillon de Breteuil, Sèvres.
- Blaauw, A., Gum, C.S., et al : 1960, The new IAU system of galactic coordinates (1958 revision), *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **121**, 123.
- Bond, W.C. : 1851, On the new ring of Saturn, *Astron. J.* **2**, 5.
- Bretagnon, P. : 2002, Communication privée.
- Buratti, B., Veverka, J. : 1984, Voyager photometry of Rhea, Dione, Tethys, Enceladus and Mimas, *Icarus* **58**, 254.
- Bureau des longitudes : 1981, La physique, *Encyclopédie scientifique de l'univers IV*, Gauthier-Villars, Paris.
- Bureau des longitudes : 1986, Les étoiles, le système solaire, *Encyclopédie scientifique de l'univers II*, Gauthier-Villars, Paris.
- Bureau des longitudes : à partir de 1995, Éphémérides des satellites de Mars, Jupiter, Saturne et Uranus, *Supplément à la Connaissance des Temps*, Bureau des longitudes, Paris.
- Bureau des longitudes : à partir de 1996, Éphémérides des satellites faibles de Jupiter et de Saturne, *Supplément à la Connaissance des Temps*, Bureau des longitudes, Paris.
- Bursa, M. : 1992, Parameters of common relevance of astronomy, geodesy and geodynamics, *Bull. Géod.* **66**, 193.
- Campbell, J.K., Anderson, J.D. : 1989, Gravity field of the Saturnian system from Pioneer and Voyager tracking data, *Astron. J.* **97**, 1485.
- Campbell, J.K., Synnot, S.P. : 1985, Gravity field of the Jovian system from Pioneer and Voyager tracking data, *Astron. J.* **90**, 364.
- Chapront-Touzé, M. : 1988, ESAPHO : a semi-analytical theory for the orbital motion of Phobos, *Astron. Astrophys.* **200**, 255.
- Chapront-Touzé, M. : 1990, Orbits of the Martian satellites from ESAPHO and ESADE theories, *Astron. Astrophys.* **240**, 159.
- Christy, J.W., Harrington, R.S. : 1978, The satellite of Pluto, *Astron. J.* **83**, 1005.
- Cohen, E.R., Taylor, B.N. : 1986, The 1986 adjustment of the fundamental physical constants, *Codata Bulletin* **63**.

- Dickey, J.O. : 1989, Intercomparisons between kinematic and dynamical systems, in *Reference frames in astronomy and geophysics*, J. Kovalevsky, I.I. Mueller and B. Kolaczek eds., Kluwer, Dordrecht, 305.
- Dourneau, G. : 1993, Orbital elements of the eight major satellites of Saturn determined from a fit of their theories of motion to observations from 1886 to 1985, *Astron. Astrophys.* **267**, 292.
- Duriez L., Vienne A. : 1997, Theory of motion and ephemerides of Hyperion, *Astron. Astrophys.*, **324**, 366.
- Elliot, J.L., Dunham, E., Millis, R.L. : 1977, Discovering the rings of Uranus, *Sky and Telescope* **53**, 412.
- Emel'yanov, N.V. : 2005, Ephemerides of the outer Jovian satellites, *Astron. Astrophys.* **229**, 240.
- Emel'yanov, N.V., Kanter, A.A. : 2005, Orbits of new outer planetary satellites based on observations, *Sol. Sys. Research* **39**, 112.
- Esposito, L.W., Dilley, J.P., Fountain, J.W. : 1980, Photometry and polarimetry of Saturn's rings from Pioneer Saturn, *J. Geophys. Res.* **85**, 5948.
- Esposito, L.W., Cuzzi, J.N., et al. : 1984, Saturn's rings, in *Saturn*, T. Gehrels and M.S. Matthews eds., 473.
- Fairhead, L., Bretagnon, P. : 1990, An analytical formula for the time transformation TB-TT, *Astron. Astrophys.* **229**, 240.
- Feibelman, W.A. : 1967, Concerning the "D" ring of Saturn, *Nature* **214**, 793.
- Fienga, A., Simon, J.-L. : 2004, Les solutions planétaires de l'IMCCE, bilan et perspectives. *Notes scientifiques et techniques de l'Institut de mécanique céleste* S81.
- Fountain, J.W., Larson, S.M. : 1978, Saturn's ring and nearby faint satellites, *Icarus* **36**, 92.
- French, R.G., Elliot, J.L., et al. : 1988, Uranian ring orbits from Earth-based and Voyager, occultation observations, *Icarus* **73**, 349.
- Fukushima, T. : 1990, System of astronomical units and constants, *IAU-WGRS/SGAC Circ.* **13**.
- Fukushima, T. : 2000, Report on astronomical constants, Proc. IAU Coll. **180**, 417.
- Gehrels, T., Baker, L.R., et al. : 1980, Imaging photopolarimeter on Pioneer Saturn, *Science* **207**, 434.
- Harrington, R.S., Christy, J.W. : 1980, The satellite of Pluto, II, *Astron. J.* **85**, 442.
- Hazard, C., Sutton, J., Argue, A.N., et al., 1971, Accurate Radio and Optical Positions of 3C273B, *Nature* **233**, 89.
- Harrington, R.S., Christy, J.W. : 1981, The satellite of Pluto, III, *Astron. J.* **86**, 442.
- Hubbard, W., Brahic, A., et al. : 1986, Occultation detection of a Neptunian ring-like arc, *Nature* **319**, 636.
- IERS : 1992, IERS Standards (1992), *IERS Technical note* **13**, D.D. McCarthy ed., observatoire de Paris.
- IERS : 2003, IERS Conventions (2003), *IERS Technical note* **32**, D.D. McCarthy ed., U. S. naval observatory, G. Petit ed., BIPM.
- IERS : 2010, IERS Conventions (2010), *IERS Technical note* **36**, G. Petit ed., BIPM, B. Luzum ed., U. S. naval observatory.
- Jacobson, R.A. : 1990, The orbits of the satellites of Neptune, *Astron. Astrophys.* **231**, 241.

- Jacobson, R.A., Campbell, J.K., et al. : 1992, The masses of Uranus and its major satellites from Voyager tracking data and Earth-based Uranian satellite data, *Astron. J.* **103**, 2068.
- Jacobson, R.A., Riedel, J.E., Taylor, A.H. : 1991, The orbits of Triton and Nereid from spacecraft and Earth-based observations, *Astron. Astrophys.* **247**, 565.
- Jacobson, R.A. : 2001, The Gravity Field of the Jovian System and the Orbits of the Regular Jovian Satellites, *Bull. Amer. Astron. Soc.* **33**, 1039.
- Jacobson, R.A., Antreasian, P., Bordi, J.J., et al. : 2006, The Gravity Field of the Saturnian System from Satellite Observations and Spacecraft Tracking Data *Astron. J.* **132**, 2520.
- Jacobson, R.A., Spitale, J., Porco, C.C., et al. : 2008, Revised Orbits of Saturn's Small Inner Satellites, *Astron. J.* **135**, 261.
- Jacobson, R.A. : 2009, The Orbits of the Neptunian Satellites and the Orientation of the Pole of Neptune, *Astron. J.* **137**, 4322.
- Johnson, T., Becklin, E.E., et al. : 1979, Jupiter, *Circ. UAI* **3338**.
- Kerr, F.J., Lynden-Bell, D. : 1986, Review of galactic constants, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **221**, 1023.
- Konopliv, A.S., Yoder, C.F., Standish, E.M., et al. : 2006, A global solution for the Mars static and seasonal gravity, Mars orientation, Phobos and Deimos masses, and Mars ephemeris *Icarus* **128**, 23.
- Laskar, J., Jacobson, R.A. : 1987, GUST86. An analytical ephemeris of the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.* **188**, 212.
- Lainey, V., Dehant, V., Pätzold, M. : 2007, First numerical ephemerides of the Martian moons, *Astron. Astrophys.*, **465**, 1075.
- Lainey, V., Duriez, V., Vienne, A. : 2004, New accurate ephemerides for the Galilean satellites of Jupiter. I. Numerical integration of elaborated equations of motion, *Astron. Astrophys.*, **420**, 1171.
- Lieske, J.H. : 1980, Improved ephemerides of the Galilean satellites, *Astron. Astrophys.* **82**, 340.
- Lieske, J.H. : 1987, Galilean satellites evolution : observational evidence for secular changes in mean motions, *Astron. Astrophys.* **176**, 146.
- Melbourne, W., Anderle, R., et al. : 1983, Project MERIT standards, *U.S. Naval Observatory, Circ.* **167**.
- Moisson, X., Bretagnon, P. : 2001, Analytical planetary solution VSOP2000, *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, **80**, 205.
- Murray, C.A. : 1989, The transformation of coordinates between the systems of B1950.0 and J2000.0 and the principal galactic axes referred to J2000.0, *Astron. Astrophys.* **218**, 325.
- Nicholson, P.D., Cooke, M.L., et al. : 1990, Five stellar occultations by Neptune : further observations of ring arcs, *Icarus* **87**, 1.
- Nicholson, P.D., Matthews, K. : 1991, Near-infrared observations of the Jovian ring and small satellites, *Icarus* **93**, 331.
- Null, G.W., Owen, W.M., Synnott, S.P. : 1993, Masses and densities of Pluto and Charon, *Astron. J.* **105**, 2319.
- Oberti, P., Vienne, A. : 2003, An upgraded theory for Helene, Telesto, and Calypso, *Astron.*

- Astrophys.* **397**, 353.
- Owen, W.M., Synnott, S.P. : 1987, Orbits of the ten small satellites of Uranus, *Astron. J.* **93**, 1268.
- Owen, W.M., Vaughan, R.M., Synnott, S.P. : 1991, Orbits of the six new satellites of Neptune, *Astron. J.* **101**, 1511.
- Pascu, D., Panossian, S.P., et al. : 1992, B, V photometry of Thebe (JXIV), *Icarus* **98**, 38.
- Rocher, P. : 1996, Communication privée.
- Seidelmann, P.K., Fukushima, T. : 1992, Why new time scales?, *Astron. Astrophys.* **265**, 833.
- Seidelmann, P.K., Abalakin, V.K., et al. : Report of the IAU/IAG working group on cartographic coordinates and rotational elements of the planets and satellites : 2002, *Celest. Mech.* **82**, 83.
- Seidelmann, P.K., Archinal, B.A., et al. : Report of the IAU/IAG working group on cartographic coordinates and rotational elements of the planets and satellites : 2006, *Celest. Mech.* **98**, 155.
- Showalter, M.R., Cuzzi, J.N., et al. : 1986, Satellite “wakes” and the orbit of the Encke gap moonlet, *Icarus* **66**, 297.
- Showalter, M.R. : 1990, Saturn, *Circ. UAI* **5052**.
- Simon, J.-L. : 2004, Communication privée.
- Simon, J.-L., Bretagnon, P., et al. : 1994, Numerical expressions for precession formulae and mean elements for the Moon and the planets, *Astron. Astrophys.* **282**, 663.
- Smith, B.A., Soderblom, L., et al. : 1981, A new look at the Saturn system : the Voyager 2 images, *Science* **212**, 163.
- Standish, E.M. : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides DE405/LE405, JPL IOM **312.F**, 98.
- Stone, E.C., Miner, E.D. : 1982, Voyager 2 encounter with the Saturnian system, *Science* **215**, 499.
- Synnott, S.P. : 1984, Orbits of the small inner satellites of Jupiter, *Icarus* **58**, 178.
- Synnott, S.P., Peters, et al. : 1981, Orbits of the small satellites of Saturn, *Science* **212**, 191.
- Synnott, S.P., Terrile, R.J., et al. : 1983, Orbits of Saturn’s F ring and its shepherding satellites, *Icarus* **53**, 156.
- Tholen, D.J., Buie, M.W. : 1990, Further analysis of Pluto-Charon mutual event observations - 1990, *BAAS* **22**, 1129.
- Tholen, D.J., Buie, M.W. : 1997, The orbit of Charon.I. New Hubble Space telescope observations, *Icarus* **125**, 245.
- Tholen, D.J., Buie, M.W., et al. : 2008, Masses of Nix and Hydra, *Astron. J.* **135**, 777.
- Tholen, D.J., Zellner, B. : 1983, Eight-color photometry of Hyperion, Iapetus and Phoebe, *Icarus* **53**, 341.
- Thomas, P., Weitz, C., Veverka, J. : 1989, Small satellites of Uranus : disk integrated photometry and estimated radii, *Icarus* **81**, 92.
- Thuillot, W., Vu, D.T. : 1986, Excentricités et inclinaisons moyennes des orbites des satellites galiléens de Jupiter, *Notes scientifiques et techniques du Bureau des longitudes* **S009**.
- Tyler, G.L., Eshleman, V.R., et al. : 1982, Radio science with Voyager 2 at Saturn : atmosphere and ionosphere and the masses of Mimas, Tethys and Iapetus, *Science* **215**, 553.
- Tyler, G.L., Balmino, G., et al. : 2003, USA\_NASA\_JPL\_MORS\_1021,  
([http://pds-geosciences.wustl.edu/geodata/mgsmrss5sdpv1/mors\\_1021](http://pds-geosciences.wustl.edu/geodata/mgsmrss5sdpv1/mors_1021)).

- UAI : 1966, Proceedings of the XIIth general assembly, Hambourg 1964, *Trans. IAU XII B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 1977, Proceedings of the XVIth general assembly, Grenoble 1976, *Trans. IAU XVI B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 1982, Proceedings of the XVIIIth general assembly, Patras 1982, *Trans. IAU XVIII B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 1985, Proceedings of the XIXth general assembly, Delhi 1985, *Trans. IAU XIX B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 1992, Proceedings of the XXIst general assembly, Buenos Aires 1991, *Trans. IAU XXI B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 2000, Proceedings of the XXIVst general assembly, Manchester 2000, *Trans. IAU XXIV B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 2006, Resolutions of the twenty-sixth General Assembly, *IAU Information Bull.* **98**.
- Vienne, A., Duriez, L. : 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.*, **297**, 588.
- Will, C. M. : 2006, The Confrontation between General Relativity and Experiment, (<http://relativity.livingreviews.org/Articles/lrr-2006-3/>).
- Young, L.A., Olkin, C.B., et al. : 1994, The Charon-Pluto mass ratio from MKO astrometry, *Icarus* **108**, 186.
- Yuan, D-N., Sjongren, W.L. et al. 2001, Gravity Field of Mars : A 75<sup>th</sup> Degree and Order Model, *J. Geoph. Res.*, **106**, **E10**.

## CHAPITRE 2

# ÉCHELLES DE TEMPS

---

F. MIGNARD

### 2.1. INTRODUCTION. LE TEMPS ET LES ASTRONOMES

Depuis 1967, la définition de la seconde est entre les mains des physiciens, et non plus entre celles des astronomes comme ce fut le cas pendant de nombreux siècles. Cependant les éphémérides astronomiques publiées sous les auspices du Bureau des longitudes continuent de porter le même nom depuis leur fondation, *La Connaissance des Temps*. Cela suffit à rappeler que si les astronomes ne sont plus les gardiens de l'unité de temps, ils portent toujours un grand intérêt à la définition et aux réalisations de cette grandeur. À cela, il y a au moins deux raisons :

– Dans toutes les étapes de son développement la mécanique céleste a utilisé pour argument de ses théories le temps uniforme idéal introduit par Newton. Les développements les plus récents prennent pour base la théorie relativiste de la gravitation et le choix du système de coordonnées impose celui de la variable indépendante décrivant le déroulement du temps. On retrouve ce même argument sous forme quantitative dans la colonne d'entrée des éphémérides. Ces dernières étant destinées soit à comparer des observations à des calculs, soit à préparer des observations, il convient donc de définir le plus correctement possible cet argument et de déterminer les relations qu'il entretient avec les échelles de temps usuelles.

– La seconde SI et l'échelle de Temps atomique international n'ont été introduites qu'en 1972. Les premières horloges à césium datent des années cinquante. Pour les années antérieures on ne peut dater des événements dans ces nouvelles échelles et le recours aux temps astronomiques s'impose. Les observations les plus anciennes sont exprimées en temps solaire, d'où la nécessité de conserver la trace de cette échelle et de sa liaison avec le Temps des éphémérides qui est, selon toute vraisemblance, une bonne extrapolation du Temps atomique international dans le passé.

## 2.2. ÉVOLUTION DES ÉCHELLES DE TEMPS

La complexité de la notion de temps, l'amélioration rapide depuis cinquante ans de la précision avec laquelle on le mesure et les progrès technologiques dans la construction des horloges ont amené les astronomes et les physiciens à définir plusieurs échelles utilisées simultanément. Cette complication sera justifiée dans la suite. Pour le moment donnons un bref aperçu chronologique de l'évolution de la question (Table 2.1).

- La rotation diurne de la Terre autour de son axe a semblé suffisamment uniforme pour que l'on en dérive l'unique échelle de temps alors disponible, d'abord le temps solaire vrai ou moyen pendant plusieurs siècles, puis sa forme la plus élaborée appelé *Temps universel*, abrégé en TU ou UT (Universal Time). Une autre échelle associée à la rotation de la Terre, le *temps sidéral*, n'est pas étudiée ici ; on se reportera, à ce sujet, au paragraphe 3.6.6. L'adoption de nouveaux concepts liés à la rotation de la Terre a été recommandée par l'UAI (*cf.* paragraphe 3.6).
- La mise en évidence de diverses irrégularités dans la rotation de la Terre amena ensuite les astronomes à introduire, pour le calcul des éphémérides des corps du système solaire, une nouvelle échelle basée sur la révolution de la Terre autour du Soleil appelée *Temps des éphémérides*, abrégé en TE ou ET (Ephemeris Time).
- En 1955, les horloges à césium ont permis aux physiciens de construire une échelle appelée *Temps atomique international*, abrégé en TAI. Cette échelle, proche du TE, en diffère de 32.184 secondes, résultat d'un manque de coordination à l'époque entre astronomes et physiciens (la nouvelle échelle a été ajustée sur la valeur du TU en 1958 au lieu de l'être sur celle du TE). Nous retrouverons constamment dans la suite ce décalage intempestif qui n'a aucune justification scientifique et dont il faut bien s'accommoder.
- En 1976, l'augmentation de la précision des observations dans le système solaire, due en particulier à la précision des mesures de distances par radar, ainsi que l'amélioration des théories de mécanique céleste, grâce aux intégrations numériques rapides par ordinateur, ont conduit l'Union Astronomique Internationale (UAI) à définir des échelles de temps tenant compte d'effets relativistes. L'une d'elles est le *Temps dynamique barycentrique* (TDB), échelle de temps-coordonnée destinée à calculer les éphémérides des corps du système solaire dans un système d'axes ayant pour origine le barycentre du système solaire. L'autre est le *Temps dynamique terrestre* (TDT), très voisin du TE et destinée à l'établissement des éphémérides géocentriques apparentes des corps du système solaire. Le TDB et le TDT diffèrent par des termes périodiques et de Poisson de faible amplitude. Ces deux échelles ont été introduites dans le système UAI 1976, adopté à l'assemblée générale de l'UAI à Grenoble en 1976, et utilisées dans les éphémérides nationales à partir de 1984.
- Depuis son assemblée générale de Buenos-Aires en 1991, l'UAI a précisé à plusieurs reprises les définitions des échelles de temps dans un cadre relativiste :
  - À tout système de masses dans l'univers peut être associé un système de coordonnées spatio-temporelles centré au barycentre des masses considérées et ne présentant pas de rotation globale par rapport aux galaxies lointaines. La coordonnée temporelle de ce système est le temps-coordonnée correspondant (TC–), où le tiret figure à la place d'une lettre caractérisant le système

**Table 2.1.** Évolution des échelles de temps.

| Époque    | Phénomène physique                       | Définition de la seconde                              | Échelle de temps                   | Exactitude relative maximale |
|-----------|--|---|------------------------------------|------------------------------|
| < 1960    | Rotation de la Terre                     | 1/86 400 du jour solaire moyen                        | Temps universel (TU ou UT)         | $10^{-7}$                    |
| 1960-1967 | Mouvement orbital de la Terre            | 1/31 556 925.9747 de l'année tropique 1900.0          | Temps des éphémérides (TE ou ET)   | $10^{-8}$                    |
| > 1967    | Transition entre deux niveaux d'un atome | 9 192 631 770 périodes d'une transition du césium 133 | Temps atomique international (TAI) | $10^{-14}$                   |

considéré. Ainsi pour étudier le mouvement des satellites de Jupiter on pourrait utiliser le *Temps coordonnée jovicentrique* (TCJ), pour le mouvement des satellites de Saturne le *Temps coordonnée saturnocentrique* (TCS) etc.

Les principales nouvelles échelles de temps ont été désignées par l'UAI.

– Ce sont le *Temps coordonnée barycentrique* (TCB), lié au barycentre du système solaire et le *Temps coordonnée géocentrique* (TCG), lié au centre de masse de la Terre. Le TCB et le TCG diffèrent par des termes séculaires et par des termes périodiques dont la liste est donnée dans la suite (cf. 2.7.3). Cette différence dépend également de la position de l'observateur par rapport au géocentre.

– Le TDT est remplacé par le *Temps terrestre* (TT) qui lui est très proche. Il est donc de même très proche du TE. Le TT est utilisé pour l'établissement des éphémérides géocentriques apparentes des corps du système solaire. Si l'on compare le système UAI 1976 et le nouveau système, le TDB est remplacé par le TCB mais à la place du TDT on a deux échelles le TCG et le TT. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

- En 2006, lors de l'assemblée générale de Prague, l'UAI a précisé les relations entre le TCB et TDB afin que ce dernier reste lié au TCB par une relation linéaire tout en demeurant très proche du TT, c'est à dire sans marche systématique entre les deux échelles (cf. 2.7.2).

- Plusieurs échelles de temps sont simultanément en usage à l'heure actuelle :

- Le TU pour connaître la position d'un méridien lié à la Terre (celui de Greenwich par exemple) par rapport à la sphère céleste. Le TU subsiste aussi sous la forme UTC (cf. 2.5) comme temps en usage dans la vie civile et pour dater les observations.

- Le TE sert lors de l'utilisation d'observations de positions d'astres antérieures à l'établissement du TAI.

- Le TDB peut être encore utilisé quand on ne souhaite pas rompre la continuité avec des travaux antérieurs.



- Le TAI est la base des mesures précises de temps et des comparaisons d’horloges. Il sert en pratique à matérialiser le TT. En revanche le TDT disparaît.
- On voit apparaître le TCB et le TCG ainsi, éventuellement, que les temps-coordonnée liés à d’autres systèmes de masses.

### 2.3. LE TEMPS UNIVERSEL (TU OU UT, UNIVERSAL TIME)

À un instant donné, en un lieu donné l’angle horaire  $T_v$  du centre du Soleil est, par définition, le *temps solaire vrai* en ce lieu à cet instant.  $T_v$  peut se mettre sous la forme suivante en fonction du temps  $t$  d’une échelle de temps uniforme :

$$T_v = A + Bt - E + \tau,$$

où  $A$  et  $B$  sont des constantes.  $E$ , appelé *équation du temps*, est la somme de l’*équation du centre* de période un an due à l’excentricité de l’orbite terrestre, de la *réduction à l’équateur* de période six mois due à l’obliquité de l’écliptique sur l’équateur et des inégalités du temps sidéral (angle horaire du point vernal  $\gamma$ ) dues à la précession et à la nutation (*cf.* 5.2.1.4). L’amplitude de l’équation du temps peut atteindre 16 minutes. Le terme  $\tau$  représente des inégalités de la rotation de la Terre autour de son axe qu’il est difficile de modéliser.

On appelle *temps solaire moyen* la grandeur  $T_m$  définie par :

$$T_m = T_v + E = A + Bt + \tau.$$

Si, enfin, le lieu est sur le méridien de Greenwich (ou *méridien international*), on appelle *Temps universel* (TU ou UT) la quantité :

$$\text{TU} = T_m + 12 \text{ h} = A + Bt + \tau + 12 \text{ h}.$$

On trouvera une définition plus rigoureuse du Temps universel, à partir du temps sidéral, dans le chapitre 6 de l’ouvrage *Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997).

Le Temps universel est donc un temps uniforme dans la mesure où l’on néglige  $\tau$ . Or  $\tau$  contient quatre sortes de termes :

- des termes périodiques saisonniers d’amplitudes maximales de l’ordre de 30 millisecondes ;
- des fluctuations irrégulières de caractère aléatoire pouvant provoquer des écarts de l’ordre de la milliseconde ;
- un ralentissement séculaire de la rotation de la Terre responsable d’un accroissement de la durée du jour d’environ 0.002 s par siècle ;
- des fluctuations décennales dues aux interactions noyau-manteau et pouvant atteindre plusieurs millisecondes.

Ces inégalités ont fait abandonner le TU au profit d'échelles de temps plus uniformes. Cependant il est calculé en permanence par l'*International Earth rotation and Reference system Service* (IERS) qui le publie a posteriori sous le nom de UT1. Ce sigle signifie que le pôle qui intervient dans la définition des angles horaires est le pôle céleste vrai de la Terre, mobile à la surface de celle-ci du fait du mouvement du pôle.

UT1 sert à définir l'échelle UTC étudiée plus loin.

On appelle *temps civil* d'un lieu le temps moyen de ce lieu augmenté de douze heures de telle sorte que le temps civil soit égal à 0 h au milieu de la nuit. Ainsi le Temps universel est le temps civil de Greenwich.

Par ailleurs le *temps légal* est le temps utilisé sur tout le territoire d'un pays donné. Il est décidé par les autorités administratives qui choisissent, en général, d'adopter UTC décalé d'un nombre entier d'heures.

## 2.4. LE TEMPS ATOMIQUE INTERNATIONAL (TAI)

### 2.4.1. Étalons de fréquence. La seconde SI

Durant la seconde guerre mondiale le développement des radars a considérablement amélioré la technologie des circuits à micro-ondes et des cavités à haute fréquence. Ces cavités pouvaient être réglées de façon suffisamment précise pour correspondre aux fréquences de transition atomiques et moléculaires dans le domaine centimétrique. En 1948 le U.S. Bureau of Standards était en mesure d'utiliser une cavité ajustée sur une fréquence de transition de l'ammoniac.

Les mêmes principes furent appliqués à des atomes, en particulier au césium 133. En juin 1955 L. Essen et J. V. L. Parry du National Physical Laboratory en Grande Bretagne réalisèrent le premier étalon de fréquence au césium digne de ce nom et portèrent cette précision à quelques  $10^{-10}$ . De 1955 à 1958 fut menée une expérience commune entre le National Physical Laboratory et l'U.S. Naval Observatory de Washington afin de déterminer la relation entre la fréquence de transition du césium et la seconde du Temps des éphémérides (*cf.* 2.6) ; la valeur trouvée, de  $9\,192\,631\,770 \pm 20$  Hz (en secondes des éphémérides), avait une précision limitée par la qualité de la réalisation du Temps des éphémérides et non par la capacité de lecture de la fréquence.

La treizième conférence générale des poids et mesures adopta une nouvelle définition de la seconde qui devint l'unité du Système International en 1967 :

*La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.*

Des laboratoires spécialisés construisent des étalons de fréquence à césium afin de réaliser au mieux, c'est-à-dire avec la plus grande exactitude, la définition de la seconde. Ces étalons, qualifiés d'étalons primaires, ont une exactitude meilleure que  $1 \times 10^{-14}$ , atteignant même avec les horloges à fontaine à atomes froids (Allemagne, États-Unis, France) des valeurs de  $1 \times 10^{-15}$ . Ces nouvelles

horloges font maintenant partie du réseau mondial d'horloges et contribuent à l'exactitude du Temps atomique international.

#### 2.4.2. Réalisation du Temps atomique international

L'étalon de fréquence permet par accumulation des secondes SI de construire une échelle de temps continue, pour autant que l'horloge ou les horloges qui servent à construire cette échelle aient un fonctionnement continu. Une définition a été proposée en 1970 par le Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS), approuvée la même année par le Comité international des poids et mesures. Finalement la quatorzième conférence générale des poids et mesures, en octobre 1971, a défini la référence temporelle, le Temps atomique international (TAI) :

*Le Temps atomique international est la coordonnée de repérage temporel établie par le Bureau international de l'heure sur la base des indications d'horloges atomiques fonctionnant dans divers établissements conformément à la définition de la seconde, unité de temps du Système International d'unités.*

Le Bureau international de l'heure (BIH) a appliqué cette définition et construit une échelle de temps fondée sur l'accumulation des secondes SI. Le TAI est donc une échelle de temps intégrée, contrairement aux échelles dynamiques basées sur un découpage arbitraire d'une échelle d'écoulement.

Il y avait au moins deux choix possibles pour réaliser l'échelle TAI :

- soit privilégier une horloge particulière, une horloge étalon à césium, en fonctionnement permanent dont la lecture serait par définition la réalisation du TAI ;
- soit établir l'échelle TAI sur un réseau suffisamment large d'horloges disséminées dans plusieurs laboratoires fournissant leur propre lecture à un centre de coordination. Un algorithme permet alors de calculer le TAI à partir de ces données. À l'heure actuelle la fabrication du TAI est assurée par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) après le transfert en 1985 de la section temps du BIH de l'observatoire de Paris vers le BIPM.

La première solution, qui aurait eu le mérite de la simplicité (TAI attaché à une horloge, en un seul lieu), présentait un danger évident de discontinuité en cas de mauvais fonctionnement, voire de défaillance totale, de l'horloge étalon qui ne présente pas la même garantie d'inaltérabilité que les mouvements célestes. La seconde solution est quasiment exempte de ce risque et permet de plus de bénéficier d'une amélioration statistique en raison de la multiplicité des mesures. Le principe de l'algorithme est fondé sur une moyenne pondérée des différentes lectures des horloges participantes. À l'heure actuelle environ 200 horloges dans une cinquantaine de laboratoires contribuent au TAI. L'origine du TAI a été choisie arbitrairement en coïncidence avec UT1 le 1 janvier 1958 à 0h UT1.

### 2.4.3. Uniformité du TAI

Dire qu'une échelle est uniforme suppose l'existence d'une échelle de temps idéale, dont la réalisation satisfèrait l'idée que chacun se fait de l'uniformité. Cette notion même ne peut être rendue claire sans recours à des concepts plus simples. Un élément sur lequel il est aisé de s'entendre est le suivant : deux échelles de temps  $T_1$  et  $T_2$  ont la même uniformité si elles ne diffèrent que par une dérive linéaire en fonction du temps exprimé par l'une d'entre elles, soit mathématiquement  $T_1 = aT_2 + b$ . Les échelles liées par ce type de relation sont dites équivalentes. En restreignant la question de l'uniformité du TAI à cet aspect on peut fournir une réponse basée sur l'observation. Les comparaisons du TAI et du Temps des éphémérides effectuées depuis près de quarante ans indiquent que l'écart entre les deux échelles est demeuré constant

$$TE = TAI + 32,184 \text{ s} = TAI + 0,0003725 \text{ jour}$$

et donc que les deux échelles sont équivalentes, à l'incertitude des observations près.

Rien ne dit que la cohérence observée sur quarante ans entre le TAI et le TE persistera encore pendant des siècles. Admettons cependant qu'il en aille ainsi. Le Temps des éphémérides est une réalisation du temps newtonien, c'est-à-dire du paramètre  $t$  qui figure dans les équations de la mécanique newtonienne. En ce sens, il est proche de la réalisation d'une échelle idéale définie à partir de concepts théoriques et satisfait la notion d'uniformité qui y est attachée. L'expérience indique qu'il semble en aller de même pour le TAI puisqu'il ne présente pas de dérive par rapport au Temps des éphémérides. Il sera dès lors possible de prendre pour argument des éphémérides des corps du système solaire le TAI, ou une échelle voisine qui lui est rattachée et qui est corrigée des effets locaux prévus par la théorie de la relativité.

On ne doit pas être totalement surpris de l'accord observé entre le Temps des éphémérides et le Temps atomique. Le Temps des éphémérides est une réalisation du temps défini par le principe d'inertie, base de la loi fondamentale de la dynamique. De ce fait tout objet mobile dont le mouvement peut être calculé à l'avance dans le cadre de la mécanique newtonienne et dont la position est observable avec une grande précision pourrait théoriquement convenir pour réaliser le Temps des éphémérides. En pratique on se limite au Soleil et à la Lune. Le point important est de posséder une théorie paramétrable dans le cadre de la mécanique newtonienne.

Ce n'est pas le cas du comportement des atomes de césium, dont la théorie relève de la mécanique quantique. Les fréquences de transition font apparaître un temps qui n'est pas directement rattaché au temps de la mécanique. En principe il pourrait être différent, même si pour le moment l'expérience en a décidé autrement. En faveur de cette coïncidence on peut invoquer le principe de correspondance et les équations de Ehrenfest qui régissent l'évolution du centre du paquet d'ondes associé à une particule. Pour les grands nombres quantiques ces équations se confondent avec les équations classiques de Hamilton-Jacobi, donc avec la mécanique newtonienne. La discussion n'est cependant pas complète car en toute rigueur le mouvement du centre du paquet d'ondes quantiques n'obéit pas aux lois de la mécanique classique et le temps qui apparaît dans les équations pourrait au niveau microscopique ne pas être identique au temps de la dynamique.

Finalement la réalisation du Temps atomique à partir des étalons au césium repose sur l'hypothèse, non démentie par l'expérience, de l'invariabilité dans l'espace et dans le temps de

la fréquence associée à la transition entre deux niveaux déterminés d'un atome de césium 133 non perturbé.

## 2.5. LE TEMPS UNIVERSEL COORDONNÉ (UTC, UNIVERSAL TIME COORDINATED)

### 2.5.1. Définition et propriétés

L'échelle de Temps atomique constituée comme il est indiqué dans les sections précédentes présentait dès l'origine deux défauts pour les utilisateurs.

En premier lieu son origine arbitraire impliquait que la datation d'un événement bien identifié dans cette échelle ne coïncidait pas avec la datation donnée dans une autre échelle, temps solaire ou Temps des éphémérides. Ce n'est pas un défaut bien gênant et il était toujours possible d'y remédier par un choix adapté de l'origine.

En second lieu, l'échelle du Temps atomique étant totalement dissociée des mouvements célestes il s'ensuivait que la durée du jour solaire moyen ne comptait plus exactement 86 400 secondes de TAI. Même en ajustant au mieux la durée de la seconde dans la définition, cet accord à un instant particulier ne pouvait se maintenir en raison des irrégularités de la rotation de la Terre et de son ralentissement séculaire. C'est d'ailleurs ce phénomène, et surtout le fait qu'on ne puisse le prévoir avec suffisamment d'exactitude, qui a conduit à abandonner le mouvement de la Terre comme source du temps uniforme.

Cependant lors du passage du temps astronomique au Temps atomique on a cru bon de ne pas perdre totalement la correspondance entre le temps et l'orientation de la Terre dans l'espace. Pour cela on a créé une échelle de temps, dite du *Temps universel coordonné* (dénomination officielle : UTC, Universal Time Coordinate), hybride en ce sens qu'elle possède les qualités d'uniformité du Temps atomique par morceaux, mais qui grâce à des sauts de seconde appropriés permet de maintenir en phase la rotation de la Terre et les horloges des laboratoires. En somme le UTC est une approximation du Temps universel lue sur un garde-temps meilleur que la rotation de la Terre (Fig. 2.1). La rotation de la Terre étant représentée par UT1, on a depuis le 1 janvier 1972 :

$$\text{TAI} - \text{UTC} = n \text{ secondes (n est un entier),}$$

$$|\text{UT1} - \text{UTC}| \leq 0,9 \text{ seconde.}$$

Selon le degré d'urgence, le saut de seconde est placé en priorité à la fin de décembre ou de juin, l'annonce étant faite au moins six mois à l'avance. La relation exacte entre UT1 et UTC ne peut être connue qu'avec retard lorsque les mesures de la rotation de la Terre sont publiées. Ceci n'est plus lié à la métrologie du temps, mais bien à l'étude de l'orientation de la Terre dans l'espace,

dont la connaissance est tout à fait essentielle à la préparation et au traitement des observations. La table 2.2 donne la différence TAI – UTC selon l'IERS.

### 2.5.2. Le futur de l'UTC

L'avenir de UTC comme échelle largement diffusée et accessible pour les besoins civils est en discussion au sein des instances internationales incluant les communautés astronomique, géodésique et géophysique ainsi que les organismes de télécommunications et de navigation. Le reproche principal que l'on peut faire à cette échelle est son absence de continuité matérialisée par l'introduction d'une seconde intercalaire, imposant des mises à jour de tables dans des programmes informatiques. De plus certains systèmes automatiques ne sont pas en mesure d'intégrer ces sauts.

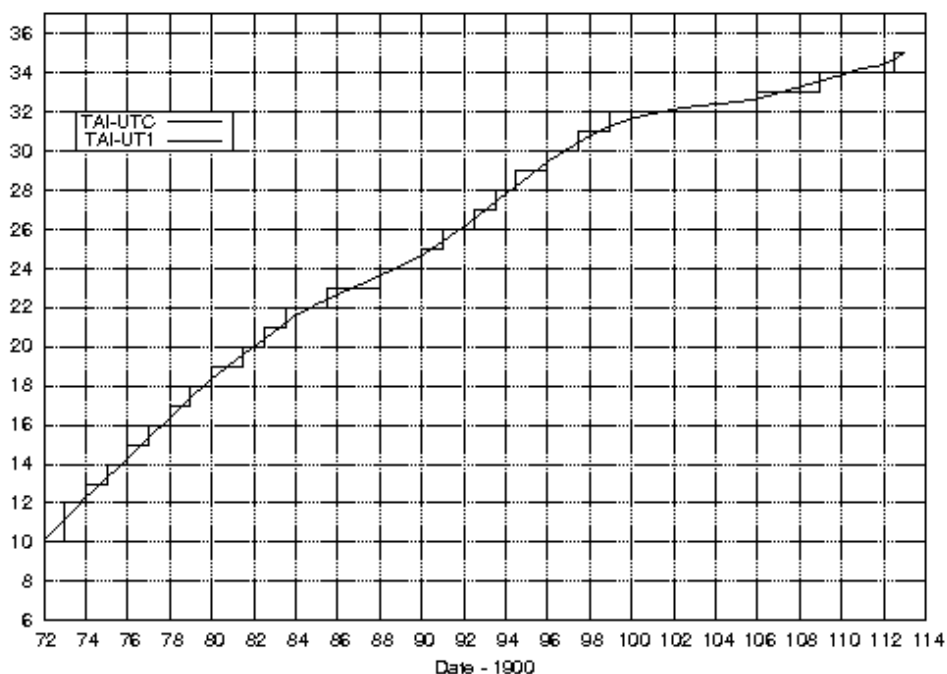
Cependant l'idée de remplacer l'UTC actuel par une échelle continue sans relation à long terme avec le temps solaire moyen ne fait pas l'unanimité, bien que le tendance soit vers une suppression des sauts de seconde avec un décalage de plusieurs années entre la décision et sa mise en œuvre. En France, le Bureau des Longitudes a émis au printemps 2007 une recommandation en faveur de la suppression de la seconde intercalaire, de la conservation de la terminologie UTC pour l'échelle continue et de sa réalisation par le BIPM.

De nombreuses consultations sont en cours et différentes solutions sont examinées au sein de groupes de travail, incluant :

- le statu-quo (avec une augmentation du nombre de sauts de seconde dans le futur en raison de l'allongement de la durée du jour),
- la suppression des sauts de seconde ce qui laisserait dériver l'échelle UTC par rapport à TAI,
- un élargissement de la tolérance conduisant à des sauts plus importants mais rares, combinés ou non à des sauts réguliers décidés à l'avance,
- le passage à une autre échelle qui pourrait être le TAI ou bien une échelle liée au GPS ou à Galileo,
- la possibilité la plus spectaculaire envisagée dans ces discussions (mais qui n'a aucune chance d'aboutir) étant de modifier la définition de la seconde pour maintenir l'accord approximatif de 86 400 secondes par jour solaire moyen.

**Table 2.2.** Différence TAI – UTC du 1 janvier 1972 au 1 janvier 2013 (selon l'IERS).

| Date début | Date fin  | TAI – UTC | Date début | Date fin  | TAI – UTC |
|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 1/01/1972  | 1/07/1972 | 10 s      | 1/07/1985  | 1/01/1988 | 23 s      |
| 1/07/1972  | 1/01/1973 | 11 s      | 1/01/1988  | 1/01/1990 | 24 s      |
| 1/01/1973  | 1/01/1974 | 12 s      | 1/01/1990  | 1/01/1991 | 25 s      |
| 1/01/1974  | 1/01/1975 | 13 s      | 1/01/1991  | 1/07/1992 | 26 s      |
| 1/01/1975  | 1/01/1976 | 14 s      | 1/07/1992  | 1/07/1993 | 27 s      |
| 1/01/1976  | 1/01/1977 | 15 s      | 1/07/1993  | 1/07/1994 | 28 s      |
| 1/01/1977  | 1/01/1978 | 16 s      | 1/07/1994  | 1/01/1996 | 29 s      |
| 1/01/1978  | 1/01/1979 | 17 s      | 1/01/1996  | 1/07/1997 | 30 s      |
| 1/01/1979  | 1/01/1980 | 18 s      | 1/07/1997  | 1/01/1999 | 31 s      |
| 1/01/1980  | 1/07/1981 | 19 s      | 1/01/1999  | 1/01/2006 | 32 s      |
| 1/07/1981  | 1/07/1982 | 20 s      | 1/01/2006  | 1/01/2009 | 33 s      |
| 1/07/1982  | 1/07/1983 | 21 s      | 1/01/2009  | 1/07/2012 | 34 s      |
| 1/07/1983  | 1/07/1985 | 22 s      | 1/07/2012  |           | 35 s      |

**Fig. 2.1.** Différence TAI – UTC et différence observée TAI – UT1, en secondes, de 1972 à 2013.

## 2.6. LE TEMPS DES ÉPHÉMÉRIDES (TE OU ET, EPHEMERIS TIME)

La loi de Newton et le principe d'inertie supposent l'existence d'un temps absolu, uniforme, préexistant à la matière. Un mouvement n'étant uniforme que vis-à-vis d'une échelle de temps particulière, il est clair que l'on ne peut définir le mouvement uniforme sans être en possession au préalable d'une échelle de temps définie sans relation avec le mouvement. Une solution consiste à reconnaître un mouvement uniforme a priori (absence de forces agissant sur le mobile, par exemple) et à mesurer le temps uniforme en découpant le mouvement par des longueurs égales, en mettant en œuvre l'hypothèse fondamentale pour la mesure du temps de la reproduction à l'identique des phénomènes soumis aux mêmes causes. C'est au travers de ce principe qu'ont été introduits les temps dynamiques : on admet la loi temporelle du mouvement calculée à partir d'un modèle de force et de la loi de la dynamique de Newton.

Le Temps des éphémérides est alors un temps dynamique particulier de la mécanique newtonienne. La théorie mise en œuvre est celle du mouvement orbital de la Terre autour du Soleil avec le modèle de force le plus complet et le plus exact possible. L'observation donne la position angulaire du Soleil dans un système de référence inertiel et permet ainsi la lecture du temps associé à un événement particulier : le Soleil en coïncidence avec une marque de longitude. L'équation de définition est l'expression numérique de la longitude géométrique moyenne du Soleil résultant des travaux de Newcomb. En 1952, l'Union Astronomique Internationale a adopté l'expression numérique, exacte par définition :

$$L_0 = 279^\circ 41' 48'',04 + 129\,602\,768'',13 T + 1'',089 T^2,$$

où  $T$  désigne l'échelle du Temps des éphémérides mesurée en siècles juliens de 36 525 jours des éphémérides depuis l'instant (proche de 1900.0) correspondant à l'événement :

$$T = 0 \text{ soit } L_0 = 279^\circ 41' 48'',04 = 279^\circ,696\,677\,77.$$

La date des éphémérides associée à  $T = 0$  est :

$$\text{TE} = 0,5 \text{ janvier } 1900 = 2\,415\,020,0 \text{ jour julien des éphémérides.}$$

Cette définition contient celle de la seconde en raison de la présence d'un moyen mouvement. La onzième conférence des poids et mesures décida en 1960 que :

*La seconde est la fraction  $1/31\,556\,925,9747$  de l'année tropique pour le 0 janvier 1900 à 12h du Temps des éphémérides.*

Cette définition, difficile à réaliser en pratique à une date éloignée de l'origine et fort délicate à comprendre hors du cercle des astronomes spécialisés, disparut en 1967 en temps qu'unité du Système International d'unités au profit de la définition fondée sur le césium 133.

Idéalement, pour réaliser le Temps des éphémérides il faut observer la longitude du Soleil, effectuer toutes les corrections permettant d'en déterminer la longitude géométrique moyenne, puis résoudre l'équation de définition pour l'inconnue  $T$ . Mathématiquement il y a de nombreuses solutions, mais un encadrement préalable au moyen d'un garde-temps permet d'aboutir à une



solution unique. Avec une précision typique de  $0'',5$  sur la détermination de la longitude du Soleil, on obtiendrait une incertitude de 12 s sur la lecture de l'horloge céleste. Heureusement on n'avait recours au Soleil (et à la Lune dont le mouvement est treize fois plus rapide) que pour des mesures d'intervalles longs.

Puisqu'on est amené à rejeter l'échelle TU, insuffisamment uniforme, le TE est la seule échelle de temps uniforme disponible pour l'analyse des observations des corps du système solaire faites avant l'introduction du TAI. Les définitions des nouvelles échelles assurent la continuité du TDT, puis du TT, avec le TE pour les époques antérieures à 1955, compte tenu de la précision des observations des planètes et des satellites. Elles assurent également la continuité du TE avec le TDB puisque, comme nous le verrons, TDB et TDT diffèrent de termes périodiques d'amplitudes inférieures à 1,7 millièmes de seconde. En revanche comme TCB et TCG ont des variations séculaires par rapport à TT, il y a une discontinuité entre TE et ces deux échelles que nous retrouverons dans les tables données plus loin.

## 2.7. LES ÉCHELLES DE TEMPS RELATIVISTES

### 2.7.1. Les échelles TCB et TCG

Depuis 1991, les systèmes de référence d'espace et de temps adoptés par l'UAI sont construits dans le cadre de la théorie de la relativité générale. La théorie est la forme standard obtenue en donnant aux paramètres post-newtoniens leur valeur nominale,  $\gamma = 1$  et  $\beta = 1$  pour les deux plus importants. Ce cadre général est présenté dans le paragraphe 3.2 consacrée aux systèmes de référence. Dans ce chapitre nous considérons uniquement les conséquences sur les échelles de temps avec l'introduction des deux échelles de temps-coordonnée TCB et TCG, qui seront ensuite reliées à des réalisations, dont le TAI. La théorie de la relativité et la précision atteinte aujourd'hui dans les observations amènent à distinguer les échelles de temps dynamiques selon qu'elles sont considérées comme échelles de temps-coordonnée ou comme échelles de temps propre. On présente ici les calculs qui établissent la relation la plus importante entre ces échelles.

Soit le système de coordonnées barycentriques (BCRS) dans lequel la métrique de l'espace-temps dans le système solaire, en utilisant la convention de sommation d'Einstein (voir 3.1.1), prend la forme :

$$ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta,$$

où l'on peut écrire les différentes composantes du tenseur métrique  $g_{\alpha\beta}$  en fonction des coordonnées barycentriques ( $t$  : TCB,  $\mathbf{x}$ ). En considérant les planètes comme des masses ponctuelles, les solutions des équations d'Einstein s'écrivent, à l'ordre  $1/c^4$  (UAI, 2001),

$$\begin{aligned} g_{00} &= - \left( 1 - \frac{2U}{c^2} + \frac{2U^2}{c^4} + \frac{\Delta(t, \mathbf{x})}{c^4} \right), \\ g_{0i} &= - \frac{4U^i}{c^3}, \\ g_{kl} &= \left( 1 + \frac{2U}{c^2} \right) \delta_{kl}, \end{aligned}$$

où  $\delta_{ki}$  est le symbole de Kronecker, égal à 0 si  $k \neq i$  et à 1 si  $k = i$ . Dans les expressions ci-dessus  $U$  est le potentiel newtonien produit au point  $M(\mathbf{x})$  par les planètes, de masses  $m_p$  et de vecteurs positions  $\mathbf{x}_p$  :

$$U = \sum_p \frac{G m_p}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_p|}.$$

$c$  est la vitesse de la lumière ( $c = 299\,792\,458 \text{ ms}^{-1}$ ). A l'approximation considérée pour obtenir la relation entre les échelles barycentriques et géocentriques, le potentiel vecteur  $U^i$  est donné par,

$$U^i = \sum_p \frac{G m_p v_p^i}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_p|}.$$

où  $\mathbf{v}_p$  est la vitesse-coordonnée barycentrique de la planète  $p$ . (Une vitesse-coordonnée est définie comme la dérivée des coordonnées spatiales du vecteur  $\mathbf{x}$  par rapport au temps-coordonnée,  $x^0$ .) Enfin

$$\Delta(t, \mathbf{x}) = \sum_p \frac{G m_p}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_p|} \left( -2v_p^2 + \sum_{q \neq p} \frac{G m_q}{|\mathbf{x}_q - \mathbf{x}_p|} + \frac{((\mathbf{x} - \mathbf{x}_p) \cdot \mathbf{v}_p)^2}{2 |\mathbf{x} - \mathbf{x}_p|^2} + \frac{(\mathbf{x} - \mathbf{x}_p) \cdot \mathbf{a}_p}{2} \right) \quad (2.1)$$

où  $\mathbf{a}_p$  est l'accélération-coordonnée barycentrique de la planète  $p$ . Des définitions similaires ont été introduites par les résolutions de l'UAI pour le système géocentrique (GCRS) avec les coordonnées (T : TCG,  $\mathbf{X}$ ), dont l'usage est limité à la zone proche de la Terre. Ces systèmes sont sur le plan théorique équivalents, et des relations bi-univoques permettent de passer d'un système à l'autre (voir les équations 3.2.9, 3.2.10 et les équations 3.2.13, 3.2.14). Sur le plan pratique, les calculs seront fortement compliqués par l'usage du système géocentrique pour étudier les mouvements dans le système solaire.

Rappelons que l'on ne doit pas attacher de signification particulière aux coordonnées  $x^\alpha$  ; il ne s'agit au départ que de quatre quantités permettant d'étiqueter un point de l'espace-temps et il y a une grande liberté dans leur choix. Cependant, au travers de l'interprétation des mesures et de la comparaison aux modèles paramétrés par ces coordonnées, on finit par leur donner une signification plus physique en terme de distance, instant d'arrivée d'un signal, etc. Par exemple la coordonnée  $x^0$ , divisée par la vitesse de la lumière  $c$ , est le temps  $t$  qui serait indiqué par une horloge au repos par rapport au barycentre du système solaire et infiniment éloignée des planètes. Ce temps, appelé temps-coordonnée, diffère de celui lu sur une horloge atomique dans un laboratoire, laquelle fournit le temps propre  $\tau$  de l'horloge sur sa ligne d'Univers. Le TAI d'un autre côté est construit pour être une coordonnée de repérage temporel mais ne coïncide pas avec le  $x^0/c$  de la métrique ci-dessus. Le raccordement entre les échelles TCB, TCG et le TAI est examiné dans la section suivante.

Considérons à ce stade le TCG comme étant voisin du temps propre d'une horloge idéale placée au géocentre et soustraite à l'influence gravitationnelle de la Terre. A partir de la métrique du BCRS limitée aux termes en  $1/c^2$ , on a :

$$ds^2 = - \left( 1 - \frac{2U}{c^2} \right) c^2 dt^2 + \left( 1 + \frac{2U}{c^2} \right) \left[ (dx^1)^2 + (dx^2)^2 + (dx^3)^2 \right]. \quad (2.2)$$

On obtient l'intervalle de temps propre  $d\tau$  entre deux événements de l'espace-temps séparés par  $dt$  et  $dx^i$  par :

$$d\tau^2 = -\frac{ds^2}{c^2} = \left(1 - \frac{2U}{c^2}\right) dt^2 - \left(1 + \frac{2U}{c^2}\right) \frac{v^2}{c^2} dt^2,$$

où

$$v^2 = \sum_{i=1}^3 (\dot{x}^i)^2.$$

$v$  est la vitesse-coordonnée de l'horloge attachée à ces deux événements. À l'ordre  $O(c^{-2})$  on obtient sans difficulté :

$$dt = \frac{d\tau}{\left[1 - \frac{U}{c^2} - \frac{v^2}{2c^2}\right]}$$

qui conduit par intégration à l'équation suivante :

$$t - \tau = \int_0^t \left[ \frac{U}{c^2} + \frac{v^2}{2c^2} \right] dt. \quad (2.3)$$

Plus généralement en prenant en compte les développements jusqu'en  $1/c^4$  (et en négligeant les termes provenant de  $\Delta(t, \mathbf{x})$ ),

$$t - \tau = \frac{1}{c^2} \int_0^t \left[ U + \frac{v^2}{2} \right] dt + \frac{1}{c^4} \int_0^t \left[ \frac{v^4}{8} + \frac{3v^2 U}{2} - \frac{U^2}{2} - 4v^i U^i \right] dt. \quad (2.4)$$

Pour intégrer cette équation il faut tout d'abord particulariser le mouvement de l'horloge par une trajectoire paramétrée au moyen des coordonnées  $t$  et  $x^i$ , puis exprimer le potentiel  $U(\mathbf{x})$  provenant des planètes et de la Lune en chaque point. Sans entrer dans le détail, on voit déjà que pour une horloge placée au géocentre, le terme principal sera une dérive séculaire entre les deux échelles puisque la valeur moyenne de la fonction à intégrer n'est pas nulle. En prenant pour la Terre une orbite circulaire de rayon  $a = 1$  UA on obtient pour l'action du Soleil,  $U/c^2 \sim GM_\odot/a c^2 \sim 9,872 \times 10^{-9}$  et  $v^2/2c^2 \sim 4,935 \times 10^{-9}$ , soit  $\langle d\tau/dt \rangle \sim 1 - 1,4807 \times 10^{-8}$ . La valeur exacte de cette constante dépend de l'éphéméride utilisée pour l'intégration, du temps d'intégration et de la procédure de calcul pour obtenir cette moyenne. Il reste donc une certaine ambiguïté dans sa définition et sa valeur. Selon la durée de l'intervalle un terme à longue période peut devenir un terme séculaire et donc contribuer à la valeur moyenne. Ceci est particulièrement évident dans le cas où l'on effectue des intégrations numériques des mouvements car ôter les termes séculaires ne peut se faire qu'en effectuant des moyennes sur des intervalles de temps dont la longueur est arbitrairement choisie. L'estimation la plus récente (Irwin et Fukushima, 1999) donne,

$$\left\langle \frac{dT_{CG}}{dT_{CB}} \right\rangle = 1 - L_C,$$

avec

$$L_C = 1,480\,826\,867\,41 \times 10^{-8} \pm 2 \times 10^{-17}.$$

L'intégration complète de l'équation aboutit à une éphéméride du TCG en fonction du TCB qui peut être représentée par des séries de polynômes de Tchebychev, ou bien par un développement analytique en série de Poisson, si les théories planétaires sous-jacentes sont analytiques. C'est le cas de la solution de la table 2.3 qui donne les principaux termes de la série calculée par Fairhead et Bretagnon (1990) à partir de la théorie VSOP87. Cette série a la forme :

$$P = \sum_{\alpha} \text{TDB}^{\alpha} \left[ \sum_i A_i^{\alpha} \sin(\nu_i^{\alpha} \text{TDB} + \psi_i^{\alpha}) \right] \quad (2.5)$$

où TDB est le Temps dynamique barycentrique exprimé en siècles juliens de 36 525 jours écoulés depuis l'époque J2000. Les coefficients  $A_i^{\alpha}$  sont exprimés en microsecondes ( $\mu\text{s}$ ) (en toute rigueur  $\mu\text{s}$  pour  $\alpha = 0$ ,  $\mu\text{s}/\text{siècle}$  pour  $\alpha = 1$ , etc.). La table 3.3 contient tous les termes dont l'amplitude est supérieure à 0.1 nanoseconde (ns) sur une durée d'un siècle. Elle assure une précision de 1 ns sur la transformation  $\text{TCB} \Leftrightarrow \text{TCG}$ . Elle contient 474 termes périodiques ( $\alpha=0$ ), 81 termes en  $t \sin t$  ( $\alpha=1$ ), 6 termes en  $t^2 \sin t$  ( $\alpha=2$ ) et un terme en  $t^3 \sin t$  ( $\alpha=3$ ). Notons que le deuxième terme de la série en  $t^2 \sin t$  a une fréquence nulle et est donc, en réalité, un terme en  $t^2$ .

### 2.7.2. Les échelles TT et TDB

L'échelle de *Temps terrestre* (TT) est l'échelle de temps utilisée pour les éphémérides géocentriques apparentes. Le TCG est une échelle de temps-coordonnée rattachée au géocentre, sans lien ni théorique ni pratique avec le TAI. Pour pallier ce défaut, on a souhaité définir une échelle idéale très proche du temps propre sur le géoïde et donc réalisable par des horloges locales. Son unité devait être la seconde SI sur le géoïde et l'échelle devait être en continuité avec le TE. À la date du 1 janvier 1977 à 0 h TAI, TT a pour valeur 1 janvier 1977, 0 h 0 min 32,184 s. L'échelle TT est une échelle de temps idéale dont la réalisation pratique est liée au TAI. On peut donc écrire :

$$\text{TT} = \text{TE} = \text{TAI} + 32,184 \text{ s.}$$

Entre 1976 et 1991, l'échelle TT avait été introduite sous le nom de *Temps dynamique terrestre* (TDT). Le mot *dynamique* n'était pas heureux, car cette échelle, tout en étant idéalement identique au Temps des éphémérides, n'est en aucun cas associée à la théorie du mouvement d'un corps du système solaire. Ce n'est donc pas un temps dynamique. Par ailleurs on avait tendance à confondre le TDT avec le temps propre au centre de masse de la Terre, alors qu'il est beaucoup plus proche d'un temps propre à la surface de la Terre. En revanche le temps-coordonnée TCG, peut être considéré comme étant le temps propre d'une horloge idéale placée au centre de masse de la Terre.

La différence entre les deux échelles est pour l'essentiel due au potentiel terrestre à sa surface (potentiel pris nul au centre de masse de la Terre). On peut écrire,

$$\frac{d\text{TT}}{d\text{TCG}} = 1 - L_G \approx 1 - \frac{W_0}{c^2}$$

où  $W_0$  est le potentiel gravitationnel de la Terre à sa surface. Avec  $L_G \sim W_0/c^2 \sim GM_{\oplus}/R_{\oplus}c^2 = 6,95 \times 10^{-10}$ . Pour exprimer la relation complète entre TT et TCG il faut prendre également

en compte le potentiel du géoïde tournant, ainsi que les potentiels de marées des autres corps du système solaire. La valeur du potentiel terrestre à sa surface est une quantité qui dépend des modèles de géoïde et est sujette à révision. Pour éviter des changements possibles provenant de nouvelles réalisations du géoïde, l'UAI a introduit en 2000 (UAI, 2001),

$$L_G = 6,969\,290\,134 \times 10^{-10}$$

comme nouvelle constante de définition. L'échelle TT ainsi définie n'a pas de dérive par rapport au TAI qui en est une réalisation pratique.

Comme on l'a vu dans le paragraphe 2.7.1, le TCB varie par rapport au TCG, et également par rapport au TT puisque les constantes  $L_C$  et  $L_G$  ne se compensent pas. On définit alors l'échelle TDB, proche du TCB, qui ne diffère du TT que par des termes périodiques, ces termes étant précisément ceux trouvés dans la relation TCB-TCG. C'est l'échelle de temps employée à l'heure actuelle pour les éphémérides du système solaire de l'IMCCE/Bureau des Longitudes (Moisson et Bretagnon, 2001; Fienga et Simon, 2004). Pour les éphémérides numériques du JPL, on se reportera à Standish (1998). Vis à vis du TCB cette échelle se comporte en moyenne comme TT. On a,

$$dTDB/dTCB = 1 - L_B$$

où  $L_B$  a, depuis la résolution B3 de l'UAI en 2006, le statut de constante de définition (UAI, 2006)

$$L_B = 1,550\,519\,768 \times 10^{-8}$$

et

$$TDB = TCB - L_B(JD_{TCB} - 2\,443\,144,5003725) \times 86\,400 + TDB_0$$

où  $TDB_0 = -6,55 \times 10^{-5}$ s est une nouvelle constante de définition introduite pour maintenir la continuité avec les formules en usage.

Avec cette définition on conserve,

$$TDB = TT + P$$

où  $P$  représente l'ensemble des termes périodiques obtenus à partir de l'intégrale (2.4) dépouillée de ses termes séculaires. On doit noter la relation théorique  $L_B = L_C + L_G - L_C \times L_G$  qui a servi pour déterminer la valeur de  $L_B$  à partir de  $L_G$  et de la valeur de référence de  $L_C$ .

### 2.7.3. Relations entre les échelles de temps

Les différentes échelles de temps étudiées ci-dessus sont finalement liées par des relations simples rassemblées dans cette section. Dans la suite  $P$  désigne toujours l'ensemble des termes de moyenne nulle de l'intégrale (2.4). Les deux échelles de temps-coordonnée sont TCB pour le temps barycentrique et TCG pour le système géocentrique.

$$TCB - TCG = L_C \times (JD - 2\,443\,144,5) \times 86\,400 + P + \mathbf{v}_E \cdot \mathbf{r}/c^2, \quad L_C = 1,480\,826\,867\,41 \times 10^{-8}$$

où  $\mathbf{v}_E$  est la vitesse barycentrique de la Terre et  $\mathbf{r}$  la position géocentrique de l'observateur.  $JD$  est la date julienne de l'époque considérée. On calcule facilement qu'à la surface de la Terre le terme correctif correspondant dans l'expression de  $TCB - TCG$  est de l'ordre de  $2 \times 10^{-6}$  secondes.

$$\begin{aligned} TCB - TDB &= L_B \times (JD - 2\,443\,144,5) \times 86\,400 - TDB_0 ; \\ TDB_0 &= -6,55 \times 10^{-5} \text{s} ; \quad L_B = 1,550\,519\,768 \times 10^{-8} \\ TCG - TT &= L_G \times (JD - 2\,443\,144,5) \times 86\,400 ; \quad L_G = 6,969\,290\,134 \times 10^{-10} \\ TT(\text{TAI}) &= \text{TAI} + 32,184 \text{s} \\ TDB &= TT + P \end{aligned}$$

## 2.8. BIBLIOGRAPHIE

- Brumberg, V.A. : 1991, *Essential relativistic celestial mechanics*, Adam Hilger, Bristol, Philadelphia and New-York.
- Danjon, A. : 1953, *Astronomie générale*, Sennac éd., Paris, réédité en 1980, Blanchard éd.
- Fairhead, L., Bretagnon, P. : 1990, An analytical formula for the time transformation TB-TT, *Astron. Astrophys.* **229**, 240.
- Fienga, A., Simon, J.-L. : 2004, Analytical and numerical studies of asteroid perturbations on solar system planet dynamics, *Astron. Astrophys.* **429**, 361.
- Guinot, B. : 1989, General principles of the measure of time : astronomical time, in *Reference frames in astronomy and geophysics*, J. Kovalevsky, I.I. Mueller and B. Kolaczek eds., Kluwer, Dordrecht.
- IAUWG : 1977, Joint report of the working group of IAU commission 4 on precession, planetary ephemerides, units and time scales, *Trans. IAU*, **XVI B**, Reidel, Dordrecht, 56.
- IAUWG : 1992, Recommendations from the working group on reference systems. Resolution A4, *Trans. IAU*, **XXI B**, Reidel, Dordrecht.
- Irwin, A., Fukushima, T. : 1999 A numerical time ephemeris for the Earth, *Astron. Astrophys.* **348**, 642.
- Moisson, X., Bretagnon, P. : 2001, Analytical planetary solution VSOP2000, *Celest. Mech.* **80**, 205.
- Seidelmann, P.K., Fukushima, T. : 1992, Why new time scales?, *Astron. Astrophys.* **265**, 833.
- Soffel, M.H. : 1989, Relativity in astrometry, *Celestial mechanics and geodesy*, Springer-Verlag.
- Standish, E. M. : 1998, Time scales in the JPL and CfA ephemerides, *Astron. Astrophys.* **336**, 381.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**, 28-40 (Errata : *ibid.* **89**, 4, 2001).
- UAI : 2006, Resolutions of the twenty-sixth General Assembly, *IAU Information Bull.* **98**.
- USNO : 1992, *Explanatory supplement to the Astronomical Almanac*, P.K. Seidelmann ed., University science books, Mill Valley, California.

**Table 2.3.** Différence  $P = \text{TDB} - \text{TT}$  sous la forme (2.5), d'après Fairhead et Bretagnon (1990). Dans (2.5), TDB est compté en siècles juliens à partir de J2000.

| $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $\nu_i^\alpha$<br>(rad/siècle) | $\psi_i^\alpha$<br>(rad) | Période<br>(années) | $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $\nu_i^\alpha$<br>(rad/siècle) | $\psi_i^\alpha$<br>(rad) | Période<br>(années) |
|-----|----------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|-----|----------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1   | 0        | 1656.674 564                      | 628.307 5850                   | 6.240 0542               | 1.00                | 49  | 0        | 0.040 184                         | -0.711 3547                    | 3.565 9756               | 883.27              |
| 2   | 0        | 22.417 471                        | 575.338 4885                   | 4.296 9774               | 1.09                | 50  | 0        | 0.036 955                         | 315.468 7085                   | 5.071 8014               | 1.99                |
| 3   | 0        | 13.839 792                        | 1 256.615 1700                 | 6.196 9044               | 0.50                | 51  | 0        | 0.036 564                         | 508.862 8840                   | 3.324 6790               | 1.23                |
| 4   | 0        | 4.770 086                         | 52.969 0965                    | 0.444 4016               | 11.86               | 52  | 0        | 0.036 507                         | 80.182 0931                    | 6.248 8660               | 7.84                |
| 5   | 0        | 4.676 740                         | 606.977 6755                   | 4.021 1951               | 1.04                | 53  | 0        | 0.034 867                         | 52.257 7418                    | 5.210 0641               | 12.02               |
| 6   | 0        | 2.256 707                         | 21.329 9095                    | 5.543 1133               | 29.46               | 54  | 0        | 0.033 529                         | 943.776 2935                   | 2.404 7142               | 0.67                |
| 7   | 0        | 1.694 205                         | -0.352 3118                    | 5.025 1327               | 1783.42             | 55  | 0        | 0.033 477                         | 606.266 3208                   | 4.144 9873               | 1.04                |
| 8   | 0        | 1.554 905                         | 7 771.377 1468                 | 5.198 4666               | 0.08                | 56  | 0        | 0.032 438                         | 607.689 0302                   | 0.749 3174               | 1.03                |
| 9   | 0        | 1.276 839                         | 786.041 9392                   | 5.988 8223               | 0.80                | 57  | 0        | 0.032 423                         | 882.739 0270                   | 5.541 4736               | 0.71                |
| 10  | 0        | 1.193 379                         | 522.369 3920                   | 3.649 8237               | 1.20                | 58  | 0        | 0.030 215                         | 708.489 6781                   | 3.389 6103               | 0.89                |
| 11  | 0        | 1.115 322                         | 393.020 9696                   | 1.422 7451               | 1.60                | 59  | 0        | 0.029 862                         | 1 213.955 3509                 | 1.770 1810               | 0.52                |
| 12  | 0        | 0.794 185                         | 1 150.676 9770                 | 2.322 3131               | 0.55                | 60  | 0        | 0.029 247                         | -7 143.069 5618                | 4.183 1792               | 0.09                |
| 13  | 0        | 0.600 309                         | 157.734 3542                   | 2.678 2719               | 3.98                | 61  | 0        | 0.028 244                         | -628.659 8968                  | 5.069 6635               | 1.00                |
| 14  | 0        | 0.496 817                         | 620.829 4251                   | 5.696 7018               | 1.01                | 62  | 0        | 0.027 567                         | 627.955 2732                   | 5.040 8460               | 1.00                |
| 15  | 0        | 0.486 306                         | 588.492 6847                   | 0.520 0072               | 1.07                | 63  | 0        | 0.025 196                         | 174.801 6413                   | 2.901 8833               | 3.59                |
| 16  | 0        | 0.468 597                         | 624.494 2814                   | 5.866 3988               | 1.01                | 64  | 0        | 0.024 816                         | -119.444 7010                  | 1.087 1369               | 5.26                |
| 17  | 0        | 0.447 061                         | 2.629 8320                     | 3.615 7965               | 238.92              | 65  | 0        | 0.022 567                         | 613.351 2653                   | 3.307 9848               | 1.02                |
| 18  | 0        | 0.435 206                         | -39.814 9003                   | 4.349 3383               | 15.78               | 66  | 0        | 0.022 509                         | 1 044.738 7840                 | 1.460 7262               | 0.60                |
| 19  | 0        | 0.432 392                         | 7.478 1599                     | 2.435 8983               | 84.02               | 67  | 0        | 0.021 691                         | 1 414.349 5242                 | 5.952 6580               | 0.44                |
| 20  | 0        | 0.375 510                         | 550.755 3239                   | 4.103 4768               | 1.14                | 68  | 0        | 0.020 937                         | 842.924 1266                   | 0.652 3034               | 0.75                |
| 21  | 0        | 0.243 085                         | -77.552 2611                   | 3.651 8379               | 8.10                | 69  | 0        | 0.020 322                         | 41.948 4644                    | 3.735 4306               | 14.98               |
| 22  | 0        | 0.230 685                         | 585.647 7659                   | 4.773 8526               | 1.07                | 70  | 0        | 0.017 806                         | 7.329 7126                     | 3.475 9751               | 85.72               |
| 23  | 0        | 0.203 747                         | 1 203.646 0735                 | 4.333 9878               | 0.52                | 71  | 0        | 0.017 673                         | 681.276 6815                   | 3.186 1298               | 0.92                |
| 24  | 0        | 0.173 435                         | 1 884.922 7550                 | 6.153 7435               | 0.33                | 72  | 0        | 0.016 155                         | 1 021.328 5546                 | 1.331 1032               | 0.62                |
| 25  | 0        | 0.159 080                         | 1 097.707 8805                 | 1.890 0752               | 0.57                | 73  | 0        | 0.015 974                         | -235.286 6154                  | 6.145 3094               | 2.67                |
| 26  | 0        | 0.143 935                         | -79.629 8007                   | 5.957 5178               | 7.89                | 74  | 0        | 0.015 949                         | -22.041 2642                   | 4.005 2983               | 28.51               |
| 27  | 0        | 0.137 927                         | 1 179.062 9089                 | 1.135 9347               | 0.53                | 75  | 0        | 0.015 078                         | 1 965.104 8481                 | 3.969 4808               | 0.32                |
| 28  | 0        | 0.119 979                         | 3.813 3036                     | 4.551 5858               | 164.77              | 76  | 0        | 0.014 751                         | 134.986 7410                   | 4.308 9333               | 4.65                |
| 29  | 0        | 0.118 971                         | 548.677 7843                   | 1.914 5472               | 1.15                | 77  | 0        | 0.014 318                         | 1 673.046 3690                 | 3.016 0581               | 0.38                |
| 30  | 0        | 0.116 120                         | 105.938 1930                   | 0.873 5041               | 5.93                | 78  | 0        | 0.014 223                         | 1 778.984 5620                 | 2.104 5513               | 0.35                |
| 31  | 0        | 0.101 868                         | -557.314 2802                  | 5.984 5034               | 1.13                | 79  | 0        | 0.013 671                         | -53.680 4512                   | 5.971 6726               | 11.70               |
| 32  | 0        | 0.098 358                         | 254.431 4420                   | 0.092 7939               | 2.47                | 80  | 0        | 0.012 462                         | 10.309 2774                    | 1.737 4388               | 60.95               |
| 33  | 0        | 0.080 164                         | 20.618 5548                    | 2.095 3777               | 30.47               | 81  | 0        | 0.012 420                         | 469.047 9836                   | 4.734 0904               | 1.34                |
| 34  | 0        | 0.079 645                         | 469.400 2955                   | 2.949 2336               | 1.34                | 82  | 0        | 0.011 942                         | 803.109 2263                   | 2.053 4147               | 0.78                |
| 35  | 0        | 0.075 019                         | 294.246 3423                   | 4.980 9318               | 2.14                | 83  | 0        | 0.011 847                         | 564.317 8564                   | 5.489 0054               | 1.11                |
| 36  | 0        | 0.064 397                         | 574.627 1338                   | 1.280 3087               | 1.09                | 84  | 0        | 0.011 707                         | -470.573 2308                  | 2.654 1256               | 1.34                |
| 37  | 0        | 0.063 814                         | 576.049 8432                   | 4.167 9017               | 1.09                | 85  | 0        | 0.011 622                         | 512.060 1146                   | 4.863 9319               | 1.23                |
| 38  | 0        | 0.062 617                         | 2.077 5395                     | 2.654 3948               | 302.43              | 86  | 0        | 0.010 962                         | 0.359 0429                     | 2.196 5677               | 1749.98             |
| 39  | 0        | 0.058 844                         | 42.659 8191                    | 4.839 6501               | 14.73               | 87  | 0        | 0.010 825                         | 55.356 9403                    | 0.842 7150               | 11.35               |
| 40  | 0        | 0.054 139                         | 1 726.015 4655                 | 3.411 0911               | 0.36                | 88  | 0        | 0.010 453                         | 586.359 1206                   | 1.913 7046               | 1.07                |
| 41  | 0        | 0.048 373                         | 15.542 0399                    | 2.251 5737               | 40.43               | 89  | 0        | 0.010 396                         | 95.171 8406                    | 5.717 7996               | 6.60                |
| 42  | 0        | 0.048 042                         | 214.616 5416                   | 1.495 8460               | 2.93                | 90  | 0        | 0.010 099                         | 28.385 9319                    | 1.942 1770               | 22.13               |
| 43  | 0        | 0.046 551                         | -0.098 0321                    | 0.921 5735               | 6409.31             | 91  | 0        | 0.009 963                         | 14.956 3197                    | 4.870 6906               | 42.01               |
| 44  | 0        | 0.042 732                         | 63.278 3739                    | 5.720 6222               | 9.93                | 92  | 0        | 0.009 858                         | 630.937 4170                   | 1.061 8164               | 1.00                |
| 45  | 0        | 0.042 560                         | 16 100.068 5737                | 1.270 8372               | 0.04                | 93  | 0        | 0.009 370                         | 14 985.440 0134                | 0.673 8790               | 0.04                |
| 46  | 0        | 0.042 411                         | 627.596 2303                   | 2.869 5670               | 1.00                | 94  | 0        | 0.008 666                         | -13.506 5080                   | 3.293 4065               | 46.52               |
| 47  | 0        | 0.040 759                         | 1 235.285 2605                 | 3.981 4970               | 0.51                | 95  | 0        | 0.008 610                         | 334.061 2427                   | 3.661 6989               | 1.88                |
| 48  | 0        | 0.040 480                         | 1 572.083 8785                 | 2.546 6101               | 0.40                | 96  | 0        | 0.008 323                         | 1 176.985 3693                 | 1.229 3920               | 0.53                |

Table 2.3. (suite).

| $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$      | $\nu_i^\alpha$  | $\psi_i^\alpha$ | Période  | $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$      | $\nu_i^\alpha$  | $\psi_i^\alpha$ | Période  |
|-----|----------|-------------------|-----------------|-----------------|----------|-----|----------|-------------------|-----------------|-----------------|----------|
|     |          | ( $\mu\text{s}$ ) | (rad/siècle)    | (rad)           | (années) |     |          | ( $\mu\text{s}$ ) | (rad/siècle)    | (rad)           | (années) |
| 97  | 0        | 0.008 107         | 1 336.797 2631  | 3.793 2353      | 0.47     | 145 | 0        | 0.002 954         | -628.300 8540   | 4.533 4712      | 1.00     |
| 98  | 0        | 0.007 959         | 31.639 1870     | 2.465 0426      | 19.86    | 146 | 0        | 0.002 954         | 628.314 3160    | 4.447 2038      | 1.00     |
| 99  | 0        | 0.007 857         | 1 216.800 2697  | 0.525 7335      | 0.52     | 147 | 0        | 0.002 881         | 73.587 6514     | 0.349 2503      | 8.54     |
| 100 | 0        | 0.007 505         | 523.080 7467    | 4.920 9370      | 1.20     | 148 | 0        | 0.002 872         | 2.844 9187      | 1.158 6930      | 220.86   |
| 101 | 0        | 0.007 490         | -625.677 7530   | 3.658 4447      | 1.00     | 149 | 0        | 0.002 863         | 1 729.818 2327  | 5.240 9638      | 0.36     |
| 102 | 0        | 0.007 332         | 3.664 8563      | 0.114 8587      | 171.44   | 150 | 0        | 0.002 775         | 991.769 6875    | 1.030 0263      | 0.63     |
| 103 | 0        | 0.007 147         | -24.272 8604    | 3.661 4870      | 25.89    | 151 | 0        | 0.002 740         | 1 831.953 6585  | 4.320 5195      | 0.34     |
| 104 | 0        | 0.007 117         | 3.802 7673      | 5.294 2495      | 165.23   | 152 | 0        | 0.002 646         | 1 097.355 5686  | 3.918 2592      | 0.57     |
| 105 | 0        | 0.007 019         | 620.680 9779    | 0.837 6888      | 1.01     | 153 | 0        | 0.002 575         | 2 513.230 3400  | 6.109 6590      | 0.25     |
| 106 | 0        | 0.006 919         | 668.122 4853    | 6.018 5015      | 0.94     | 154 | 0        | 0.002 493         | 638.616 8624    | 0.645 0265      | 0.98     |
| 107 | 0        | 0.006 858         | 521.658 0373    | 0.642 0633      | 1.20     | 155 | 0        | 0.002 464         | 20.225 3395     | 4.698 2031      | 31.07    |
| 108 | 0        | 0.006 826         | 763.294 3260    | 3.458 6541      | 0.82     | 156 | 0        | 0.002 409         | 0.254 2797      | 5.325 0093      | 2470.97  |
| 109 | 0        | 0.006 731         | 565.029 2111    | 5.639 9066      | 1.11     | 157 | 0        | 0.002 401         | 1 620.077 2725  | 2.605 5471      | 0.39     |
| 110 | 0        | 0.006 603         | 2 358.125 8177  | 5.393 1369      | 0.27     | 158 | 0        | 0.002 397         | 624.345 8342    | 3.809 2900      | 1.01     |
| 111 | 0        | 0.006 366         | 416.431 1990    | 2.262 0818      | 1.51     | 159 | 0        | 0.002 381         | 6.373 5898      | 0.759 1882      | 98.58    |
| 112 | 0        | 0.006 304         | 1 192.625 4414  | 2.512 9292      | 0.53     | 160 | 0        | 0.002 366         | 0.393 2153      | 6.215 8854      | 1597.90  |
| 113 | 0        | 0.006 056         | 95.559 9742     | 4.194 5351      | 6.58     | 161 | 0        | 0.002 353         | 63.989 7286     | 3.734 5481      | 9.82     |
| 114 | 0        | 0.005 680         | 2 301.353 9540  | 4.557 8148      | 0.27     | 162 | 0        | 0.002 353         | 624.642 7287    | 4.781 7198      | 1.01     |
| 115 | 0        | 0.005 582         | 596.668 3980    | 2.246 1743      | 1.05     | 163 | 0        | 0.002 303         | 1 807.370 4939  | 1.089 1004      | 0.35     |
| 116 | 0        | 0.005 488         | -0.345 5808     | 0.090 6754      | 1818.15  | 164 | 0        | 0.002 303         | 8 399.684 7318  | 2.013 6864      | 0.07     |
| 117 | 0        | 0.005 308         | -159.259 6014   | 2.500 3824      | 3.95     | 165 | 0        | 0.002 296         | 649.637 4945    | 5.061 8107      | 0.97     |
| 118 | 0        | 0.005 123         | -0.148 4473     | 2.999 6410      | 4232.60  | 166 | 0        | 0.002 229         | 49.155 7929     | 1.571 0071      | 12.78    |
| 119 | 0        | 0.005 119         | 643.849 6249    | 1.486 5392      | 0.98     | 167 | 0        | 0.002 199         | -24.583 1646    | 5.956 1523      | 25.56    |
| 120 | 0        | 0.005 096         | 1 137.170 4690  | 2.547 1078      | 0.55     | 168 | 0        | 0.002 186         | 45.490 9367     | 1.402 1015      | 13.81    |
| 121 | 0        | 0.004 892         | 543.699 3015    | 1.475 4156      | 1.16     | 169 | 0        | 0.002 183         | 116.247 4704    | 6.179 6117      | 5.41     |
| 122 | 0        | 0.004 841         | 533.390 0241    | 0.437 0781      | 1.18     | 170 | 0        | 0.002 169         | 1 101.510 6477  | 4.845 2977      | 0.57     |
| 123 | 0        | 0.004 648         | 158.907 2895    | 1.275 8471      | 3.95     | 171 | 0        | 0.002 103         | -707.937 3857   | 5.756 6416      | 0.89     |
| 124 | 0        | 0.004 553         | 1 149.965 6223  | 5.554 9983      | 0.55     | 172 | 0        | 0.002 085         | 3.516 4090      | 1.405 1585      | 178.68   |
| 125 | 0        | 0.004 521         | 429.233 0833    | 6.140 6358      | 1.46     | 173 | 0        | 0.002 024         | 1 471.231 7116  | 2.752 0359      | 0.43     |
| 126 | 0        | 0.004 349         | 1 151.388 3317  | 2.181 7454      | 0.55     | 174 | 0        | 0.001 897         | 2 248.384 8574  | 4.167 9325      | 0.28     |
| 127 | 0        | 0.004 193         | 723.479 4256    | 4.869 0914      | 0.87     | 175 | 0        | 0.001 896         | -312.838 8765   | 4.914 2316      | 2.01     |
| 128 | 0        | 0.004 164         | 1 249.137 0101  | 5.650 9319      | 0.50     | 176 | 0        | 0.001 894         | 105.226 8383    | 5.817 1674      | 5.97     |
| 129 | 0        | 0.004 148         | -11.020 6321    | 3.016 1734      | 57.01    | 177 | 0        | 0.001 847         | 1 087.398 6030  | 2.903 4779      | 0.58     |
| 130 | 0        | 0.004 080         | -705.859 8461   | 3.690 3601      | 0.89     | 178 | 0        | 0.001 825         | -373.876 1430   | 0.545 8288      | 1.68     |
| 131 | 0        | 0.004 044         | 473.203 0627    | 1.398 7848      | 1.33     | 179 | 0        | 0.001 810         | -8 886.005 7071 | 0.487 3548      | 0.07     |
| 132 | 0        | 0.003 919         | 1 252.801 8664  | 5.823 3197      | 0.50     | 180 | 0        | 0.001 745         | 24 428.760 0007 | 3.626 3952      | 0.03     |
| 133 | 0        | 0.003 742         | 723.867 5592    | 4.691 9762      | 0.87     | 181 | 0        | 0.001 737         | 629.018 9397    | 5.280 8201      | 1.00     |
| 134 | 0        | 0.003 625         | 620.977 8724    | 1.473 7606      | 1.01     | 182 | 0        | 0.001 729         | 389.418 1830    | 1.264 9766      | 1.61     |
| 135 | 0        | 0.003 500         | 26.308 3923     | 1.892 1007      | 23.88    | 183 | 0        | 0.001 649         | 3 144.167 7570  | 1.952 0493      | 0.20     |
| 136 | 0        | 0.003 354         | -9 095.555 1695 | 1.942 6562      | 0.07     | 184 | 0        | 0.001 602         | 1 431.416 8113  | 4.203 6648      | 0.44     |
| 137 | 0        | 0.003 279         | 584.936 4112    | 4.893 3844      | 1.07     | 185 | 0        | 0.001 472         | 459.091 0180    | 4.164 9133      | 1.37     |
| 138 | 0        | 0.003 270         | 7.626 6071      | 1.517 1899      | 82.39    | 186 | 0        | 0.001 421         | 2.035 5319      | 2.419 8866      | 308.68   |
| 139 | 0        | 0.003 202         | 2 751.146 7874  | 0.531 6731      | 0.23     | 187 | 0        | 0.001 416         | 922.553 9273    | 4.996 4084      | 0.68     |
| 140 | 0        | 0.003 129         | 683.664 5253    | 0.003 8441      | 0.92     | 188 | 0        | 0.001 408         | 1 098.419 2352  | 2.732 0848      | 0.57     |
| 141 | 0        | 0.003 074         | 94.917 5609     | 5.185 8787      | 6.62     | 189 | 0        | 0.001 391         | -863.594 2004   | 0.593 8915      | 0.73     |
| 142 | 0        | 0.003 053         | 23 314.131 4403 | 3.029 0293      | 0.03     | 190 | 0        | 0.001 388         | -0.704 6237     | 1.166 1459      | 891.71   |
| 143 | 0        | 0.003 024         | 8 328.691 4270  | 2.355 5561      | 0.08     | 191 | 0        | 0.001 376         | 1 096.996 5258  | 5.152 9143      | 0.57     |
| 144 | 0        | 0.003 002         | 617.286 9529    | 2.797 8228      | 1.02     | 192 | 0        | 0.001 335         | -26.660 7042    | 3.995 7640      | 23.57    |



Table 2.3. (suite).

| $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $\nu_i^\alpha$<br>(rad/siècle) | $\psi_i^\alpha$<br>(rad) | Période<br>(années) | $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $\nu_i^\alpha$<br>(rad/siècle) | $\psi_i^\alpha$<br>(rad) | Période<br>(années) |
|-----|----------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|-----|----------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 193 | 0        | 0.001321                          | 1820.9330264                   | 2.6248664                | 0.35                | 241 | 0        | 0.000674                          | 1494.5316174                   | 6.2705105                | 0.42                |
| 194 | 0        | 0.001297                          | 2122.8392024                   | 0.3826035                | 0.30                | 242 | 0        | 0.000673                          | 106.6495477                    | 3.8765124                | 5.89                |
| 195 | 0        | 0.001297                          | 2354.3230505                   | 3.0638052                | 0.27                | 243 | 0        | 0.000662                          | 2515.8601720                   | 1.7940584                | 0.25                |
| 196 | 0        | 0.001288                          | -199.0745017                   | 3.9130229                | 3.16                | 244 | 0        | 0.000660                          | 62.5670192                     | 5.8640919                | 10.04               |
| 197 | 0        | 0.001284                          | 1057.5406683                   | 5.3065382                | 0.59                | 245 | 0        | 0.000647                          | 1185.6218652                   | 3.3971331                | 0.53                |
| 198 | 0        | 0.001278                          | 7.1812653                      | 4.7134865                | 87.49               | 246 | 0        | 0.000646                          | 1140.3676996                   | 3.8529595                | 0.55                |
| 199 | 0        | 0.001238                          | 480.4209276                    | 5.5033797                | 1.31                | 247 | 0        | 0.000641                          | 8346.7156353                   | 3.2107273                | 0.08                |
| 200 | 0        | 0.001176                          | 27.7034994                     | 3.3355190                | 22.68               | 248 | 0        | 0.000631                          | 576.7611979                    | 4.0265323                | 1.09                |
| 201 | 0        | 0.001169                          | 604.0347246                    | 5.8417190                | 1.04                | 249 | 0        | 0.000630                          | 3.6027867                      | 0.1563685                | 174.40              |
| 202 | 0        | 0.001155                          | -1.4227094                     | 3.0427008                | 441.64              | 250 | 0        | 0.000618                          | 2200.3914635                   | 2.4664270                | 0.29                |
| 203 | 0        | 0.001145                          | 605.8731054                    | 1.1694839                | 1.04                | 251 | 0        | 0.000611                          | -14357.1324284                 | 2.4249797                | 0.04                |
| 204 | 0        | 0.001077                          | 17.5166060                     | 1.8449131                | 35.87               | 252 | 0        | 0.000609                          | 1017.7257680                   | 0.4371223                | 0.62                |
| 205 | 0        | 0.001070                          | -15471.7609887                 | 1.8276245                | 0.04                | 253 | 0        | 0.000607                          | -3.9617508                     | 2.8390216                | 158.60              |
| 206 | 0        | 0.001039                          | 554.0085789                    | 2.7697535                | 1.13                | 254 | 0        | 0.000603                          | -6514.7619768                  | 4.1400836                | 0.10                |
| 207 | 0        | 0.001004                          | -17.0672871                    | 0.7550081                | 36.81               | 255 | 0        | 0.000601                          | 41.2371097                     | 3.9842254                | 15.24               |
| 208 | 0        | 0.000991                          | 470.1116502                    | 4.3870018                | 1.34                | 256 | 0        | 0.000576                          | 1108.7285126                   | 4.7602931                | 0.57                |
| 209 | 0        | 0.000987                          | -626.2300454                   | 2.6564870                | 1.00                | 257 | 0        | 0.000575                          | 1204.3574282                   | 4.2164924                | 0.52                |
| 210 | 0        | 0.000979                          | 554.7199336                    | 5.4483760                | 1.13                | 258 | 0        | 0.000574                          | 7214.0628666                   | 1.7581909                | 0.09                |
| 211 | 0        | 0.000954                          | 628.2095529                    | 0.8682135                | 1.00                | 259 | 0        | 0.000567                          | 363.4621025                    | 1.6492647                | 1.73                |
| 212 | 0        | 0.000954                          | -628.4056171                   | 0.9884809                | 1.00                | 260 | 0        | 0.000559                          | 1119.0377900                   | 5.7832364                | 0.56                |
| 213 | 0        | 0.000940                          | 603.7244204                    | 6.1974281                | 1.04                | 261 | 0        | 0.000553                          | 1241.6588503                   | 4.7721580                | 0.51                |
| 214 | 0        | 0.000908                          | 13.1541962                     | 2.5212575                | 47.77               | 262 | 0        | 0.000550                          | 490.7302050                    | 0.8640243                | 1.28                |
| 215 | 0        | 0.000907                          | 3537.1887266                   | 3.3701960                | 0.18                | 263 | 0        | 0.000531                          | 648.9261398                    | 1.6818888                | 0.97                |
| 216 | 0        | 0.000890                          | 1391.6019110                   | 5.6014983                | 0.45                | 264 | 0        | 0.000520                          | 3930.2096962                   | 4.7880029                | 0.16                |
| 217 | 0        | 0.000885                          | 1171.2955318                   | 3.2804149                | 0.54                | 265 | 0        | 0.000520                          | 1034.4295065                   | 2.4455978                | 0.61                |
| 218 | 0        | 0.000884                          | -155.1045223                   | 1.0888317                | 4.05                | 266 | 0        | 0.000515                          | 1863.5928455                   | 3.9453459                | 0.34                |
| 219 | 0        | 0.000876                          | 501.7508371                    | 3.9699026                | 1.25                | 267 | 0        | 0.000509                          | 84.6082835                     | 3.0538746                | 7.43                |
| 220 | 0        | 0.000852                          | 19.9072001                     | 2.1896050                | 31.56               | 268 | 0        | 0.000495                          | 734.2457780                    | 3.8172858                | 0.86                |
| 221 | 0        | 0.000845                          | -43.3711738                    | 4.7492452                | 14.49               | 269 | 0        | 0.000494                          | 962.3688277                    | 3.0226451                | 0.65                |
| 222 | 0        | 0.000819                          | 866.2240324                    | 5.9912478                | 0.73                | 270 | 0        | 0.000493                          | 1842.2629359                   | 1.6769393                | 0.34                |
| 223 | 0        | 0.000814                          | 1765.4780540                   | 4.6271226                | 0.36                | 271 | 0        | 0.000491                          | 22.4344796                     | 0.8783728                | 28.01               |
| 224 | 0        | 0.000806                          | 1511.0466120                   | 5.1428767                | 0.42                | 272 | 0        | 0.000486                          | -32.3505417                    | 4.0616739                | 19.42               |
| 225 | 0        | 0.000806                          | 30.9278323                     | 6.0540644                | 20.32               | 273 | 0        | 0.000485                          | 670.2560494                    | 0.2105809                | 0.94                |
| 226 | 0        | 0.000798                          | 14.8078724                     | 5.9092251                | 42.43               | 274 | 0        | 0.000484                          | 1726.7268202                   | 3.2905891                | 0.36                |
| 227 | 0        | 0.000798                          | 51.5463871                     | 5.1519625                | 12.19               | 275 | 0        | 0.000481                          | 574.9452732                    | 4.3095920                | 1.09                |
| 228 | 0        | 0.000773                          | -413.6910434                   | 0.0220678                | 1.52                | 276 | 0        | 0.000480                          | 595.9570433                    | 5.0313510                | 1.05                |
| 229 | 0        | 0.000764                          | -612.7655451                   | 2.2363463                | 1.03                | 277 | 0        | 0.000480                          | 575.7317038                    | 1.1423486                | 1.09                |
| 230 | 0        | 0.000738                          | 613.4997126                    | 2.2426689                | 1.02                | 278 | 0        | 0.000478                          | 126.5567479                    | 5.4873146                | 4.96                |
| 231 | 0        | 0.000737                          | 532.6786694                    | 4.9238316                | 1.18                | 279 | 0        | 0.000472                          | -1256.9674818                  | 5.1121333                | 0.50                |
| 232 | 0        | 0.000732                          | 237.9164474                    | 2.5018134                | 2.64                | 280 | 0        | 0.000472                          | -1.8159247                     | 1.9997076                | 346.00              |
| 233 | 0        | 0.000726                          | 542.9879468                    | 6.0396069                | 1.16                | 281 | 0        | 0.000470                          | 1202.9347188                   | 1.4056112                | 0.52                |
| 234 | 0        | 0.000723                          | 1725.6631536                   | 6.0687196                | 0.36                | 282 | 0        | 0.000466                          | 1256.2628582                   | 4.9595816                | 0.50                |
| 235 | 0        | 0.000710                          | 2876.6924424                   | 5.6726177                | 0.22                | 283 | 0        | 0.000465                          | 1725.3041108                   | 0.3534963                | 0.36                |
| 236 | 0        | 0.000706                          | 1255.9038153                   | 2.8248489                | 0.50                | 284 | 0        | 0.000463                          | 573.9157791                    | 1.4112230                | 1.09                |
| 237 | 0        | 0.000704                          | 1352.1751442                   | 2.3009913                | 0.46                | 285 | 0        | 0.000461                          | 617.9983076                    | 0.5136693                | 1.02                |
| 238 | 0        | 0.000694                          | 349.6032826                    | 2.6683091                | 1.80                | 286 | 0        | 0.000458                          | 1213.2439962                   | 1.8801038                | 0.52                |
| 239 | 0        | 0.000689                          | 468.6889408                    | 6.2242711                | 1.34                | 287 | 0        | 0.000449                          | 1160.9862544                   | 4.1799896                | 0.54                |
| 240 | 0        | 0.000678                          | -548.1254919                   | 6.2496667                | 1.15                | 288 | 0        | 0.000432                          | 1685.8482533                   | 1.1792564                | 0.37                |

Table 2.3. (suite).

| $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$<br>( $\mu$ s) | $\nu_i^\alpha$<br>(rad/siècle) | $\psi_i^\alpha$<br>(rad) | Période<br>(années) | $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$<br>( $\mu$ s) | $\nu_i^\alpha$<br>(rad/siècle) | $\psi_i^\alpha$<br>(rad) | Période<br>(années) |
|-----|----------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|-----|----------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 289 | 0        | 0.000 432                  | 2 042.657 1092                 | 6.003 8292               | 0.31                | 337 | 0        | 0.000 268                  | -22 685.823 8553               | 0.069 4338               | 0.03                |
| 290 | 0        | 0.000 430                  | 1 351.787 0106                 | 0.685 8275               | 0.46                | 338 | 0        | 0.000 268                  | 614.801 0770                   | 5.152 6663               | 1.02                |
| 291 | 0        | 0.000 426                  | 605.554 9661                   | 4.274 4765               | 1.04                | 339 | 0        | 0.000 267                  | 1 044.027 4293                 | 4.730 1085               | 0.60                |
| 292 | 0        | 0.000 416                  | -747.752 2860                  | 1.082 3563               | 0.84                | 340 | 0        | 0.000 265                  | 16 728.376 1587                | 4.369 3024               | 0.04                |
| 293 | 0        | 0.000 399                  | 1.497 7854                     | 2.094 4419               | 419.50              | 341 | 0        | 0.000 264                  | 6 656.748 5864                 | 4.601 1012               | 0.09                |
| 294 | 0        | 0.000 389                  | 1.725 2277                     | 1.395 7532               | 364.19              | 342 | 0        | 0.000 264                  | 1 887.552 5870                 | 1.417 2634               | 0.33                |
| 295 | 0        | 0.000 387                  | 1 045.450 1387                 | 2.541 1826               | 0.60                | 343 | 0        | 0.000 262                  | 83.896 9288                    | 1.327 7203               | 7.49                |
| 296 | 0        | 0.000 384                  | 1 193.336 7961                 | 5.827 7815               | 0.53                | 344 | 0        | 0.000 260                  | 81.355 0284                    | 2.389 4389               | 7.72                |
| 297 | 0        | 0.000 383                  | 2 195.415 7609                 | 3.747 3764               | 0.29                | 345 | 0        | 0.000 256                  | -364.635 0377                  | 0.506 3648               | 1.72                |
| 298 | 0        | 0.000 374                  | 1 799.603 1168                 | 3.388 7165               | 0.35                | 346 | 0        | 0.000 250                  | 1 649.636 1396                 | 0.898 7698               | 0.38                |
| 299 | 0        | 0.000 368                  | -575.690 8003                  | 0.731 3743               | 1.09                | 347 | 0        | 0.000 240                  | 1 248.988 5629                 | 5.684 5490               | 0.50                |
| 300 | 0        | 0.000 363                  | -64.087 7607                   | 5.071 8210               | 9.80                | 348 | 0        | 0.000 236                  | 211.876 3860                   | 1.733 5788               | 2.97                |
| 301 | 0        | 0.000 362                  | 2 908.881 1416                 | 3.215 9770               | 0.22                | 349 | 0        | 0.000 234                  | 586.752 3359                   | 5.575 2091               | 1.07                |
| 302 | 0        | 0.000 362                  | -453.505 9437                  | 1.583 8496               | 1.39                | 350 | 0        | 0.000 234                  | 511.348 7599                   | 1.716 0907               | 1.23                |
| 303 | 0        | 0.000 352                  | 574.986 1767                   | 3.000 2980               | 1.09                | 351 | 0        | 0.000 228                  | 3 301.902 1112                 | 4.656 9855               | 0.19                |
| 304 | 0        | 0.000 342                  | 613.202 8180                   | 4.322 2386               | 1.02                | 352 | 0        | 0.000 227                  | 628.700 8003                   | 2.911 8916               | 1.00                |
| 305 | 0        | 0.000 341                  | 1 214.666 7056                 | 4.700 6580               | 0.52                | 353 | 0        | 0.000 225                  | 1 646.033 3530                 | 2.596 4518               | 0.38                |
| 306 | 0        | 0.000 338                  | 606.584 4601                   | 0.877 7761               | 1.04                | 354 | 0        | 0.000 223                  | 1 980.094 5956                 | 3.069 3274               | 0.32                |
| 307 | 0        | 0.000 336                  | -238.889 4020                  | 5.353 7960               | 2.63                | 355 | 0        | 0.000 222                  | 590.570 2242                   | 3.731 9903               | 1.06                |
| 308 | 0        | 0.000 332                  | 2 019.909 4960                 | 1.652 9014               | 0.31                | 356 | 0        | 0.000 222                  | 1 182.316 1639                 | 1.942 3866               | 0.53                |
| 309 | 0        | 0.000 331                  | 1 805.292 9543                 | 0.566 7906               | 0.35                | 357 | 0        | 0.000 220                  | -13.562 5325                   | 1.765 4303               | 46.33               |
| 310 | 0        | 0.000 331                  | 607.370 8908                   | 4.007 8812               | 1.03                | 358 | 0        | 0.000 216                  | 630.385 1245                   | 3.862 9423               | 1.00                |
| 311 | 0        | 0.000 330                  | 1 055.759 4161                 | 3.710 0437               | 0.60                | 359 | 0        | 0.000 211                  | 575.656 6279                   | 3.789 3928               | 1.09                |
| 312 | 0        | 0.000 329                  | 626.884 8756                   | 3.033 8277               | 1.00                | 360 | 0        | 0.000 209                  | -1 098.880 8158                | 2.636 1401               | 0.57                |
| 313 | 0        | 0.000 325                  | 1 567.108 1759                 | 2.178 8505               | 0.40                | 361 | 0        | 0.000 209                  | 575.020 3491                   | 1.661 9435               | 1.09                |
| 314 | 0        | 0.000 325                  | 2 059.724 3963                 | 0.180 0444               | 0.31                | 362 | 0        | 0.000 208                  | -22.752 6189                   | 4.127 8838               | 27.62               |
| 315 | 0        | 0.000 323                  | 1 259.245 0020                 | 1.072 2628               | 0.50                | 363 | 0        | 0.000 206                  | 7.032 8180                     | 5.934 0761               | 89.34               |
| 316 | 0        | 0.000 318                  | 70.993 3048                    | 5.941 2071               | 8.85                | 364 | 0        | 0.000 205                  | -627.948 5421                  | 1.829 3627               | 1.00                |
| 317 | 0        | 0.000 318                  | 13.851 7497                    | 2.253 2530               | 45.36               | 365 | 0        | 0.000 205                  | 628.666 6279                   | 1.742 8823               | 1.00                |
| 318 | 0        | 0.000 311                  | 691.585 9589                   | 1.693 5742               | 0.91                | 366 | 0        | 0.000 204                  | 22.747 6133                    | 5.636 1927               | 27.62               |
| 319 | 0        | 0.000 305                  | 938.800 5909                   | 0.578 3402               | 0.67                | 367 | 0        | 0.000 203                  | 158.195 9348                   | 5.549 8536               | 3.97                |
| 320 | 0        | 0.000 304                  | -182.317 5189                  | 3.409 0352               | 3.45                | 368 | 0        | 0.000 200                  | 564.219 8243                   | 1.016 1158               | 1.11                |
| 321 | 0        | 0.000 301                  | 10.994 5689                    | 0.510 9221               | 57.15               | 369 | 0        | 0.000 200                  | 680.565 3268                   | 0.868 2210               | 0.92                |
| 322 | 0        | 0.000 301                  | 4 323.230 6658                 | 6.205 3112               | 0.15                | 370 | 0        | 0.000 198                  | 2 593.412 4331                 | 3.832 7031               | 0.24                |
| 323 | 0        | 0.000 301                  | 608.082 2455                   | 2.135 3962               | 1.03                | 371 | 0        | 0.000 197                  | -7.084 9445                    | 4.690 7025               | 88.68               |
| 324 | 0        | 0.000 299                  | 31 642.822 8673                | 5.384 5937               | 0.02                | 372 | 0        | 0.000 197                  | 53.362 3118                    | 1.048 9829               | 11.77               |
| 325 | 0        | 0.000 297                  | 2 407.292 1470                 | 1.997 2494               | 0.26                | 373 | 0        | 0.000 195                  | 406.121 9215                   | 3.308 4634               | 1.55                |
| 326 | 0        | 0.000 294                  | -37.737 3608                   | 3.708 7842               | 16.65               | 374 | 0        | 0.000 191                  | 1 066.068 6935                 | 5.405 5160               | 0.59                |
| 327 | 0        | 0.000 292                  | 74.299 0061                    | 2.714 3336               | 8.46                | 375 | 0        | 0.000 191                  | 41.555 2491                    | 4.401 1656               | 15.12               |
| 328 | 0        | 0.000 292                  | 1 234.573 9058                 | 4.096 0941               | 0.51                | 376 | 0        | 0.000 191                  | 614.455 8353                   | 5.020 3934               | 1.02                |
| 329 | 0        | 0.000 290                  | 977.910 8676                   | 1.812 3204               | 0.64                | 377 | 0        | 0.000 190                  | 2 929.661 5390                 | 4.175 6585               | 0.21                |
| 330 | 0        | 0.000 290                  | 309.788 3823                   | 4.075 2916               | 2.03                | 378 | 0        | 0.000 189                  | 523.792 1014                   | 5.245 3130               | 1.20                |
| 331 | 0        | 0.000 285                  | -53.321 4083                   | 4.687 3132               | 11.78               | 379 | 0        | 0.000 189                  | 15.377 8810                    | 4.812 3726               | 40.86               |
| 332 | 0        | 0.000 284                  | 563.606 5017                   | 5.655 3858               | 1.11                | 380 | 0        | 0.000 188                  | 1 311.972 1103                 | 2.032 1958               | 0.48                |
| 333 | 0        | 0.000 280                  | 1 235.996 6152                 | 0.710 8725               | 0.51                | 381 | 0        | 0.000 188                  | 147.886 6574                   | 5.686 8658               | 4.25                |
| 334 | 0        | 0.000 280                  | 2 823.723 3459                 | 5.304 8291               | 0.22                | 382 | 0        | 0.000 187                  | 4 716.251 6355                 | 1.354 3719               | 0.13                |
| 335 | 0        | 0.000 276                  | 2.429 8514                     | 0.770 2994               | 258.58              | 383 | 0        | 0.000 187                  | 1 191.914 0867                 | 2.629 4566               | 0.53                |
| 336 | 0        | 0.000 271                  | 1 309.584 2665                 | 3.208 9122               | 0.48                | 384 | 0        | 0.000 185                  | -20.936 6942                   | 4.694 7566               | 30.01               |

Table 2.3. (suite).

| $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$ | $\nu_i^\alpha$  | $\psi_i^\alpha$ | Période  | $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$ | $\nu_i^\alpha$  | $\psi_i^\alpha$ | Période  |
|-----|----------|--------------|-----------------|-----------------|----------|-----|----------|--------------|-----------------|-----------------|----------|
|     |          | ( $\mu$ s)   | (rad/siècle)    | (rad)           | (années) |     |          | ( $\mu$ s)   | (rad/siècle)    | (rad)           | (années) |
| 385 | 0        | 0.000 184    | -493.320 8440   | 3.327 4769      | 1.27     | 430 | 0        | 0.000 131    | 621.126 3197    | 0.085 0770      | 1.01     |
| 386 | 0        | 0.000 181    | 1 077.089 3256  | 1.999 4821      | 0.58     | 431 | 0        | 0.000 130    | -588.844 9965   | 4.527 6811      | 1.07     |
| 387 | 0        | 0.000 180    | 608.400 3849    | 0.602 1822      | 1.03     | 432 | 0        | 0.000 130    | 1 129.347 0674  | 0.939 0394      | 0.56     |
| 388 | 0        | 0.000 180    | -34.892 4420    | 2.490 9021      | 18.01    | 433 | 0        | 0.000 129    | 169.216 5670    | 0.351 4073      | 3.71     |
| 389 | 0        | 0.000 175    | 512.771 4693    | 4.728 4433      | 1.23     | 434 | 0        | 0.000 129    | -8.582 7299     | 2.540 6351      | 73.21    |
| 390 | 0        | 0.000 171    | 654.615 9773    | 1.182 8080      | 0.96     | 435 | 0        | 0.000 128    | 938.095 9673    | 3.223 8443      | 0.67     |
| 391 | 0        | 0.000 169    | 2 099.539 2966  | 2.169 0806      | 0.30     | 436 | 0        | 0.000 128    | -652.580 4454   | 3.803 4200      | 0.96     |
| 392 | 0        | 0.000 168    | 1 672.335 0143  | 0.027 8606      | 0.38     | 437 | 0        | 0.000 126    | 565.740 5658    | 5.146 5923      | 1.11     |
| 393 | 0        | 0.000 167    | 14.659 4252     | 0.759 9691      | 42.86    | 438 | 0        | 0.000 126    | 588.140 3728    | 5.577 5025      | 1.07     |
| 394 | 0        | 0.000 166    | 2 314.155 8383  | 3.454 1327      | 0.27     | 439 | 0        | 0.000 126    | 1 130.058 4221  | 3.485 2807      | 0.56     |
| 395 | 0        | 0.000 165    | -766.863 7425   | 4.298 2121      | 0.82     | 440 | 0        | 0.000 123    | 1 940.279 6953  | 4.538 0744      | 0.32     |
| 396 | 0        | 0.000 163    | 1 778.273 2073  | 4.960 5931      | 0.35     | 441 | 0        | 0.000 123    | 210.703 4508    | 1.728 6273      | 2.98     |
| 397 | 0        | 0.000 162    | 968.359 4581    | 5.720 0924      | 0.65     | 442 | 0        | 0.000 123    | 606.659 5361    | 4.517 0995      | 1.04     |
| 398 | 0        | 0.000 162    | 625.462 6663    | 1.435 1321      | 1.00     | 443 | 0        | 0.000 121    | 3 694.923 0808  | 6.072 3321      | 0.17     |
| 399 | 0        | 0.000 161    | 12.747 1797     | 2.862 5747      | 49.29    | 444 | 0        | 0.000 121    | 13.703 3024     | 4.539 1082      | 45.85    |
| 400 | 0        | 0.000 159    | 1 673.757 7237  | 3.600 6915      | 0.38     | 445 | 0        | 0.000 121    | -54.391 8059    | 6.109 4295      | 11.55    |
| 401 | 0        | 0.000 158    | 16 309.618 0361 | 2.957 1285      | 0.04     | 446 | 0        | 0.000 120    | 5.259 6640      | 0.948 5163      | 119.46   |
| 402 | 0        | 0.000 157    | 619.724 8551    | 1.284 3759      | 1.01     | 447 | 0        | 0.000 119    | 1 002.790 3196  | 3.217 4312      | 0.63     |
| 403 | 0        | 0.000 154    | 9.597 9227      | 3.366 8906      | 65.46    | 448 | 0        | 0.000 119    | 632.120 8886    | 2.547 4963      | 0.99     |
| 404 | 0        | 0.000 152    | -572.950 6447   | 0.734 1175      | 1.10     | 449 | 0        | 0.000 119    | 2 280.573 5566  | 2.869 0406      | 0.28     |
| 405 | 0        | 0.000 151    | 427.451 8311    | 4.404 3591      | 1.47     | 450 | 0        | 0.000 118    | 2 274.340 9380  | 4.881 1231      | 0.28     |
| 406 | 0        | 0.000 151    | 1 662.737 0915  | 3.985 7021      | 0.38     | 451 | 0        | 0.000 117    | 607.295 8148    | 0.366 3246      | 1.03     |
| 407 | 0        | 0.000 149    | 1 172.006 8865  | 0.659 7219      | 0.54     | 452 | 0        | 0.000 117    | -624.504 8177   | 5.379 5190      | 1.01     |
| 408 | 0        | 0.000 148    | -641.814 0930   | 3.384 1050      | 0.98     | 453 | 0        | 0.000 115    | -52.575 8812    | 5.895 2222      | 11.95    |
| 409 | 0        | 0.000 148    | 15.104 7670     | 3.799 1096      | 41.60    | 454 | 0        | 0.000 115    | 6.522 0371      | 3.504 9148      | 96.34    |
| 410 | 0        | 0.000 146    | -417.604 1342   | 4.660 0085      | 1.50     | 455 | 0        | 0.000 114    | 72.876 2967     | 0.520 7918      | 8.62     |
| 411 | 0        | 0.000 146    | 1 108.017 1579  | 3.369 6954      | 0.57     | 456 | 0        | 0.000 113    | 5 109.272 6051  | 2.791 4831      | 0.12     |
| 412 | 0        | 0.000 146    | -7.775 0544     | 3.121 5766      | 80.81    | 457 | 0        | 0.000 113    | -787.567 1864   | 2.725 7711      | 0.80     |
| 413 | 0        | 0.000 146    | 579.274 1761    | 0.708 4266      | 1.08     | 458 | 0        | 0.000 113    | 733.072 8427    | 0.656 3721      | 0.86     |
| 414 | 0        | 0.000 146    | 448.781 7406    | 4.815 2970      | 1.40     | 459 | 0        | 0.000 113    | -627.755 2926   | 2.788 9041      | 1.00     |
| 415 | 0        | 0.000 144    | -66.475 6045    | 5.381 3669      | 9.45     | 460 | 0        | 0.000 112    | 1 609.767 9950  | 3.589 0263      | 0.39     |
| 416 | 0        | 0.000 143    | 670.967 4041    | 4.317 6256      | 0.94     | 461 | 0        | 0.000 109    | 417.142 5537    | 4.033 3381      | 1.51     |
| 417 | 0        | 0.000 142    | 8 378.354 8222  | 2.936 3147      | 0.07     | 462 | 0        | 0.000 109    | 136.866 0253    | 0.014 7305      | 4.59     |
| 418 | 0        | 0.000 141    | 621.933 9952    | 0.679 0687      | 1.01     | 463 | 0        | 0.000 108    | -1 253.985 3380 | 3.716 1338      | 0.50     |
| 419 | 0        | 0.000 140    | 1 845.107 8547  | 0.642 0491      | 0.34     | 464 | 0        | 0.000 107    | 1 606.218 4526  | 4.066 5200      | 0.39     |
| 420 | 0        | 0.000 139    | 2 353.970 7386  | 2.028 1954      | 0.27     | 465 | 0        | 0.000 107    | 534.101 3788    | 0.288 2319      | 1.18     |
| 421 | 0        | 0.000 138    | 21.011 7702     | 2.564 2161      | 29.90    | 466 | 0        | 0.000 106    | 562.184 2923    | 1.815 3233      | 1.12     |
| 422 | 0        | 0.000 138    | 601.646 8808    | 6.096 1890      | 1.04     | 467 | 0        | 0.000 104    | -56.882 1874    | 2.205 7345      | 11.05    |
| 423 | 0        | 0.000 138    | 628.159 1377    | 2.797 4503      | 1.00     | 468 | 0        | 0.000 104    | 981.460 4100    | 1.959 9672      | 0.64     |
| 424 | 0        | 0.000 138    | 197.549 2546    | 2.314 6085      | 3.18     | 469 | 0        | 0.000 103    | 632.110 3523    | 2.440 4211      | 0.99     |
| 425 | 0        | 0.000 135    | 620.532 5306    | 1.638 0540      | 1.01     | 470 | 0        | 0.000 103    | 90.981 8733     | 2.812 7454      | 6.91     |
| 426 | 0        | 0.000 134    | 1 234.180 6904  | 2.598 5768      | 0.51     | 471 | 0        | 0.000 101    | 624.791 1760    | 3.441 3470      | 1.01     |
| 427 | 0        | 0.000 133    | 6 447.199 1241  | 6.056 4041      | 0.10     | 472 | 0        | 0.000 101    | 179.064 2638    | 1.965 7460      | 3.51     |
| 428 | 0        | 0.000 133    | -533.135 7444   | 5.409 7019      | 1.18     | 473 | 0        | 0.000 101    | 269.973 4819    | 5.481 6032      | 2.33     |
| 429 | 0        | 0.000 131    | 1 361.380 4277  | 4.005 7329      | 0.46     | 474 | 0        | 0.000 101    | 11.143 0161     | 5.711 0337      | 56.39    |

Table 2.3. (fin).

| $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $\nu_i^\alpha$<br>(rad/siècle) | $\psi_i^\alpha$<br>(rad) | Période<br>(années) | $i$ | $\alpha$ | $A_i^\alpha$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $\nu_i^\alpha$<br>(rad/siècle) | $\psi_i^\alpha$<br>(rad) | Période<br>(années) |
|-----|----------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|-----|----------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1   | 1        | 10.215 672                        | 628.307 5850                   | 4.249 0320               | 1.00                | 46  | 1        | 0.000 305                         | 564.317 8564                   | 1.362 6344               | 1.11                |
| 2   | 1        | 0.170 681                         | 1 256.615 1700                 | 4.205 9042               | 0.50                | 47  | 1        | 0.000 303                         | 41.948 4644                    | 5.286 4738               | 14.98               |
| 3   | 1        | 0.026 967                         | 21.329 9095                    | 3.400 2905               | 29.46               | 48  | 1        | 0.000 299                         | 469.047 9836                   | 6.235 8721               | 1.34                |
| 4   | 1        | 0.026 592                         | 52.969 0965                    | 5.836 0474               | 11.86               | 49  | 1        | 0.000 297                         | 681.276 6815                   | 1.583 0127               | 0.92                |
| 5   | 1        | 0.021 057                         | -0.352 3118                    | 6.262 7383               | 1783.42             | 50  | 1        | 0.000 293                         | 521.658 0373                   | 2.319 9513               | 1.20                |
| 6   | 1        | 0.007 800                         | 522.369 3920                   | 4.670 3442               | 1.20                | 51  | 1        | 0.000 289                         | 586.359 1206                   | 0.095 1976               | 1.07                |
| 7   | 1        | 0.005 915                         | 2.629 8320                     | 1.083 0447               | 238.92              | 52  | 1        | 0.000 266                         | 315.468 7085                   | 2.487 4479               | 1.99                |
| 8   | 1        | 0.005 476                         | 157.734 3542                   | 4.534 8002               | 3.98                | 53  | 1        | 0.000 259                         | 1 235.285 2605                 | 1.991 9358               | 0.51                |
| 9   | 1        | 0.003 442                         | -39.814 9003                   | 5.980 0774               | 15.78               | 54  | 1        | 0.000 257                         | 80.182 0931                    | 3.425 6115               | 7.84                |
| 10  | 1        | 0.003 359                         | 550.755 3239                   | 5.980 1623               | 1.14                | 55  | 1        | 0.000 250                         | 643.849 6249                   | 2.994 7798               | 0.98                |
| 11  | 1        | 0.003 209                         | 1 884.922 7550                 | 4.162 9135               | 0.33                | 56  | 1        | 0.000 244                         | 1 044.738 7840                 | 2.347 1392               | 0.60                |
| 12  | 1        | 0.002 920                         | 585.647 7659                   | 0.623 8119               | 1.07                | 57  | 1        | 0.000 243                         | 523.080 7467                   | 3.084 7528               | 1.20                |
| 13  | 1        | 0.002 776                         | 15.542 0399                    | 3.745 3181               | 40.43               | 58  | 1        | 0.000 205                         | 708.489 6781                   | 0.526 3239               | 0.89                |
| 14  | 1        | 0.002 519                         | 574.627 1338                   | 2.980 3305               | 1.09                | 59  | 1        | 0.000 189                         | 803.109 2263                   | 3.569 0037               | 0.78                |
| 15  | 1        | 0.002 498                         | 576.049 8432                   | 2.467 9137               | 1.09                | 60  | 1        | 0.000 180                         | -7 143.069 5618                | 2.192 2960               | 0.09                |
| 16  | 1        | 0.002 300                         | -79.629 8007                   | 1.174 4118               | 7.89                | 61  | 1        | 0.000 178                         | 0.393 2153                     | 5.180 4337               | 1597.90             |
| 17  | 1        | 0.002 177                         | 20.618 5548                    | 3.854 7875               | 30.47               | 62  | 1        | 0.000 174                         | 627.955 2732                   | 0.087 4840               | 1.00                |
| 18  | 1        | 0.001 792                         | -77.552 2611                   | 1.092 0660               | 8.10                | 63  | 1        | 0.000 174                         | 584.936 4112                   | 0.417 5584               | 1.07                |
| 19  | 1        | 0.001 379                         | 42.659 8191                    | 2.699 8320               | 14.73               | 64  | 1        | 0.000 170                         | -159.259 6014                  | 3.997 0977               | 3.95                |
| 20  | 1        | 0.001 328                         | 606.266 3208                   | 5.845 8019               | 1.04                | 65  | 1        | 0.000 169                         | -470.573 2308                  | 4.641 7792               | 1.34                |
| 21  | 1        | 0.001 287                         | 607.689 0302                   | 5.333 4257               | 1.03                | 66  | 1        | 0.000 168                         | 3.813 3036                     | 4.164 5294               | 164.77              |
| 22  | 1        | 0.001 215                         | 105.938 1930                   | 6.222 8745               | 5.93                | 67  | 1        | 0.000 164                         | 842.924 1266                   | 2.180 6196               | 0.75                |
| 23  | 1        | 0.001 177                         | 1 203.646 0735                 | 2.292 8321               | 0.52                | 68  | 1        | 0.000 163                         | 763.294 3260                   | 4.968 4457               | 0.82                |
| 24  | 1        | 0.001 108                         | -0.711 3547                    | 5.154 7250               | 883.27              | 69  | 1        | 0.000 146                         | 429.233 0833                   | 1.356 0981               | 1.46                |
| 25  | 1        | 0.001 014                         | 469.400 2955                   | 4.044 0138               | 1.34                | 70  | 1        | 0.000 144                         | 1 149.965 6223                 | 0.974 3879               | 0.55                |
| 26  | 1        | 0.001 008                         | 52.257 7418                    | 0.749 3203               | 12.02               | 71  | 1        | 0.000 144                         | 2.035 5319                     | 3.895 4394               | 308.68              |
| 27  | 1        | 0.000 936                         | 548.677 7843                   | 3.416 0814               | 1.15                | 72  | 1        | 0.000 137                         | 1 414.349 5242                 | 3.987 5766               | 0.44                |
| 28  | 1        | 0.000 863                         | 627.596 2303                   | 4.562 0602               | 1.00                | 73  | 1        | 0.000 136                         | 1 151.388 3317                 | 0.495 5723               | 0.55                |
| 29  | 1        | 0.000 859                         | 1 097.707 8805                 | 2.777 1526               | 0.57                | 74  | 1        | 0.000 134                         | 723.479 4256                   | 0.090 4543               | 0.87                |
| 30  | 1        | 0.000 816                         | -22.041 2642                   | 5.806 8915               | 28.51               | 75  | 1        | 0.000 126                         | 683.664 5253                   | 1.509 0694               | 0.92                |
| 31  | 1        | 0.000 775                         | 254.431 4420                   | 1.603 1971               | 2.47                | 76  | 1        | 0.000 117                         | 10.309 2774                    | 2.838 4968               | 60.95               |
| 32  | 1        | 0.000 767                         | 214.616 5416                   | 3.000 2004               | 2.93                | 77  | 1        | 0.000 116                         | 416.431 1990                   | 3.408 3878               | 1.51                |
| 33  | 1        | 0.000 710                         | 7.478 1599                     | 0.443 7258               | 84.02               | 78  | 1        | 0.000 109                         | 606.977 6755                   | 3.617 9427               | 1.04                |
| 34  | 1        | 0.000 618                         | -53.680 4512                   | 1.302 6428               | 11.70               | 79  | 1        | 0.000 101                         | -625.677 7530                  | 0.661 8265               | 1.00                |
| 35  | 1        | 0.000 609                         | 174.801 6413                   | 4.403 7652               | 3.59                | 80  | 1        | 0.000 101                         | 1 778.984 5620                 | 0.286 3502               | 0.35                |
| 36  | 1        | 0.000 598                         | -119.444 7010                  | 2.583 4726               | 5.26                | 81  | 1        | 0.000 101                         | 63.989 7286                    | 1.610 7621               | 9.82                |
| 37  | 1        | 0.000 582                         | 508.862 8840                   | 4.827 7235               | 1.23                |     |          |                                   |                                |                          |                     |
| 38  | 1        | 0.000 526                         | 55.356 9403                    | 2.336 1073               | 11.35               | 1   | 2        | 0.043 230                         | 628.307 5850                   | 2.642 8937               | 1.00                |
| 39  | 1        | 0.000 494                         | -628.659 8968                  | 0.268 3052               | 1.00                | 2   | 2        | 0.004 065                         | 0.000 0000                     | 4.712 3890               |                     |
| 40  | 1        | 0.000 477                         | 134.986 7410                   | 5.808 6367               | 4.65                | 3   | 2        | 0.001 226                         | 1 256.615 1700                 | 2.438 1406               | 0.50                |
| 41  | 1        | 0.000 469                         | -24.272 8604                   | 5.154 8906               | 25.89               | 4   | 2        | 0.000 195                         | 21.329 9095                    | 1.642 1870               | 29.46               |
| 42  | 1        | 0.000 423                         | 95.171 8406                    | 0.931 1722               | 6.60                | 5   | 2        | 0.000 169                         | 52.969 0965                    | 4.510 9593               | 11.86               |
|     |          |                                   |                                |                          |                     | 6   | 2        | 0.000 134                         | -0.352 3118                    | 1.502 2103               | 1783.42             |
| 43  | 1        | 0.000 340                         | -235.286 6154                  | 2.552 1899               | 2.67                |     |          |                                   |                                |                          |                     |
| 44  | 1        | 0.000 321                         | -0.704 6237                    | 1.863 7965               | 891.71              |     |          |                                   |                                |                          |                     |
| 45  | 1        | 0.000 306                         | 943.776 2935                   | 4.226 4206               | 0.67                | 1   | 3        | 0.000 143                         | 628.307 5850                   | 1.131 4536               | 1.00                |



## CHAPITRE 3

### SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

---

A. FIENGA (3.1 & 3.3), V.A. BRUMBERG (3.2), F. ARIAS (3.4), Z. ALTAMIMI (3.5)  
ET N. CAPITAINÉ (3.6)

#### 3.1. INTRODUCTION AUX SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

L'étude des mouvements et des positions des astres nécessite la définition et la construction de systèmes de coordonnées spatiales et temporelles. Or le mouvement et la position ne sont pas des concepts absolus et ils ne peuvent être décrits que par rapport à une référence. Mathématiquement, on peut définir un système d'axes et de coordonnées devant respecter telles ou telles propriétés. Ce système d'axes défini par un concept mathématique est nommé *système de référence*. Physiquement, au cours d'une observation, il est beaucoup plus difficile de construire un système permettant l'estimation d'une position car les coordonnées des objets observés doivent être quantifiables aisément. Des objets physiques de référence (anciennement des étoiles brillantes, de nos jours des objets extragalactiques), observables dans les mêmes conditions que l'objet étudié, sont choisis pour matérialiser des directions et des axes de coordonnées. Une mesure de position revient alors à une mesure relative de distance entre l'objet étudié et les objets de référence. L'ensemble de ces objets de référence, les directions axiales définies par leur intermédiaire ainsi que leur origine constituent *un repère de référence*. Le critère de sélection des objets de référence donne ses caractéristiques au repère (rotationnel avec des étoiles brillantes, inertiel avec des objets extragalactiques). Nous verrons dans ce chapitre, comment il est possible de mettre en place des outils permettant d'établir des liens entre un système d'axes défini conceptuellement et des objets physiques observés par différentes techniques.

En mécanique newtonienne, le concept idéal permettant de décrire au mieux le mouvement est celui de *système de référence inertiel* pour les coordonnées spatiales et d'*échelle de temps uniforme* pour la coordonnée temporelle. Dans un système inertiel et pour une échelle de temps uniforme, l'accélération d'un point matériel est proportionnelle à la somme des forces newtoniennes exercées sur lui. Deux systèmes inertiels se déduisent l'un de l'autre par un mouvement de translation de vitesse constante et deux variables de temps uniforme se déduisent l'une de l'autre par une translation affine. Cependant, face aux améliorations permanentes des techniques d'observation, il n'est plus possible actuellement de développer des théories dynamiques purement newtoniennes. Il faut adopter une théorie relativiste de la gravitation et mettre en place de nouvelles solutions dynamiques dans un tel cadre, ou bien, en se plaçant dans la configuration des vitesses faibles et de champs faible, introduire des corrections relativistes. Or, dans le cadre de la relativité générale, il n'y a plus de véritable séparation entre les coordonnées spatiales et temporelle. Il devient alors nécessaire de définir de nouveaux concepts de systèmes de référence et d'échelles de temps. Dans le paragraphe 3.2, de tels systèmes et échelles de temps sont présentés et des relations entre les différents systèmes de référence sont établies.

Dans la pratique, l'observateur ou l'utilisateur d'éphémérides est essentiellement concerné par les repères de référence, matérialisations physiques des systèmes de références (voir paragraphe 3.3). Comme toute matérialisation physique, ces repères présentent des imperfections et les progrès des techniques d'observation et des théories de mécanique céleste nécessitent l'établissement de nouveaux repères de référence. Ainsi au paragraphe 3.3, sont présentés les divers repères et systèmes de référence conventionnels déduits des solutions analytiques et numériques du mouvement de la Terre, des planètes de notre système solaire et de la Lune. Au paragraphe 3.4, on présente le système de référence céleste international, l'ICRS et ses matérialisations physiques, notamment l'ICRF mis en place à partir d'observations VLBI d'objets très lointains (quasars) et ne présentant pas de mouvements propres à la précision des observations actuelles. L'ICRS est le premier système de référence ayant une matérialisation, l'ICRF, quasi inertielle. Dans le cas d'observations géodésiques ou géophysiques, on cherchera à modéliser des mouvements de points à la surface de la Terre ou dans son environnement immédiat. Un système de référence terrestre devra alors représenter au mieux la surface de la Terre et sera tel que la croûte terrestre ne doit avoir ni rotation ni translation d'ensemble. Le paragraphe 3.5 explique comment a été construit un tel système international, l'ITRS, et comment une matérialisation physique satisfaisante, l'ITRF, a été mise en place.

Enfin, lors d'observations d'objets célestes ou artificiels réalisées depuis le sol, il est nécessaire d'établir des liens entre le lieu d'observation et les coordonnées observées localement dans le système de référence terrestre et les coordonnées du même objet dans le système de référence céleste choisi pour décrire son mouvement. Le paragraphe 3.6 indique quelles sont les deux procédures existantes permettant le lien entre l'ICRS et l'ITRS.

### 3.2. SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE RELATIVISTES

#### 3.2.1. Historique des résolutions de l'Union Astronomique Internationale (UAI)

Les recommandations de l'UAI portant sur les systèmes de référence définis à partir de la *théorie de la relativité générale* (GRT) ont été formulées, pour la première fois, au cours d'intenses discussions lors du colloque 127 de l'UAI en 1990 (UAI, 1991). Un an plus tard, ces recommandations ont été approuvées par la vingt et unième assemblée générale de l'UAI, en 1991, sous la forme de la résolution A4 (UAI, 1992) ainsi que par l'Union Internationale de Géodésie et Géophysique par l'intermédiaire de sa recommandation 2 (IERS, 1992). Sur la base de ces deux résolutions, deux systèmes de référence, l'ICRS (International Celestial Reference System) et l'ITRS (International Terrestrial Reference System) peuvent être considérés comme des systèmes de référence relativistes à quatre dimensions reliés entre eux par une transformation relativiste à quatre dimensions (transformation de Lorentz généralisée) avec une rotation triaxiale complémentaire des axes de coordonnées spatiales. Les échelles de temps associées à l'ICRS et à l'ITRS sont le TCB (Temps coordonnée barycentrique) et le TCG (Temps coordonnée géocentrique), respectivement (*cf.* chapitre 2). Ces systèmes de référence sont réalisés physiquement par les repères de référence ICRF (International Celestial Reference Frame) et ITRF (International Terrestrial Reference Frame), respectivement. Ces repères sont maintenus par l'IERS (International Earth rotation and Reference systems Service). L'ICRF est matérialisé par un ensemble de quasars de référence, de coordonnées angulaires constantes par rapport au TCB. On peut considérer ce système comme déterminé expérimentalement par les observations VLBI (Very Long Baseline Interferometry) des quasars de référence sans faire intervenir aucun concept d'astronomie fondamentale (pour des raisons pratiques, on a choisi pour plan de l'ICRF un plan voisin de celui de l'équateur moyen de J2000). L'ITRF est matérialisé par un ensemble de stations terrestres de référence de coordonnées constantes par rapport au TCG (à l'exception des mouvements tectoniques). On a choisi le plan principal de ce repère comme plan de l'équateur de la date déterminé à partir des données expérimentales extraites des EOP (Earth Orientation Parameters).

L'ICRS représente mathématiquement un système de coordonnées global BCRS (Barycentric Celestial Reference System) dont l'origine est au barycentre du système solaire (défini dans le cadre de la GRT). Ce système englobe un espace dans lequel il est raisonnable de considérer le système solaire comme un système de masses isolé (en négligeant l'influence du potentiel galactique) dont l'émission de radiation gravitationnelle est négligeable. Dans ce cadre, l'ICRF est équivalent au système inertiel de l'astrométrie newtonienne. L'ITRS représente un système de coordonnées local tournant avec la Terre. Il englobe une région de l'espace dans le voisinage de la Terre et son origine est au géocentre (défini dans le cadre de la GRT).

Il est à noter que la résolution A4 (UAI, 1992) n'a jamais été utilisée dans la pratique sous sa forme complète. L'ICRS et l'ITRS sont en fait utilisés comme des systèmes de coordonnées triaxiaux newtoniens. Le TCB et le TCG sont remplacés en pratique par le TDB (Temps dynamique barycentrique) ou son équivalent le  $T_{eph}$  défini par Standish (1998a) et le TT (Temps terrestre),



respectivement. Cependant les transformations relativistes reliant le TDB au TT d'une part, et les coordonnées spatiales barycentriques aux coordonnées géocentriques d'autre part, sont utilisées dans des observations de haute précision (VLBI, LLR (Lunar Laser Ranging), etc). Dans la dernière décennie du vingtième siècle, les résolutions de l'UAI adoptées en 1991 furent complétées à chaque assemblée générale de l'UAI. La résolution C7 (UAI, 1994), définissant l'époque J2000 et la durée du siècle julien en TT, recommandait aussi le développement de nouvelles éphémérides en TCB et TCG. La résolution B6 (UAI, 1997) recommandait encore une fois l'usage de systèmes de référence barycentrique et géocentrique en accord avec la résolution A4 (UAI, 1992), c'est-à-dire sans introduire les facteurs d'échelle de longueur et de masse qu'entraîne l'utilisation du TDB et du TT à la place du TCB et du TCG, respectivement. La vingt-quatrième assemblée générale adopta la résolution B1 (UAI, 2001) qui impliquait des utilisations plus importantes de certains aspects de la GRT dans la théorie des systèmes de référence astronomiques (Petit, 2000). Enfin, la vingt-sixième assemblée générale, dans sa résolution 3 (UAI, 2006), redéfinit le TDB comme fonction linéaire de TCB, évitant ainsi la possibilité de réalisations multiples de TDB. On peut voir à ce sujet les commentaires de Brumberg et Groten (2001), l'explication détaillée de Soffel et al. (2003), la discussion sur les applications pratiques de cette résolution dans (IERS, 2002), et enfin le chapitre 2 de cet ouvrage.

### 3.2.2. Relation entre les systèmes de référence BCRS et ITRS

Pour relier le BCRS et l'ITRS, il est nécessaire d'avoir un système géocentrique local supplémentaire avec la même échelle de temps, le TCG, que celle utilisée dans l'ITRS et les mêmes directions des axes spatiaux que le BCRS. Un tel système, noté GCRS (Geocentric Celestial Reference System), est introduit par la résolution B1.3 (UAI, 2001). Les écritures mathématiques des relations entre ces systèmes sont données en 3.2.3. Afin de respecter la hiérarchie des systèmes de référence dans le cadre de la GRT, deux points doivent être soulignés :

- Premièrement, le GCRS représente un système cinématiquement non-tournant par rapport au BCRS (conservation des directions des axes spatiaux). Mais ce système tourne dynamiquement par rapport au BCRS (présence de termes centrifuges et de Coriolis dans les équations du mouvement dans le GCRS). L'amplitude de la vitesse angulaire de cette rotation est d'ordre relativiste et est induite par le déplacement du géocentre autour du barycentre du système solaire. En fait, la transformation à quatre dimensions entre le barycentre et le géocentre peut s'appliquer à tout système barycentrique BRS soit vers un DGRS (Dynamical Geocentric Reference System), un système géocentrique dynamiquement non-tournant par rapport au BRS, soit vers un KGRS (Kinematical Geocentric Reference System), un système géocentrique cinématiquement non-tournant par rapport au BRS. Le GCRS représente un tel KGRS, plus particulièrement adapté à l'astrométrie. Les systèmes du type DGRS sont préférables pour la mécanique céleste puisqu'ils permettent d'avoir des équations géocentriques du mouvement sans termes induits par la rotation du système.

• Deuxièmement, les concepts classiques de l’astronomie fondamentale et du système de constantes astronomiques sont basés sur la mécanique newtonienne avec son temps et son espace absolus. Dans l’astronomie newtonienne, de tels concepts sont invariants lors de transformations du barycentre au géocentre et inversement. De telles invariances n’ont plus cours en astronomie relativiste. Afin d’éviter des confusions, on doit aller plus loin que le cadre des systèmes ICRS et ITRS.

Une des possibilités envisageables est de considérer plusieurs systèmes de référence barycentriques et géocentriques, comme il avait été suggéré pour la première fois par Brumberg et al. (1996). Au niveau barycentrique, on peut considérer un système écliptique BRSC et un système équatorial BRSQ couplés à l’ICRS (BCRS, que l’on nommera dans la suite BRS). Leurs plans principaux coïncident avec les plans de l’écliptique et de l’équateur fixes à J2000. L’échelle de temps-coordonnée des trois systèmes quadridimensionnels est  $t = \text{TCB}$ . Leurs coordonnées dans l’espace peuvent être désignées par  $\mathbf{x} = (x^i)$ ,  $\mathbf{x}_C = (x_C^i)$  et  $\mathbf{x}_Q = (x_Q^i)$ , respectivement ( $i = 1, 2, 3$ ). Au niveau géocentrique, chacun de ces trois systèmes introduit deux systèmes géocentriques, l’un dynamiquement (D) non-tournant par rapport au système barycentrique correspondant et l’autre cinématiquement non-tournant (K) par rapport à ce même système barycentrique. Il en résulte que l’on a au niveau géocentrique six systèmes géocentriques DGRS, KGRS, DGRSC, KGRSC, DGRSQ et KGRSQ. Ils ont tous comme échelle de temps-coordonnée  $u = \text{TCG}$  (dans le cadre de l’approximation post-newtonienne). Leurs coordonnées spatiales sont désignées par  $\mathbf{w} = (w^i)$ ,  $\mathbf{w}_C = (w_C^i)$  et  $\mathbf{w}_Q = (w_Q^i)$ , respectivement. Si cela est nécessaire, les coordonnées spatiales des systèmes dynamiquement (D) non-tournant et cinématiquement (K) non-tournant peuvent être distinguées explicitement en précisant  $w_q^i$  avec  $q = 1$  pour le système D et  $q = 0$  pour le système K. Le GCRS tel qu’il est défini par la résolution B1.3 (UAI, 2001) correspond avec ces notations à KGRS. Les théories planétaires VSOP sont construites dans le BRSC (Bretagnon et Francou, 1988). La théorie de la rotation de la Terre SMART est considérée comme étant dans le DGRSC (Bretagnon et al., 1997, 1998). Le système le plus adéquat pour la représentation du mouvement d’un satellite proche de la Terre est évidemment le DGRSQ. Puisque l’écliptique ne peut être défini raisonnablement qu’au niveau barycentrique, le GRSC (quelle que soit sa version dynamiquement ou cinématiquement non-tournant) doit être considéré uniquement comme un autre système intermédiaire entre l’ICRS et l’ITRS. De la même façon, puisque l’équateur ne peut être défini raisonnablement qu’au niveau géocentrique, le BRSQ doit être considéré comme un intermédiaire supplémentaire entre l’ICRS et l’ITRS.

### 3.2.3. Description mathématique

La description mathématique des relations entre les systèmes de cette hiérarchie de systèmes de référence relativistes est donnée ici sous l’approximation post-newtonienne d’ordre  $c^{-2}$ .

Les systèmes au niveau barycentrique sont reliés par une rotation triaxiale constante

$$\mathbf{x}_C = P_C \mathbf{x}, \quad \mathbf{x}_Q = P_Q \mathbf{x}, \tag{3.2.1}$$

où  $P_C$  et  $P_Q$  sont des matrices de rotation constante. Cette rotation constante est aussi présente au niveau géocentrique dans les transformations entre systèmes du mme type (D ou K). En comparant les solutions planétaires VSOP construites dans le BRSC et les éphémérides numériques DE403 dans l'ICRS on a

$$P_C = R_1(\varepsilon)R_3(\chi), \quad P_Q = R_3(\chi), \quad (3.2.2)$$

où  $\varepsilon = 23^\circ 26' 21.40928''$ ,  $\chi = -0.05294''$ .  $R_i(\chi)$  représentent ici les matrices de rotation élémentaires (cf. 5.1.2). Des valeurs légèrement différentes de  $\varepsilon$  et  $\chi$  ont été proposées par Bretagnon et al. (2003) pour la construction de futures éphémérides planétaires analytiques. Le problème de cohérence entre la hiérarchie des systèmes de référence relativistes d'une part et les théories planétaires et lunaires actuelles (numériques et analytiques) ainsi que la théorie de la rotation de la Terre d'autre part, n'est pas encore complètement résolu. En complément de (3.2.1), au niveau géocentrique, on a :

$$\mathbf{y} = \hat{P}_q(u) \mathbf{w}_q = \hat{P}_q(u) P_C \mathbf{w}_q = \hat{P}_q(u) P_C P_Q^T \mathbf{w}_Q, \quad \text{pour } q = 0 \text{ et } q = 1. \quad (3.2.3)$$

$\hat{P}(u)$  représente la matrice de rotation de la Terre donnant l'orientation des axes spatiaux  $\mathbf{y} = (y^i)$  de l'ITRS par rapport aux axes spatiaux du DGRSC (pour  $q = 1$ ) ou du KGRSC (pour  $q = 0$ ), et l'indice  $T$  note la matrice transposée (correspondant pour la matrice de rotation à sa matrice inverse). Les relations entre les systèmes dynamiquement et cinématiquement non-tournants font intervenir une matrice symétrique de rotation géodésique de la forme :

$$\mathbf{w}_0 = (E - c^{-2}F) \mathbf{w}_1, \quad \mathbf{w}_0 = (E - c^{-2}F_C) \mathbf{w}_1, \quad \mathbf{w}_0 = (E - c^{-2}F_Q) \mathbf{w}_1 \quad (3.2.4)$$

et

$$\hat{P}_1(u) = \hat{P}_0(u)(E - c^{-2}F_C), \quad (3.2.5)$$

$E$  étant la matrice unité et  $F_C = P_C F P_C^T$ ,  $F_Q = P_Q F P_Q^T$ . À la place de la matrice  $F = (F^{ij})$ , on utilise souvent la représentation sous forme vectorielle avec

$$F^{ij} = \varepsilon_{ijk} F^k, \quad F^i = \frac{1}{2} \varepsilon_{ijk} F^{jk}, \quad \varepsilon_{ijk} = \frac{1}{2} (i-j)(j-k)(k-i). \quad (3.2.6)$$

Nous appliquons ici, et partout dans la suite où se trouve un indice latin répété deux fois, la convention d'Einstein<sup>1</sup>. Le vecteur de rotation géodésique  $F^i$  comprend la précession géodésique, la nutation géodésique et les termes planétaires luni-solaires (avec une modélisation de masse ponctuelle non-tournante). Il est déduit de l'intégration de l'expression :

$$\dot{F}^i = \sum_{A \neq E} \frac{GM_A}{r_{EA}^3} [(-\frac{3}{2} \mathbf{v}_E + 2 \mathbf{v}_A) \times \mathbf{r}_{EA}]^i. \quad (3.2.7)$$

<sup>1</sup> Selon la convention d'Einstein, toutes les fois que dans un monôme figure deux fois le même indice on doit sommer les monômes obtenus en donnant à cet indice toutes les valeurs possibles, ici de 1 à 3.

Exemple :  $a^i y_i = a^1 y_1 + a^2 y_2 + a^3 y_3$ .

Ici et dans la suite, nous utilisons les notations suivantes pour les coordonnées et les vitesses BRS des objets célestes :

$$\mathbf{x}_E = \mathbf{x}_E(t), \quad \mathbf{r}_E = \mathbf{x} - \mathbf{x}_E, \quad \mathbf{v}_E = \dot{\mathbf{x}}_E(t), \quad \mathbf{r}_{EA} = \mathbf{x}_E - \mathbf{x}_A. \quad (3.2.8)$$

Dans (3.2.7), la sommation est effectuée sur tous les corps  $A$  du système solaire (le Soleil, la Lune et les planètes principales), à l'exception de la Terre notée  $E$ . Bretagnon et Brumberg (2003) donnent une expression détaillée de  $\dot{F}^i$  et  $F^i$  ; Brumberg et Simon (2003) donnent les séries pour  $F_C^i$ . Puisque la théorie SMART de rotation de la Terre (Bretagnon et al., 1997, 1998) est supposée construite dans le DGRSC, les trois angles d'Euler de la matrice  $\hat{P}_1(u)$  peuvent tre considérés comme des EOP dynamiques. Les angles d'Euler analogues de la matrice  $\hat{P}_0(u)$  liés au KGRSC et à l'ITRS peuvent tre considérés comme des EOP cinématiques (quantités observables). Les différences entre ces angles d'Euler dynamiques et cinématiques, fonctions de  $F_C$ , sont aussi données par Brumberg et Simon (2003).

D'un point de vue théorique, on utilisera les descriptions mathématiques (tenseurs métriques) du BRS et GRS données par la résolution B1 (UAI, 2001) et les références contenues dans cette résolution. La plupart des applications pratiques requièrent uniquement les transformations entre BRS et GRS décrites dans la suite.

La transformation directe faisant passer des coordonnées BRS  $x^i$  à l'instant  $t$  aux coordonnées GRS  $w^i$  à l'instant  $u$  s'écrit :

$$u = t - c^{-2}[A(t) + \mathbf{v}_E \mathbf{r}_E] + \dots, \quad (3.2.9)$$

$$w^i = r_E^i + c^{-2}[\frac{1}{2}\mathbf{v}_E \mathbf{r}_E v_E^i - q\varepsilon_{ijk}F^j r_E^k + \bar{U}_E(t, \mathbf{x}_E)r_E^i + \mathbf{a}_E \mathbf{r}_E r_E^i - \frac{1}{2}\mathbf{r}_E^2 a_E^i] + \dots \quad (3.2.10)$$

où  $r_E^i$  représente les coordonnées du vecteur  $\mathbf{r}_E$ . La fonction  $A(t)$  est définie par l'équation différentielle

$$\dot{A}(t) = \frac{1}{2}\mathbf{v}_E^2 + \bar{U}_E(t, \mathbf{x}_E), \quad (3.2.11)$$

$\mathbf{a}_E$  est le terme principal de l'accélération BRS de la Terre et  $\bar{U}_E(t, \mathbf{x}_E)$  représente le potentiel newtonien de tous les objets du système solaire (sauf la Terre), évalué au géocentre. Dans l'approximation de masse ponctuelle, suffisante pour le calcul pratique des termes relativistes on a :

$$\mathbf{a}_E = - \sum_{A \neq E} \frac{GM_A}{r_{EA}^3} \mathbf{r}_{EA}, \quad \bar{U}_E(t, \mathbf{x}_E) = \sum_{A \neq E} \frac{GM_A}{r_{EA}}. \quad (3.2.12)$$

On note que l'équation (3.2.11) est donnée dans la résolution B1 (UAI, 2001) à l'approximation d'ordre  $c^{-4}$  (UAI, 2001 ; Soffel et al., 2003). Afin d'éviter des complications purement techniques, l'exposé est ici limité au modèle des masses ponctuelles non-tournantes et l'approximation d'ordre  $c^{-2}$  est, dans la pratique, suffisante pour les applications actuelles. La relation (3.2.10) est valide aussi bien pour les transformations du BRS vers un système cinématiquement non-tournant KGRS pour  $q = 0$  (ce qui correspond à la transformation BCRS→GCRS selon la terminologie de la résolution B1), que pour les transformations du BRS vers un système dynamiquement non-tournant DGRS pour  $q = 1$ . Toutefois, pour simplifier l'écriture, nous n'écrivons pas l'indice inférieur  $q$  pour les coordonnées géocentriques  $w^i$ .

La transformation inverse faisant passer des coordonnées GRS  $w^i$  à l'instant  $u$  aux coordonnées BRS  $x^i$  à l'instant  $t$  s'écrit

$$t = u + c^{-2}[A(u) + \mathbf{v}_E \mathbf{w}] + \dots, \quad (3.2.13)$$

$$x^i = w^i + z_E^i(u) + c^{-2}[\frac{1}{2}\mathbf{v}_E \mathbf{w} v_E^i + q\varepsilon_{ijk}F^j w^k - \bar{U}_E(t, \mathbf{x}_E)w^i - \mathbf{a}_E \mathbf{w} w^i + \frac{1}{2}\mathbf{w}^2 a_E^i] + \dots \quad (3.2.14)$$

avec l'équation du temps relativiste

$$u = t^* - c^{-2}A(t^*) + \dots, \quad (3.2.15)$$

et la représentation du mouvement de la Terre en TCG

$$z_E^i(u) = x_E^i(t^*). \quad (3.2.16)$$

Pour effectuer la transformation directe via les équations (3.2.9) et (3.2.10), on doit connaître la fonction  $A = A(t)$  en intégrant numériquement ou analytiquement (3.2.11). Pour la transformation inverse via (3.2.13) et (3.2.14), on obtient les deuxièmes membres de ces équations en fonction de  $u$  par inversion analytique ou numérique de l'équation (3.2.15) et obtention de la relation  $t^* = t^*(u)$ . L'équation (3.2.15) est déduite de la transformation (3.2.9) appliquée au géocentre.

La fonction temporelle  $A(t)$  et le vecteur de rotation géodésique  $F^i(t)$  sont uniquement définis à partir de leurs dérivées en fonction du temps (3.2.11) et (3.2.7), respectivement. Il faut donc déterminer des constantes additionnelles arbitraires par des considérations complémentaires. Pour  $A(t)$ , il est raisonnable de définir la constante de telle façon que  $t = u$  le 1er janvier 1977 à 0h 0m 0s TAI (JD=2443144.5 TAI) au géocentre (origine 1977) comme cela a été suggéré par Guinot (2000), en accord avec la résolution A4 (UAI, 1992). Pour les constantes de  $F^i(t)$ , Bretagnon et Brumberg (2003) et Brumberg et Simon (2004) ont imposé la condition  $F^i = 0$  à J2000 (l'époque est définie au géocentre au 1.5 janvier 2000 TT, soit JD = 2451545.0 TT). Cela n'affecte pas la relation entre BCRS et GCRS mais cela est important pour la définition des DGRS, c'est-à-dire les systèmes géocentriques dynamiquement non-tournants.

La fonction  $A(t)$  satisfaisant (3.2.11) est habituellement représentée sous la forme donnée par Fairhead et Bretagnon (1990), comme il est indiqué au paragraphe 2.7.1,

$$A(t) = c^2 L_C t + A_p(t), \quad (3.2.17)$$

où la constante  $L_C$  dépend des théories planétaires ( $L_C = 1.480\,826\,855\,667 \times 10^{-8}$  pour les solutions VSOP) et où  $A_p(t)$  est déterminé numériquement ou analytiquement sous la forme

$$A_p(t) = \sum_{\alpha} t^{\alpha} \left[ \sum_k A_k^{\alpha} \cos(\psi_k^{\alpha} + \nu_k^{\alpha} t) \right]. \quad (3.2.18)$$

À la différence de la plupart des solutions précédentes, Bretagnon et Brumberg (2003) donnent cette fonction  $A_p(t)$ , en introduisant une constante additionnelle, comme discuté précédemment. À partir de (3.2.17), on peut transformer (3.2.15) en

$$u = (1 - L_C)t^* - c^{-2}A_p(t^*) + \dots \quad (3.2.19)$$

Dans ce cas, l'inversion de (3.2.15) peut s'écrire

$$t^* = (1 + L_C)u + c^{-2}A_p(u) + \dots, \quad (3.2.20)$$

d'où l'on déduit

$$z_E^i(u) = x_E^i[(1 + L_C)u] + c^{-2}A_p(u)v_E^i(u) + \dots \quad (3.2.21)$$

(dans le cadre de la précision post-newtonienne, on peut négliger les différences relativistes dans les arguments des termes relativistes).

Des séries pour tous les coefficients nécessaires pour exprimer les transformations directe et inverse BRS→GRS sont calculées avec les éphémérides VSOP par Bretagnon et Brumberg (2003). Si l'on considère que TCB et TCG sont souvent remplacés par TDB (ou  $T_{eph}$ ) et TT, respectivement, toutes les formules de base (3.2.9), (3.2.10), (3.2.13), (3.2.14), (3.2.20) et (3.2.21) sont données dans la suite pour les quatre combinaisons possibles d'échelles de temps.

En relation avec la transformation BRS↔GRS, notons que la fonction  $z_E^i(u)$  déterminée par (3.2.21) ainsi que la fonction similaire  $z_A^i(u) = x_A^i(t^*)$  déterminée de la même façon pour tout corps  $A$  sont importantes pour le calcul des vecteurs position géocentriques  $\mathbf{w}_A(u)$  des objets célestes en fonction de leurs coordonnées BRS  $\mathbf{x}_A(t)$ . En notant  $\mathbf{r}_{AE} = \mathbf{x}_A - \mathbf{x}_E$  et en utilisant les fonctions  $z_E^i(u)$ ,  $z_A^i(u)$ , on obtient

$$\begin{aligned} w_A^i(u) = & z_A^i(u) - z_E^i(u) + c^{-2}[\mathbf{v}_E \mathbf{r}_{AE} (v_A^i - \frac{1}{2}v_E^i) - q\varepsilon_{ijk}F^j r_{AE}^k + \bar{U}_E(t, \mathbf{x}_E)r_{AE}^i + \\ & + \mathbf{a}_E \mathbf{r}_{AE} r_{AE}^i - \frac{1}{2}\mathbf{r}_{AE}^2 a_E^i] + \dots \end{aligned} \quad (3.2.22)$$

Cette transformation a été utilisée par Brumberg et Simon (2003) pour exprimer les arguments des théories lunaires et planétaires du BRS vers le GRS et pour obtenir les termes relativistes principaux dus à la Lune et au Soleil, dans la théorie SMART de la rotation de la Terre. Comme le montre l'équation (3.2.3), la transformation courante ITRS↔GCRS est une rotation triaxiale newtonienne des axes spatiaux de ces systèmes ( $y^i$  et  $w_0^i$  respectivement). Si  $\hat{P}_0(u)$  est la matrice de rotation de la Terre liant l'ITRS et le KGRSC (le système de référence écliptique géocentrique cinématiquement non-tournant) et  $\mathbf{y}$ , le triplet des coordonnées spatiales de l'ITRS, alors la transformation ITRS↔GCRS a la forme

$$\mathbf{y} = T \mathbf{w}_0, \quad T = \hat{P}_0(u)P_C. \quad (3.2.23)$$

Différentes formes de la matrice de rotation  $T$  ont été considérées par Bretagnon et Brumberg (2003). L'extension relativiste de la théorie SMART développée par Brumberg et Simon (2003) permet d'avoir des valeurs relativistes des trois angles d'Euler définissant la matrice  $\hat{P}_0(u)$  et d'évaluer les contributions relativistes dans la transformation de formalisme newtonien (3.2.23).

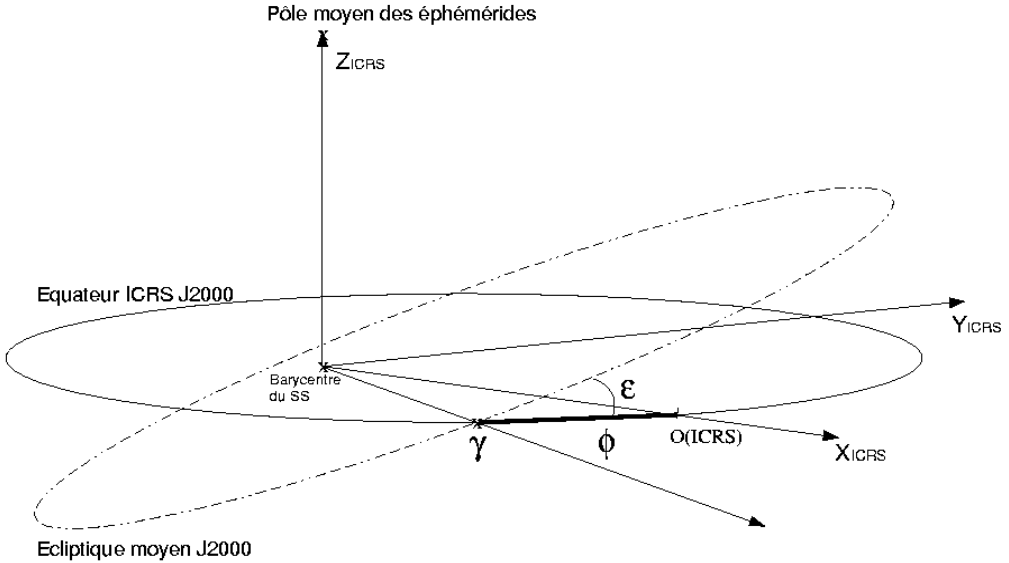
### 3.3. SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE DYNAMIQUES

#### 3.3.1. Introduction

Un *système de référence idéal* est défini par l'énoncé d'un principe général que devra vérifier un système d'axes de coordonnées. Un *système de référence conventionnel* qui associe au principe de base du système de référence idéal des constantes fondamentales et des modèles nécessaires sa réalisation, permet la description quantitative des positions et mouvements de la Terre (système terrestre), ou de corps célestes (incluant la Terre) dans l'espace. La construction d'un tel système conventionnel implique le choix de structures dans lesquelles les mouvements peuvent être décrits par le biais de théories physiques. La définition d'un *repère* (ensemble de points, d'objets ou de coordonnées reliés entre eux et permettant de repérer un point ou un objet dans l'espace) mais aussi les théories utilisées et les échelles de temps associées (*cf.* 3.2) pour la définition de ce système de coordonnées (précession, nutation, éphémérides planétaires, etc.) composent la structure d'un système de référence conventionnel. Les choix pour les définitions d'un système de référence idéal et des systèmes conventionnels associés ne sont pas uniques. Cependant, on peut demander à un système de référence qu'il permette l'écriture sans ambiguïté des équations du mouvement des corps dont les coordonnées sont décrites dans le repère associé. Ce qui implique, dans le cadre de la mécanique newtonienne, que la description des positions et du mouvement d'un objet dans le système de référence n'introduise pas de termes additionnels dans les équations du mouvement. Répondant à ces critères, il existe deux définitions possibles de systèmes de référence :

- Les systèmes de référence cinématiques sont basés sur l'étude statistique des mouvements de corps lointains, galaxies lointaines et quasars, du seul point de vue cinématique. On suppose dans cette définition que l'Univers est non-tournant et que les objets très lointains tels que les quasars n'ont pas de vitesse de groupe. Un tel système, aussi appelé système de référence idéalement *non-tournant* (Kovalevsky et Mueller, 1989), est essentiellement basé sur la cinématique supposée aléatoire de ces objets lointains. L'ICRS répond à cette définition de système de référence cinématique. Il est d'ailleurs le premier système de référence pouvant remplir ce critère. L'ICRF sera appelé réalisation primaire de l'ICRS, puisque c'est lui qui a matérialisé initialement l'ICRS et puisque c'est à lui que seront liés tous les autres repères cinématiques ou dynamiques. Le catalogue Hipparcos lié à l'ICRF par l'observation par le satellite Hipparcos de sources extragalactiques sera une des réalisations secondaires de l'ICRS dans le domaine visible (Kovalevsky et al., 1997). À l'ICRS, seront associés un ensemble de constantes fondamentales et de modèles, permettant de définir un système de référence conventionnel associé ou confondu dans sa dénomination l'ICRS.

- Les systèmes de référence dynamiques sont basés sur l'étude dynamique des corps célestes, c'est-à-dire sur la résolution des équations différentielles de leur mouvement, soit dans le cadre newtonien, soit dans le cadre relativiste. Ainsi, en supposant un certain nombre de corps, leur mouvement peut être décrit dans le cadre de la mécanique newtonienne par la résolution d'un système d'équations différentielles écrites dans un repère triaxial fixe. À partir de ces équations, certains points et directions invariants sont définis. Il est alors possible d'utiliser ces invariants (par exemple le barycentre du système solaire d'accélération nulle ou l'axe invariant du moment



**Fig. 3.3.1.** Définition des axes et raccordement des systèmes de référence dynamiques à l'ICRS

d'inertie) pour construire un système de coordonnées. Une éphéméride planétaire ou lunaire couvrant une période suffisante peut ainsi réaliser un repère de référence appelé repère de référence dynamique. Un système de référence ayant une telle matérialisation dynamique sera appelé système de référence inertiel ou quasi-inertiel dans le cadre relativiste. On définira aussi un système de référence dynamique conventionnel comme l'association du repère de référence dynamique une série de constantes fondamentales (masses planétaires, valeur de l'unité astronomique...) et de modèles (précession-nutation, échelle de temps...) ayant permis la mise en place de ce repère. De plus, à un système de référence cinématique (ici l'ICRS) on peut associer un repère de référence dynamique (représenté par des éphémérides planétaires ou lunaires) lié au repère cinématique.

### 3.3.2. Définitions

Un repère de référence dynamique est défini à partir de points et de directions invariants par résolution des équations différentielles du mouvement du système dynamique étudié. Ainsi à partir des équations du mouvement des planètes principales du système solaire autour du Soleil, écrites et résolues dans un système de coordonnées non-tournant ou inertiel, on peut définir les plans de référence et les origines suivants.

Le plan de l'*écliptique moyen inertiel de la date* est le plan perpendiculaire au moment cinétique moyen du barycentre Terre-Lune lorsque sa vitesse est calculée dans un système de coordonnées non-tournant. C'est le plan naturel des équations du mouvement des planètes (Standish, 1981).



Afin de relier le repère dynamique représenté par le plan de l'écliptique moyen inertiel de la date à un repère matérialisant un système de référence, on associe au plan de l'écliptique moyen inertiel de la date, *l'équinoxe dynamique moyen inertiel de la date* qui sera le nœud ascendant, noté  $\gamma$  sur la figure 3.3.1, du plan de l'écliptique inertiel moyen de la date sur le plan fixe de *l'équateur moyen de la date*, plan défini à partir de la direction du pôle céleste et les théories de précession-nutation associées au système de référence que l'on cherche à raccorder. De façon plus générale, lorsque l'on choisit le plan de l'écliptique inertiel moyen d'une date de référence comme plan de référence d'un système, on est amené à compléter ce choix par celui d'un axe fixe du plan, passant par le centre du système de référence et coupant la sphère céleste en un point dit origine ou origine des ascensions droites. On prend souvent pour origine l'équinoxe dynamique inertiel. Pour la définition de l'ICRS, il a été choisi comme origine des ascensions droites l'ascension droite moyenne de vingt-trois radio-sources (*cf.* 3.4). Ce point est très proche de l'équinoxe dynamique inertiel moyen à J2000 (Arias et al., 1988) et est représenté par  $o(\text{ICRS})$  sur la figure 3.3.1. Sur cette figure est aussi indiqué l'angle  $\varepsilon$  d'inclinaison entre le plan écliptique moyen J2000 et le plan équatorial de l'ICRS.

Notons qu'à l'époque où les moyens d'observations ne permettaient pas la mise en place d'un repère de référence inertiel avec une précision suffisante, il était très difficile de définir observationnellement un système de coordonnées non-tournant. Le moment cinétique moyen du barycentre Terre-Lune était estimé dans un système de coordonnées tournant, appelé *système de coordonnées rotationnel*, défini à partir d'observations méridiennes du Soleil et des planètes. Le plan perpendiculaire à un tel moment cinétique est appelé *plan de l'écliptique rotationnel moyen de la date* et peut être décrit théoriquement à partir du plan de l'écliptique inertiel moyen de la date et de l'équinoxe dynamique inertiel moyen de la date (Standish, 1981 ; Kinoshita et Aoki, 1983). Au plan de l'écliptique dynamique rotationnel moyen de la date est associée une origine, *l'équinoxe rotationnel moyen de la date*, définie comme le nœud ascendant du plan de l'écliptique moyen rotationnel de la date sur l'équateur moyen de la date.

Enfin, il est aussi possible de définir un système de référence inertiel à partir des axes instantanés de rotation du pôle céleste des éphémérides et de l'équinoxe vrai de la date. Cette définition diffère de celle de l'ICRS par le choix des théories de précession et de nutation utilisées pour construire le système d'axes équatorial. On appelle un tel système, système du pôle céleste moyen des éphémérides (Chapront et al., 1999).

Rappelons que l'on définit un système de référence conventionnel par l'association d'un repère de référence et d'un système de constantes fondamentales auquel appartient l'obliquité de l'écliptique à une date de référence, et d'une théorie de précession et de nutation.

### 3.3.3 Systèmes de référence et éphémérides

Il est possible d'associer à une quelconque solution du mouvement du barycentre Terre-Lune un système de référence dynamique. Il peut donc exister une multitude de systèmes dynamiques conventionnels, vérifiant la même propriété générale de définition d'un système de référence dynamique mais faisant appel des valeurs de constantes fondamentales ou des modèles dynamiques différents. Nous choisissons ici de présenter trois d'entre eux. Le premier système de référence conventionnel

**Table 3.3.1.** Observations utilisées dans DE405 pour effectuer le lien avec l'ICRF. La deuxième colonne indique la période moyenne des observations, alors que la quatrième donne le type d'observables :  $\alpha, \delta$  pour des quantités angulaires et  $\rho$  pour des distances.

| Observations  | Dates     | Planète | Observables      | Précision  | Nombres |
|---------------|-----------|---------|------------------|------------|---------|
| Phobos VLBI   | 1989      | Mars    | $\alpha, \delta$ | 10-100 mas | 2       |
| Ulysses VLBI  | 1992      | Jupiter | $\alpha, \delta$ | 3-6 mas    | 2       |
| Magellan VLBI | 1990-1994 | Vénus   | $\alpha, \delta$ | 3-10 mas   | 18      |
| Galileo VLBI  | 1995      | Jupiter | $\alpha, \delta$ | 50-200 mas | 2       |
| LLR           | 1969-1996 | Lune    | $\rho$           | 2-30 cm    | 11218   |

présenté est basé sur les solutions numériques du mouvement des planètes et de la Lune développées au JPL et ajustées aux observations les plus modernes (suivi de sondes spatiales, VLBI, LLR). Le système de référence défini à partir de la solution DE405 (Standish, 1998b) a été choisi comme système dynamique de référence associé à l'ICRS (IERS, 2003), c'est-à-dire comme matérialisation dynamique de l'ICRS.

La seconde famille de systèmes de référence conventionnels présentée a été construite à partir des solutions semi-analytiques du mouvement de la Lune développées par Chapront et Chapront-Touzé (1997), Chapront et al. (1999), Chapront et al. (2002), Chapront et Francou (2003) et ajustées aux observations de la distance Terre-Lune par télémétrie laser (LLR). Cette famille présente la particularité de définir un système dynamique associé au repère du pôle céleste moyen des éphémérides tel que recommandé par l'IERS (IERS, 2003).

Enfin, le troisième système que nous allons présenter a été construit à partir des théories analytiques du mouvement des planètes, VSOP. Cette famille de système donne une autre réalisation possible d'un système dynamique inertiel.

Rappelons que dans ces trois cas de figure les systèmes sont dynamiques inertiels.

### 3.3.3.1. *Éphémérides numériques du JPL*

Par le passé, les systèmes de référence des éphémérides planétaires du JPL étaient le FK4 à l'époque de référence B1950.0 (par exemple avec la solution DE118 de Newhall et al., 1983) et plus tard l'équateur moyen et l'équinoxe dynamique du FK5 à J2000 (par exemple avec la solution DE200 de Standish, 1982). Depuis la solution DE403 (Standish et al., 1995), les solutions numériques du mouvement des planètes du JPL sont reliées à l'ICRF. Ce lien a été établi par l'intermédiaire de l'ajustement des solutions planétaires à des observations donnant la position des planètes dans l'ICRF. Comme il est décrit par Standish (1998b) et Folkner et al. (1994) le raccordement s'effectue en quatre étapes :

- L'ICRF est relié aux positions des radio-télescopes via les observations VLBI. Il est donc possible d'avoir les coordonnées des radio-télescopes directement dans l'ICRF.

- Les radio-télescopes sont reliés aux stations LLR via l'ITRF. On a donc les coordonnées des stations de tirs laser liées à l'ICRF.
- Les centres LLR sont reliés au mouvement de la Lune via les observations LLR. Ainsi le barycentre Terre-Lune est directement connecté à l'ICRF.
- Les planètes intérieures sont directement liées au barycentre Terre-Lune via les théories dynamiques et les observations radar et de suivi des sondes. Les planètes extérieures sont liées directement à l'ICRF via des observations VLBI de suivi de sonde. Les observations VLBI du suivi des sondes au voisinage des planètes extérieures étant rares et réparties sur un intervalle de temps court (voir table 3.3.1), il est aussi nécessaire d'inclure dans l'ajustement des observations optiques de ces planètes effectuées au cours des siècles précédents. Pour les plus modernes d'entre elles, il est possible de raccorder à l'ICRF les positions observées soit directement (rencontre proche avec une étoile Hipparcos par exemple) soit indirectement (raccordement du FK5 à l'ICRF, Morrison, 1992), corrections d'erreurs systématiques dans le FK4 et le FK5 (Schwan, 1983 ; Fricke, 1982).

Cette succession de liens permet de raccorder le repère de référence dynamique déterminé à partir du mouvement de la Lune et des planètes au repère de référence cinématique de l'ICRS. Il est possible de déterminer un vecteur représentant de petites rotations entre le repère dynamique de l'éphéméride et l'ICRF autour des axes du repère dynamique équatorial (Folkner et al., 1994 ; Standish et al., 1995). Standish (1998c) donne pour vecteur de rotation entre le repère dynamique de DE403 et l'ICRF

$$(-1 \pm 2, +2 \pm 3, +1 \pm 3) \text{ mas}$$

Avec DE405, le lien à l'ICRF reste très stable, puisque sur six siècles, les coordonnées héliocentriques du barycentre Terre-Lune de DE405 ne s'écartent des axes de DE403 que de

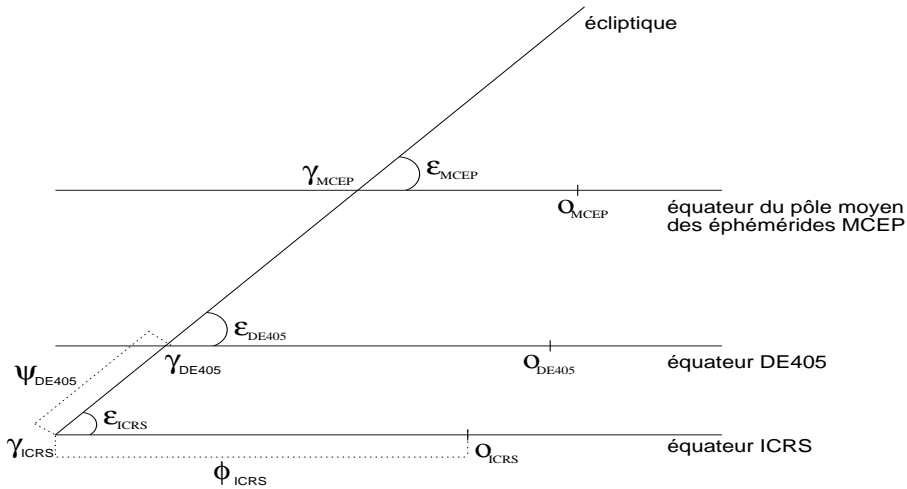
$$(+0.3 - 0.2T, -0.3 + 0.1T, +3.2 - 0.9T) \text{ mas}$$

où T est le temps compté en siècles à partir de J2000.

Grâce aux observations par rapport à l'ICRF, les systèmes de référence dynamiques déduits des intégrations numériques du JPL ajustées aux observations spatiales et LLR, peuvent être raccordés à l'ICRF avec une précision de quelques millisecondes de degré (mas). Le système de référence conventionnel associé aux intégrations numériques du JPL est constitué du repère de référence dynamique défini plus haut et de l'ensemble des constantes fondamentales et des modèles utilisés pour obtenir les solutions planétaires.

### 3.3.3.2. *Éphémérides semi-analytiques de la Lune*

Des solutions analytiques et semi-analytiques du mouvement orbital et de la libration de la Lune ont été développées et ajustées aux observations LLR (Chapront et Chapront-Touzé, 1997 ; Chapront et al., 1999 ; Chapront et al., 2002). Afin d'augmenter la précision de la modélisation, des compléments numériques déterminés par comparaisons à la solution numérique du JPL DE245, furent ajoutés à la solution en séries du mouvement de la Lune ELP 2000-82B (Chapront et Chapront-Touzé,



**Fig. 3.3.2.** Angles utilisés pour les raccords entre systèmes de référence (d'après Chapront et al., 2002).

1997). La solution obtenue, associée à une nouvelle modélisation de la libration (Moons, 1984), a été ajustée aux observations LLR sur un intervalle allant de janvier 1992 à mars 1998 (Chapront et al., 2002). Cette nouvelle solution est notée S2001.

À partir de S2001, il est possible de définir un nouveau système de référence dynamique lié à l'ICRF. Le lien à l'ICRF s'effectue par l'intermédiaire des observations exprimées dans ce système de référence. Il est cependant possible d'exprimer ces observations dans d'autres systèmes de référence, comme le système lié au pôle céleste moyen des éphémérides. Dans le cas des données de distance laser-Lune, le lien entre le système de référence dynamique inertiel de la solution semi-analytique du mouvement orbital de la Lune à l'ICRF s'effectue via les positions des stations d'observations. En effet, les stations laser-Lune sont liées aux stations VLBI et donc à l'ICRF via le réseau géodésique international ITRF. Afin de pouvoir relier les coordonnées des stations dans le repère terrestre que constitue l'ITRF au repère céleste dynamique dans lequel sont exprimées les coordonnées géocentriques de la Lune, il faut considérer une transformation composée de rotations élémentaires et faisant intervenir les rotations permettant d'orienter les axes de l'ITRS vers les axes célestes instantanés pointant vers le pôle céleste des éphémérides et l'équinoxe vrai de la date (mouvement du pôle et UT1-UTC), et les rotations permettant de passer des axes célestes instantanés un système d'axes équatorial fixe à J2000 (précession et nutation). Selon que l'on choisisse différentes rotations pour faire cette transformation de repère terrestre en repère céleste, on reliera le système dynamique déduit de la solution lunaire à différents systèmes de référence. Ainsi, si l'on choisit comme matrices de précession-nutation des matrices calculées à partir des

**Table 3.3.2.** Liens établis entre les différents repères de référence équatoriaux et l'écliptique moyen inertiel de la solution semi-analytique du mouvement de la Lune S2001 ajustée aux observations LLR pour les valeurs publiées par (Chapront et al., 2002). Les valeurs publiées par Moisson (1999) et Bretagnon et al. (2003) sont déduites des liens établis entre le repère de référence équatorial précisé dans la première colonne et le repère écliptique inertiel des solutions VSOP ajustées à DE403 (*cf.* 3.3.3.3).

| Repères<br>de référence | Auteurs                | $\epsilon - 84381''$<br>( $''$ ) | $\phi$<br>( $''$ )     | $\psi$<br>( $''$ )  |
|-------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|---------------------|
| ICRF                    | Chapront et al., 2002  | $0.41100 \pm 0.00005$            | $-0.05542 \pm 0.00011$ |                     |
| MCEP                    | Chapront et al., 2002  | $0.40564 \pm 0.00009$            | $-0.01460 \pm 0.00015$ | $0.0445 \pm 0.0003$ |
| DE403                   | Chapront et al., 2002  | $0.40928 \pm 0.00000$            | $-0.05294 \pm 0.00001$ | $0.0048 \pm 0.0004$ |
| DE405                   | Chapront et al., 2002  | $0.40960 \pm 0.00001$            | $-0.05028 \pm 0.00001$ | $0.0064 \pm 0.0003$ |
| DE403                   | Moisson, 1999          | 0.40872                          | -0.05340               |                     |
| DE405                   | Moisson, 1999          | 0.40893                          | -0.05101               |                     |
| DE403                   | Bretagnon et al., 2003 | 0.408800                         | -0.053727              |                     |

théories recommandées par l'ICRS (modèle de précession de l'IAU 1976, Lieske et al., 1977 et modle de nutation de l'IAU 1980, Seidelmann, 1982), on aura effectué le lien avec l'ICRF. Si par contre, on utilise des théories plus développées de précession et de nutation, comme, par exemple, Chapront et al. (2002) qui ont choisi, pour la précession le développement analytique de Williams (1994) et, pour la nutation, la théorie présentée dans les conventions IERS 1996 (IERS, 1996), on aura effectué le lien entre le système dynamique de S2001 et le système lié au pôle céleste moyen des éphémérides. Enfin, il est possible d'ajuster directement le repère de référence de S2001 aux solutions numériques du JPL. On peut ainsi vérifier le raccordement des solutions du JPL à l'ICRF par l'intermédiaire de S2001.

En suivant la méthode indiquée et en utilisant les dénominations suivantes illustrées sur la figure 3.3.2 :  $\epsilon$  est l'inclinaison de l'écliptique moyen inertiel sur l'équateur d'un repère de référence équatorial (ICRF, DE405 ou du pôle moyen des éphémérides),  $\phi$  est l'arc entre le nœud ascendant de l'écliptique moyen inertiel à J2000 sur l'équateur du repère de référence et l'origine des ascensions droites du repère équatorial de référence, et enfin  $\psi$  l'arc entre le nœud ascendant de l'ICRS et celui de l'écliptique moyen inertiel à J2000 de S2001 sur l'équateur du repère de référence autre que l'ICRS. Chapront et al. (2002) ont déterminé des liens entre les différents systèmes de références dynamiques définis partir de DE405 et du pôle moyen des éphémérides et l'ICRF par l'intermédiaire du repère moyen écliptique de S2001 ajusté aux observations LLR. On trouvera dans la table 3.3.2 les valeurs publiées dans Chapront et al. (2002). Notons que par cette comparaison l'alignement de DE405 dans l'ICRF est confirmé avec une coïncidence des origines des ascensions droites de DE405 et de l'ICRF à mieux que 1 mas (0.7 mas à l'époque moyenne du raccordement de DE405 à l'ICRF).

### 3.3.3.3. *Éphémérides planétaires analytiques VSOP*

Les solutions VSOP sont des solutions du mouvement des planètes principales de Mercure à Neptune. Elles donnent des éphémérides de grande précision sur des intervalles de temps de l'ordre de plusieurs milliers d'années pour les planètes telluriques, de l'ordre de 1000 ans pour les grosses planètes. Les perturbations ont la forme classique de séries de Poisson des longitudes moyennes moyennes  $\bar{\lambda}$  définies par  $\bar{\lambda} = \lambda^0 + Nt$  où  $N$  est le moyen mouvement moyen. Les principales versions des solutions VSOP sont :

- VSOP82 (Bretagnon, 1982) ajustées à l'intégration numérique du JPL, DE200 (Standish, 1982) et exprimées en variables elliptiques.
- VSOP87 (Bretagnon et Francou, 1988), construites à partir de VSOP82, en variables rectangulaires et sphériques et exprimées dans divers systèmes de référence.
- Plus récemment les solutions VSOP200x (Moisson, 1999, Moisson et Bretagnon, 2001). Ces solutions ont été construites dans un cadre relativiste et prennent en compte les perturbations dues à Cérès, Pallas, Vesta, Iris et Bamberga. Les solutions VSOP200x ont été ajustées à DE403 (Standish et al., 1995), sur l'intervalle de temps [1890, 2000]. Enfin, ces solutions sont de très grande précision, au moins dix fois meilleures que les solutions VSOP82/87 sur un intervalle de temps de l'ordre de quelques dizaines d'années.

Or, même si les solutions VSOP200x sont ajustées à DE403, le repère de référence de VSOP ne correspond pas à celui de DE403. D'une part, la modélisation du problème dynamique n'est pas identique entre les deux éphémérides et d'autre part la réalisation du lien entre l'ICRS et le repère dynamique diffère de celle de DE403. Alors que le lien entre DE403 et l'ICRS est un lien établi via des données observationnelles exprimées dans l'ICRF (ce qui donne le caractère inertiel au raccordement), la définition de l'écliptique de VSOP est purement inertielle. En effet, le repère écliptique de VSOP est tel que les variables en inclinaison du barycentre Terre-Lune soient nulles à une date de référence. On choisira les valeurs d'obliquité et d'équinoxe dynamique à la date de référence à cet effet. Ainsi, le repère dynamique de VSOP2000 (Moisson, 1999 ; Bretagnon et al., 2003) est défini en utilisant les mêmes angles  $\epsilon$  et  $\phi$  que sur les figures 3.3.1 et 3.3.2. On trouvera les valeurs ainsi déterminées dans la table 3.3.2.

### 3.3.4. Conclusion

Les théories planétaires et lunaire permettent de définir un repère dans lequel évoluent les corps du système solaire à partir de la détermination de l'orbite héliocentrique du barycentre Terre-Lune. À cette orbite sont associées des théories de précession-nutation et des constantes fondamentales. Cet ensemble est appelé système de référence dynamique. Le repère de référence dynamique se caractérise par un équinoxe et un écliptique moyens à une époque de référence.

Il est possible de définir un nombre varié de systèmes de référence dynamiques. Les différences entre ces systèmes peuvent provenir des théories physiques utilisées (théories de précession et de nutation par exemple), mais aussi de la réalisation même du système. Ainsi VSOP donne une réalisation théorique du système alors que DE405 en donne une réalisation observationnelle.

### 3.4. LE SYSTÈME DE RÉFÉRENCE CÉLESTE INTERNATIONAL ICRS (International Celestial Reference System)

#### 3.4.1. Une nouvelle conception : le système de référence cinématique

Au cours des vingt dernières années s'est produit une révision dans la définition et la réalisation des systèmes de référence, conséquence de l'application des techniques spatiales d'observation à l'astrométrie de haute précision et à la géodésie. Ces techniques étaient déjà utilisées vers la fin des années quatre-vingt pour réaliser les systèmes de référence utilisés dans les études de la rotation de la Terre. Parmi elles, l'interférométrie radio à très longue ligne de base (VLBI), permettait de réaliser au mieux un ensemble de directions fixes dans l'univers, et de donner accès à une meilleure réalisation d'un système de référence inertiel.

Un système de référence est une triade de directions devant vérifier une propriété générale donnée et qui sert à décrire position et mouvement. Un système d'axes de coordonnées est une notion abstraite car les axes ne sont pas accessibles directement ; il est donc nécessaire de matérialiser le système par un ensemble de points de référence dont les coordonnées (et éventuellement les mouvements) sont connues dans le système. Les concepts de système de référence et de repère de référence ont été formalisés par Kovalevsky et Mueller (1981). Le repère *primaire* de référence est constitué d'objets dont les coordonnées et les mouvements ont été déterminés par rapport aux axes du système de référence ; ainsi, il matérialise le système de référence et le rend accessible. Parfois, le nombre d'objets du repère primaire n'est pas suffisant pour certaines applications ; dans d'autres cas, la magnitude des objets du repère est trop faible pour qu'ils puissent être observés. Il faut donc disposer d'extensions de ce repère.

La propriété qui est à la base de la définition d'un système de référence dans l'espace est le caractère inertiel du système d'axes (*cf.* 3.3). Nous pouvons distinguer deux types de systèmes de référence selon qu'ils sont construits à partir d'une définition dynamique ou cinématique. Les systèmes de référence définis à partir des mouvements planétaires correspondent à la définition dynamique. Dans le cadre de la mécanique newtonienne les équations différentielles qui représentent les mouvements planétaires sont écrites dans un système pour lequel il n'y a pas de termes d'accélération de rotation. Dans le cadre de la relativité générale, le système de coordonnées est défini par la métrique qui décrit les propriétés de l'espace-temps ; par rapport à ce système, les équations décrivant les mouvements planétaires diffèrent des équations classiques d'un ordre relatif de  $10^{-8}$  (*cf.* 3.2). Ces effets sont mis en évidence par les techniques d'observation les plus précises et doivent être considérés dans les éphémérides modernes. La faible précision des techniques classiques d'observation conduit à supposer qu'au delà du système solaire les coordonnées sont représentées dans un système de référence euclidien selon la physique newtonienne. En réalité, le système de directions qui s'étend au delà de notre système planétaire est dominé par la courbure provoquée par le champ de gravité de la Galaxie, et encore plus loin, par la distribution des masses et de l'énergie dans l'univers. Les observations avec la technique VLBI ont mis en évidence ces effets. Ces observations ont servi à réaliser des systèmes de référence basés sur une définition cinématique. Cette définition est, tant du point de vue conceptuel que du point de vue pratique,

plus simple que la définition dynamique : un ensemble de points de référence sans mouvement propre n'est affecté d'aucune rotation globale. La distance aux quasars et aux noyaux des galaxies lointaines permet de supposer que leurs mouvements propres seraient inférieures à  $10^{-5}''/\text{an}$ , même si les vitesses transversales étaient égales à leurs vitesses radiales d'éloignement (rappelons que les mouvements propres des étoiles sont de l'ordre de quelques  $10^{-2}''/\text{an}$ ). Les observations VLBI ont confirmé que les objets extragalactiques représentent un excellent modèle de directions fixes dans l'univers, et par conséquent elles permettent de réaliser au mieux (à la précision actuelle des observations) un système de référence inertiel. Dans la définition dynamique la matérialisation du système est assurée par une théorie numérique ou analytique des éphémérides planétaires, et plus particulièrement de la Terre. Les éphémérides sont une des matérialisations du système dynamique ; les catalogues fondamentaux d'étoiles sont aussi des matérialisations de ce type de système ; tel est le cas des catalogues de la série FK. Dans la conception cinématique, les catalogues de coordonnées des radiosources extragalactiques observées avec la technique VLBI matérialisent le système de référence cinématique.

Les repères de référence déterminés par VLBI ont des caractéristiques métrologiques dérivées de la technique d'observation, des objets observés et des méthodes d'analyse et de réduction des observations. L'interférométrie à longue base présente des avantages par rapport aux techniques optiques d'observation puisque les données obtenues par VLBI sont peu sensibles aux conditions météorologiques. On peut donc organiser des sessions VLBI de 24h en ascension droite, sans avoir besoin de combiner des observations réalisées dans des sites différents avec des instruments différents ; on minimise ainsi les erreurs zonales. L'analyse de longues séries d'observations réalisées avec un réseau de stations VLBI distribuées à la surface de la Terre permet de construire une sphère rigide à partir des directions aux objets extragalactiques fixes. De nouvelles analyses sont menées lors de l'acquisition d'observations ou à l'occasion de progrès dans la modélisation, l'instrumentation ou dans les méthodes de réduction.

C'est grâce à la technique VLBI que des incohérences dans les modèles conventionnels de la précession et de la nutation de l'UAI ont été mises en évidence. Des corrections aux modèles ont été obtenues à partir des observations VLBI qui ont servi à réaliser le repère de référence extragalactique.

Dans la conception cinématique des systèmes de référence, les axes du système restent fixes, orientés selon les directions initiales. Le repère est susceptible d'être modifié, mais à condition que les axes implicitement définis par les objets de référence soient orientés selon les directions initiales. Nous trouvons ici une différence fondamentale par rapport aux systèmes de référence stellaires de nature dynamique : chaque catalogue de la série de FK matérialisait un système de référence dont les axes n'étaient pas alignés à ceux du précédent et il fallait donc connaître les paramètres de transformation entre les systèmes FK.

### 3.4.2. Les recommandations de l'UAI

En 1991, l'UAI a recommandé (vingt et unième assemblée générale, Buenos Aires) l'adoption d'un système de référence céleste conventionnel dont l'origine est le barycentre du système solaire et qui



soit matérialisé par les coordonnées des radiosources extragalactiques lointaines observées avec la technique VLBI. Par souci de cohérence, il a été aussi recommandé que les coordonnées temporelles soient obtenues en utilisant une échelle de temps atomique réalisée par des horloges atomiques sur la Terre, les unités de base étant la seconde du *Système International d'unités* (SI) pour le temps propre et le mètre du SI pour la longueur propre.

Le plan principal du nouveau système conventionnel devait être aussi proche que possible de l'équateur moyen J2000, l'origine sur le plan fondamental devant être cohérente avec l'équinoxe dynamique J2000. L'UAI a aussi recommandé la comparaison des repères de référence de tous types, et particulièrement entre le FK5, le repère dynamique planétaire et le repère de référence extragalactique.

Les vingt-deuxième et vingt-troisième assemblées générales de l'UAI (UAI, 1994 et UAI, 1997) ont recommandé l'adoption du système de référence céleste de l'IERS comme système de référence céleste international, sous l'acronyme ICRS (International Celestial Reference System), et sa matérialisation par la première réalisation du repère de référence céleste international, sous l'acronyme ICRF (International Celestial Reference Frame, Ma et al., 1997 et 1998).

La vingt-sixième assemblée générale de l'UAI (UAI, 2010) a résolu d'adopter une nouvelle réalisation du repère de référence céleste international (ICRF2) ; l'IERS et des groupes de travail de l'IVS et de l'UAI ont été chargés de sa construction (IERS, 2009).

### 3.4.3. Définition de l'ICRS

L'adoption d'un système de référence basé sur une définition cinématique implique un changement philosophique dans la conception des systèmes de référence célestes. Dans les définitions précédentes, les axes étaient donnés par la dynamique des mouvements de la Terre dans l'espace et ils étaient associés à l'équateur moyen et à l'équinoxe dynamique d'une époque de référence (B1950, J2000). Dans la définition actuelle, les axes du système restent fixes par rapport à des sources lointaines dans l'univers, et de plus, ils sont dissociés des plans de l'équateur et de l'écliptique. Pour assurer la continuité, les directions des axes du système dynamique en J2000 ont été choisies pour la nouvelle définition. Par conséquent, les axes de l'ICRS sont confondus avec ceux du FK5 (Fricke et al. 1988), au niveau des incertitudes de ce dernier.

L'origine des axes de l'ICRS est au barycentre du système solaire. Cette condition est assurée par la modélisation des observations VLBI dans le cadre de la relativité générale.

Le plan principal de l'ICRS a été défini par le plan de l'équateur donné par les modèles conventionnels UAI (1976) et UAI (1980) de la précession et de la nutation (Lieske et al., 1977 ; Seidelmann, 1982). Des analyses (Souchay et al., 1995 ; Charlot et al., 1995) ont montré que le pôle de l'ICRS est déplacé par rapport au pôle moyen en J2000 de moins de 20 mas. Ceci indique que l'équateur moyen en J2000 et le plan principal de l'ICRS sont en accord. Afin de suivre les recommandations de l'UAI, la direction du pôle céleste de l'ICRS doit être aussi proche que possible de celle du système FK5. On estime que l'incertitude de la direction du pôle moyen J2000 du FK5 est de  $\pm 50$  mas (Fricke, 1982 ; Schwann, 1988 ; Fricke et al., 1988). Ceci prouve que le pôle céleste de l'ICRS est confondu avec celui du système FK5 au niveau de l'incertitude de ce dernier.

L'UAI a recommandé que l'origine des ascensions droites de l'ICRS soit proche de l'équinoxe dynamique J2000. Dans l'analyse VLBI, il n'est pas possible de séparer l'origine des ascensions droites, de la longitude de la ligne de base de l'interféromètre car l'origine des ascensions droites n'est pas fixée. L'axe Ox du système ICRS a été fixé implicitement dans sa première réalisation par l'adoption des ascensions droites des vingt-trois radiosources extragalactiques primaires (Arias et al., 1988). Ces coordonnées ont été dérivées d'un ensemble de catalogues VLBI compilés en adoptant pour l'ascension droite du quasar 3C273B la valeur de Hazard et al. (1971) dans le système FK5 (12h 29m 06.6997s en J2000).

La position de l'équinoxe dynamique dans le système ICRS a été déterminée par Folkner et al. (1994). Ils ont établi le rattachement entre l'ICRS et le système dynamique du Jet Propulsion Laboratory par comparaison des repères terrestres et des paramètres d'orientation de la Terre obtenus avec VLBI et LLR. Ils ont obtenu un écart de  $78 \pm 10$  mas entre l'axe Ox de l'ICRS et l'équinoxe moyen de l'époque J2000. Tenant compte de l'incertitude de l'origine des ascensions droites (voir, par exemple, Morrison et al., 1990), on peut affirmer que l'origine des ascensions droites de l'ICRS est confondue avec celle du FK5 dans la limite de l'incertitude de ce dernier.

#### 3.4.4. Maintenance de l'ICRS

La maintenance d'un système de référence peut se concevoir de deux manières :

- soit les coordonnées des objets dans le repère sont considérées comme pérennes, et leurs valeurs numériques restent fixes pendant quelques années (c'est la philosophie de la conception du système FK5),
- soit les axes du système restent fixes dans leurs directions initiales, mais les coordonnées des objets du repère de référence sont recalculées et modifiées si nécessaire, par exemple lors de l'introduction de nouveaux objets (c'est le principe qui est à la base de l'ICRS).

Le repère de référence qui matérialise l'ICRS peut être modifié si l'on dispose des meilleures positions des sources radio extragalactiques, à condition d'appliquer une contrainte de non-rotation globale par rapport à la réalisation précédente. Cette procédure assure que les axes sont toujours dans leurs directions initiales, et permet que le repère soit densifié ou qu'il devienne plus précis.

Dans le processus de maintenance du repère, le suivi de la stabilité des coordonnées des sources radio sur la base de nouvelles observations et analyses est essentiel. Pour cela des programmes d'observation ont été mis en place par différentes organisations (l'USNO, le GSFC, le NRAO de la NASA aux États Unis, l'observatoire de Bordeaux en France). Des observations dans l'hémisphère sud se font avec le soutien de l'IVS pour contribuer au programme astrométrique et d'imagerie des sources radio.

### 3.4.5. Accessibilité à l'ICRS

L'accès direct le plus précis à l'ICRS est donné par les observations VLBI. Cette technique est limitée à des utilisateurs dans le domaine des fréquences radio. Le VLBI est utilisé pour la maintenance du système. L'accès de l'ICRS à tous types d'utilisateurs doit être assuré grâce au rattachement de l'ICRF aux repères de référence majeurs, tels que le FK5, le repère de référence du satellite Hipparcos, les éphémérides planétaires, le repère de référence terrestre conventionnel.

Tel qu'il a été recommandé par l'UAI, le repère de référence Hipparcos est la matérialisation de l'ICRS dans les fréquences optiques. L'incertitude de l'alignement du catalogue Hipparcos à l'ICRF1 est de 0.6 mas pour l'orientation à l'époque de référence 1991.25 et de 0.25 mas/an pour la rotation (Kovalevsky et al., 1997). Une nouvelle réduction des données Hipparcos a apporté des améliorations notamment sur les parallaxes des étoiles brillantes, mais sans modifier le système des coordonnées (van Leeuwen, 2007).

Les éphémérides planétaires et lunaires sont orientées sur l'ICRS. Des études réalisées par Folkner et al. (2009) montrent que le raccordement entre l'ICRF et le repère dynamique défini à partir des éphémérides planétaires du JPL (DE 421) est connu à mieux que  $\pm 1$  mas.

Les paramètres d'orientation de la Terre calculés par l'IERS permettent d'établir le rattachement entre l'ICRF et le système de référence terrestre international ITRS (International Terrestrial Reference System) avec une exactitude de 0.1 mas. On se reportera au paragraphe 4.4 pour plus de détails.

### 3.4.6. Le repère de référence céleste international ICRF

La première réalisation du repère de référence céleste international fut adoptée par l'UAI à sa vingt-troisième assemblée générale (1997), sous l'acronyme ICRF. Il s'agit d'un catalogue fondamental qui a, par rapport à ses prédécesseurs, la caractéristique de ne pas être lié aux plans de l'équateur et de l'écliptique.

Des sources radio extragalactiques de différentes qualités astrométriques constituent l'ICRF. Les directions des axes sont définies par un groupe de sources appelées *sources de définition*; d'autres sources, de moindre qualité, sont incluses pour densifier le repère et pour permettre son rattachement à d'autres repères de référence, notamment celui du catalogue Hipparcos.

La première réalisation de l'ICRF (Ma et al. 1997 et 1998), ci-après indiquée par ICRF1, est le résultat de l'analyse de toutes les observations VLBI disponibles sur la période 1979-1995.

Les observations en dessous de  $6^\circ$  de hauteur sont rejetées. Le modèle linéaire de troposphère est complété par l'estimation de gradients. En ce qui concerne la position du pôle céleste, des corrections aux modèles UAI 1976 de la précession et UAI 1980 de la nutation ont été apportées dans l'analyse.

Des études préliminaires ont permis de détecter les sources les plus adaptées pour définir l'orientation des axes du repère. Dans un cas idéal, avec un grand nombre de données, ces sources ne doivent pas présenter de changement de position. Pour classer les sources radio de l'ICRF1,

des critères ont été définis en fonction de la qualité des données, l'historique des observations, la cohérence entre les coordonnées dérivées des différents sous-ensembles de données et les effets de structure radio des sources.

Le nombre total de sources radio extragalactiques dans la première réalisation de l'ICRF1 est 608. Deux cent douze sources ont satisfait tous les critères de sélection pour être dans la catégorie *sources de définition*. Deux cent quatre-vingt-quatorze sources n'ayant pas satisfait à un ou plusieurs critères sont des *sources candidates*. Cent deux sources ont montré d'importants changements dans leurs positions. Elles ont été néanmoins conservées dans le repère comme *autres sources*, quelques unes étant nécessaires pour rattacher l'ICRS avec d'autres systèmes de référence. La médiane des incertitudes des coordonnées des sources de définition dans l'ICRF1 est de  $\pm 0.35$  mas en ascension droite et  $\pm 0.40$  mas en déclinaison. L'analyse VLBI appliquée au calcul des coordonnées des sources de l'ICRF a donné des positions dans un système très proche de l'ICRS. La partie finale de l'établissement du repère conventionnel est son alignement à l'ICRS. Pour effectuer cet alignement on a utilisé un modèle basé sur celui qui a été développé à l'IERS pour la comparaison de catalogues VLBI (Arias et al., 1988). L'analyse de l'orientation du système quand on considère des ensembles différents de sources radio indique que les axes de l'ICRS sont stables au niveau de 0.020 mas.

Le processus de maintenance de l'ICRS prévoit des améliorations du repère chaque fois qu'elles sont justifiées par un progrès dans la précision des coordonnées, de même que par une augmentation du nombre de sources dans le repère. Deux extensions de l'ICRF1 ont été construites.

Les deux extensions de l'ICRF1 ont eu pour objectif de densifier le repère avec l'apport de coordonnées de nouvelles sources. Les sources de définition, de même que leurs coordonnées, restent celles de l'ICRF1. La première extension de l'ICRF1, ICRF-Ext.1 a été élaborée en 1998 et elle ajoute les coordonnées de cinquante neuf nouvelles sources au repère (IERS, 1999). La deuxième extension, ICRF-Ext.2 (Fey et al., 2004) est une révision du repère qui le densifie avec les positions de cent neuf sources radio.

### 3.4.7. La deuxième réalisation de l'ICRF : l'ICRF2

La deuxième réalisation du repère de référence céleste international (ICRF2) a été conclue en 2009 sur la base des positions VLBI de 295 nouvelles sources de définition. Pour la sélection des sources de définition le groupe de travail a considéré, à part l'histoire observationnelle et l'incertitude des positions, la stabilité des positions étudiées dans des séries temporelles des coordonnées ainsi que l'absence de structure radio variable (IERS, 2009). Le nombre total de sources dans l'ICRF2 est de 3414, cinq fois plus que l'ICRF1. La stabilité des axes représentés par l'ICRF2 est estimée à 10 mas, deux fois plus stable que celle obtenue par l'ICRF1.

### 3.4.8. Futur de l'ICRS

L'extension de l'ICRF à d'autres fréquences est un besoin permanent. Elle ne pourra se faire qu'avec l'ajout d'observations réalisées dans des fréquences autres qu'optiques et radio, dans des programmes astrométriques de routine. Le catalogue stellaire Hipparcos réalise l'ICRS dans les fréquences optiques. En raison des incertitudes dans les mouvements propres stellaires, il est nécessaire aussi de réaliser des opérations de maintenance sur le rattachement optique-radio. Des grands projets d'astrométrie spatiale vont sans doute y contribuer. SIM (Space Interferometry Mission) a pour objectif d'étendre les mesures de distance à des objets plus lointains et de faibles magnitudes. Ce projet, qui devrait durer cinq ans, compte mesurer  $10^5$  objets jusqu'à la magnitude 20 avec une exactitude de 4 micro-secondes de degré pour les parallaxes et 1-2 micro-secondes de degré pour les mouvements propres annuels. La mission Gaia peut être considérée comme une extension de la mission Hipparcos, toutes deux ont les mêmes caractéristiques en ce qui concerne le concept d'astrométrie globale. Le projet prévoit l'observation de  $10^9$  étoiles, et ses objectifs concernent des applications astrométriques et astrophysiques. La prochaine décennie nous permettra d'utiliser ces nouvelles observations.

## 3.5. LE SYSTÈME INTERNATIONAL DE RÉFÉRENCE TERRESTRE ITRS

### 3.5.1. Introduction

La géodésie, science de la forme de la Terre, repose sur le positionnement de points sur la surface de la Terre ou dans son environnement immédiat. La détermination des positions de points nécessite en premier lieu des mesures (ou observations) sur ces points, utilisant des techniques classiques (terrestres) ou spatiales, faisant appel à des objets célestes, artificiels ou naturels. En second lieu, les mesures sont traitées par des modèles mathématiques et physiques, permettant ainsi la détermination des coordonnées des points. Les coordonnées ainsi obtenues ne sont donc ni des quantités observables ni absolues et doivent par conséquent être rapportées à une référence. C'est ainsi qu'on appelle Système de Référence Terrestre (SRT), un objet mathématique, satisfaisant une définition idéale et, dans lequel les coordonnées des points seront exprimées. Pour réaliser ce système (c'est à dire le rendre accessible aux utilisateurs), on fait appel à un Repère de Référence Terrestre (RRT) constituant la matérialisation physique du SRT.

La distinction entre "système de référence" et "repère de référence" est donc subtile du fait que le premier est plutôt invariable et inaccessible alors que le deuxième est, lui, accessible et perfectible.

L'utilisation des techniques spatiales depuis une vingtaine d'années a bouleversé le positionnement sur la surface de la Terre. En effet, les incertitudes initialement de l'ordre du décimètre sont maintenant de l'ordre du centimètre, voire de quelques millimètres.

Toutefois, chaque technique et chaque stratégie d'analyse définit et réalise son propre système. Ainsi, assiste-t-on à des réalisations diverses de systèmes de référence, présentant des biais et

systématiser les unes par rapport aux autres. Ce constat a conduit les instances internationales et en particulier l'Union Astronomique Internationale (UAI), l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (UGGI) et l'Association Internationale de Géodésie (AIG) à adopter, en 1991, l'ITRS (International Terrestrial Reference System) en tant que système de référence terrestre unique, pour toutes les applications relatives à la science de la Terre.

La réalisation de l'ITRS, appelée (ITRF : International Terrestrial Reference Frame) par les techniques modernes de géodésie spatiale a été confiée au Service International de la Rotation de la Terre et des Systèmes de Référence (IERS : International Earth Rotation and Reference Systems Service), créé en 1988. L'IERS est en charge de trois références globales : l'ITRS, le Système International de Référence Céleste (ICRS) et la rotation de la Terre qui lie les deux systèmes.

L'idée de base de l'ITRF est de combiner les positions de stations (et leur vitesses), calculées par différents centres d'analyse en utilisant les observations des techniques spatiales telle que l'interférométrie à très longue base (VLBI) la télémétrie laser sur satellite (SLR) le Global Positioning System (GPS) et le Doppler Orbitography Radio-positioning Integrated by Satellite (DORIS).

### 3.5.2. Concepts et définitions des systèmes de référence terrestres

Un système de référence terrestre (SRT) est un système de référence spatial tournant avec la Terre dans son mouvement diurne dans l'espace. Dans ce système, les positions de points localisés sur la surface de la Terre solide possèdent des coordonnées sujettes à des variations temporelles dues à des effets géophysiques (en particulier tectoniques ou de marées terrestres et océaniques).

Afin de suivre la terminologie adoptée depuis une vingtaine d'années par la communauté géodésique et astronomique (Kovalevsky et al., 1989 ; Boucher, 2001) on distingue trois types de systèmes de référence terrestres : le système de référence idéal, le système de référence conventionnel et le repère de référence conventionnel. On note ainsi que le SRT n'est théoriquement pas accessible, et on utilise sa réalisation physique, appelée Repère de Référence Terrestre (RRT).

Un *Système de Référence Terrestre (SRT)* est modélisé par un repère affine  $(O, E)$  d'un espace Euclidien orthogonal où  $O$ , l'origine, est un point quelconque de l'espace et  $E$  est une base orthogonale vérifiant :

$$\lambda = \|\mathbf{E}_i\|_{i=1,2,3} \quad (3.5.1)$$

avec  $\mathbf{E}_i \cdot \mathbf{E}_j = \lambda^2 \delta_{ij}$ .

$\lambda$  est l'unité de longueur des vecteurs origine de la base exprimée en mètres (SI) et  $\delta_{ij}$  est le symbole de Kronecker.

Dans le cadre des activités géodésiques internationales et en particulier à l'IERS, on considère un système géocentrique où l'origine est le centre des masses de la Terre et où l'orientation est équatoriale (l'axe Oz est orienté selon la direction des pôles).

La transformation générale des coordonnées cartésiennes permettant de passer d'un SRT 1 à un SRT 2 est donnée par une similitude tridimensionnelle telle que :

$$X_2 = T + \lambda \cdot \mathcal{R} \cdot X_1 \quad (3.5.2)$$

où  $T$  est le vecteur translation,  $\lambda$  l'échelle et  $\mathcal{R}$  une rotation se décomposant en trois rotations selon les axes  $O_x$ ,  $O_y$ ,  $O_z$  :

$$\mathcal{R}_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos R1 & \sin R1 \\ 0 & -\sin R1 & \cos R1 \end{pmatrix}$$

$$\mathcal{R}_y = \begin{pmatrix} \cos R2 & 0 & -\sin R2 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin R2 & 0 & \cos R2 \end{pmatrix}$$

$$\mathcal{R}_z = \begin{pmatrix} \cos R3 & \sin R3 & 0 \\ -\sin R3 & \cos R3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

L'équation (3.5.2) permet la linéarisation de la relation standard de transformation entre deux systèmes de référence ainsi que sa dérivée par rapport au temps. C'est une similitude euclidienne à sept paramètres : trois translations, un facteur d'échelle et trois rotations, notés respectivement  $T1$ ,  $T2$ ,  $T3$ ,  $D$ ,  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  et leur dérivées :  $\dot{T}1$ ,  $\dot{T}2$ ,  $\dot{T}3$ ,  $\dot{D}$ ,  $\dot{R}1$ ,  $\dot{R}2$ ,  $\dot{R}3$ . La transformation d'un vecteur coordonnées  $X_1$  exprimé dans un système de référence 1 en un vecteur  $X_2$  exprimé dans le système de référence 2 est donnée par la formule (3.5.3) suivante, supposée linéaire pour des jeux de coordonnées issus des techniques de géodésie spatiale (les différences d'origine sont de quelques centaines de mètres, et celles d'échelle et d'orientation sont inférieures à  $10^{-5}$  <sup>(1)</sup>) :

$$X_2 = X_1 + T + DX_1 + RX_1 \quad (3.5.3)$$

avec :

$$T = \begin{pmatrix} T1 \\ T2 \\ T3 \end{pmatrix}, \quad \lambda = 1 + D, \quad \mathcal{R} = (I + R) \quad \text{et} \quad R = \begin{pmatrix} 0 & -R3 & R2 \\ R3 & 0 & -R1 \\ -R2 & R1 & 0 \end{pmatrix}$$

où  $I$  est la matrice unité.

En général,  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $T$ ,  $D$  et  $R$  sont fonction du temps. En différenciant la relation (3.5.3) par rapport au temps, nous avons donc :

$$\dot{X}_2 = \dot{X}_1 + \dot{T} + \dot{D}X_1 + D\dot{X}_1 + \dot{R}X_1 + R\dot{X}_1 \quad (3.5.4)$$

<sup>(1)</sup> Les termes du 2ème ordre, négligés dans ce modèle, sont, au maximum, de l'ordre de  $10^{-10}$ , soit 0.6 mm.

$D$  et  $R$  étant de l'ordre de  $10^{-5}$  et  $\dot{X}$  de l'ordre de 10 cm par an, on négligera les termes  $D\dot{X}_1$  et  $R\dot{X}_1$  qui sont de l'ordre de 0.1 mm sur 100 ans. L'équation (3.5.4) peut donc s'écrire :

$$\dot{X}_2 = \dot{X}_1 + \dot{T} + \dot{D}X_1 + \dot{R}X_1 \quad (3.5.5)$$

Un *Repère de Référence Terrestre* (RRT) est défini comme la réalisation numérique du SRT, via la réalisation de son origine, son échelle, son orientation et leur évolutions temporelles. On considère aussi que la réalisation est obtenue par la détermination précise des coordonnées temporelles d'un ensemble de points physiques, exprimées dans un système de coordonnées spécifique.

### 3.5.3. Réalisation d'un système de référence terrestre

On distingue essentiellement deux grands types de réalisation de systèmes de référence :

- réalisation à partir des mesures d'une seule ou de plusieurs techniques de géodésie spatiale ;
- réalisation par combinaison de repères de référence terrestres fournis par les techniques spatiales.

#### 3.5.3.1. Réalisation à partir des mesures des techniques de géodésie spatiale

D'une manière générale, sept paramètres sont nécessaires pour définir un RRT à une époque donnée, auxquels on ajoute leurs dérivées par rapport au temps pour définir l'évolution temporelle du RRT. La sélection de ces quatorze paramètres permet de définir le RRT en termes d'origine, d'échelle, d'orientation et d'évolution temporelle.

Les techniques de géodésie spatiale ne sont pas toutes sensibles à tous les paramètres de définition du RRT. L'origine est théoriquement accessible par les techniques dynamiques (LLR, SLR, GPS, DORIS). L'échelle dépend de certains paramètres physiques (tels que la constante gravitationnelle  $GM$  et la vitesse de la lumière  $c$ ) et des effets relativistes. Une variation temporelle de l'échelle n'a en principe pas de sens physique, on constate cependant numériquement des variations en comparant certains RRT entre eux. L'orientation et sa variation temporelle sont arbitrairement ou conventionnellement définies. Il est cependant recommandé de définir l'évolution temporelle de l'orientation par une condition de non-rotation globale par rapport aux mouvement horizontaux sur la surface de la Terre.

Les observations des techniques de géodésie spatiale ne contenant pas tous les paramètres nécessaires pour établir un RRT, des informations externes supplémentaires sont donc nécessaires pour compléter la définition du RRT. En termes d'équations normales, habituellement construites à partir des observations, cette situation est reflétée par le fait que la matrice normale,  $N$ , est singulière, puisqu'elle a un défaut de rang correspondant au nombre de paramètres du repère non réduits par les observations. Afin de pallier ce défaut de rang, les centres d'analyse cumulent des contraintes appliquées sur une partie ou sur l'ensemble des stations du réseau traité :

- contraintes détachables : solutions pour lesquelles les positions/vitesses des stations sont contraintes à des valeurs externes avec une incertitude  $\sigma \approx 10^{-5}$  m pour les positions et  $10^{-5}$  m/an pour les vitesses.



- contraintes lâches : solutions pour lesquelles les incertitudes appliquées aux contraintes sont  $\sigma \geq 1$  m pour les positions et  $\geq 10$  cm/an pour les vitesses.
- contraintes minimales qui servent uniquement à définir le RRT avec un minimum d'information. Pour plus de détails sur les concepts et l'utilisation des contraintes minimales, voir par exemple, (Sillard et Boucher, 2001 ; Altamimi et al., 2001, 2003b).

Notons toutefois que la vieille habitude où des contraintes très fortes sont appliquées ( $\sigma \leq 10^{-10}$  m), n'est plus souhaitable car ce type de contraintes doit sans doute altérer la qualité réelle des paramètres estimés.

Dans le cas des contraintes détachables ou lâches, cela revient à écrire l'équation d'observation suivante :

$$X - X_0 = 0 \tag{3.5.6}$$

où  $X$  est le vecteur des paramètres estimés (positions et/ou vitesses) et  $X_0$  est celui des paramètres à priori. Dans le cas des contraintes minimales, l'équation d'observation utilisée est sous la forme :

L'équation de contraintes minimales de base a la forme :

$$B(X - X_0) = 0 \tag{3.5.7}$$

où  $B = (A^T A)^{-1} A^T$  et  $A$  est la matrice modèle des dérivées partielles, construite sur les valeurs à priori ( $X_0$ ). Elle est donnée par :

$$A = \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & 0 & 0 & x_0^i & 0 & z_0^i & -y_0^i & \cdot \\ 0 & 1 & 0 & y_0^i & -z_0^i & 0 & x_0^i & \cdot \\ 0 & 0 & 1 & z_0^i & y_0^i & -x_0^i & 0 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} \tag{3.5.8}$$

dans le cas où seulement les positions des stations sont estimées, ou :

$$A = \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & 0 & 0 & x_i^0 & 0 & z_i^0 & -y_i^0 & & & & & & \\ 0 & 1 & 0 & y_i^0 & -z_i^0 & 0 & x_i^0 & & & \approx 0 & & & \\ 0 & 0 & 1 & z_i^0 & y_i^0 & -x_i^0 & 0 & & & & & & \\ & & & \approx 0 & & & & 1 & 0 & 0 & x_i^0 & 0 & z_i^0 & -y_i^0 \\ & & & & & & & & 0 & 1 & 0 & y_i^0 & -z_i^0 & 0 & x_i^0 \\ & & & & & & & & 0 & 0 & 1 & z_i^0 & y_i^0 & -x_i^0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} \tag{3.5.9}$$

dans le cas où les positions et les vitesses sont estimées simultanément.

La distinction fondamentale entre les deux approches est que dans l'équation (3.5.6), l'inconnue  $X$  est contrainte à être égale à  $X_0$ , alors que dans l'équation (3.5.7),  $X$  est exprimée dans le même RRT  $X_0$ , en utilisant le projecteur  $B$  qui contient toute l'information nécessaire à définir le RRT

sous-jacent. Notons cependant que les deux approches sont sensibles à la configuration et à la qualité des stations ( $X_0$ ) utilisées dans ces contraintes. En terme d'équation normale, l'équation (3.5.7) peut s'écrire sous la forme :

$$(B^T \Sigma_\theta^{-1} B)X = (B^T \Sigma_\theta^{-1} B)X_0 \quad (3.5.10)$$

où  $\Sigma_\theta$  est une matrice diagonale contenant des variances assez petites (de l'ordre du mm) pour chacun des paramètres de transformation. Le cumul de l'équation (3.5.8) à la matrice normale,  $N$ , permet donc son inversion et, dans le même temps, exprime la solution estimée dans le même RRF que la solution  $X_0$ . Il faut cependant souligner que les sept colonnes de la matrice  $A$  correspondent aux sept paramètres de fixation du RRF (trois translations, un facteur d'échelle et trois rotations). Par conséquent cette matrice  $A$  doit être réduite aux seuls paramètres manquants non réduits par les observations (i.e. trois rotations dans toutes les techniques et trois translations dans le cas de la technique VLBI).

### 3.5.3.2. Réalisation par combinaison de repères de référence individuels

La combinaison de repères de référence terrestres issus de traitement des observations des techniques de géodésie spatiale est basée sur la relation fondamentale de transformation entre deux RRT des équations (3.5.3) et (3.5.5).

On suppose que pour chaque solution individuelle  $s$ , et chaque point  $i$ , nous avons la position  $X_s^i$  à une époque  $t_s^i$  et la vitesse  $\dot{X}_s^i$ , exprimées dans un RRT  $k$ .

La combinaison consiste en l'estimation :

- des positions  $X_c^i$  à une époque donnée  $t_0$  et des vitesses  $\dot{X}_c^i$  exprimées dans le RRT combiné  $c$ .
- des paramètres de transformation  $T_k$  à une époque  $t_k$  et leurs dérivées par rapport au temps  $\dot{T}_k$ , du RRT combiné vers chaque RRT individuel.

Un modèle général de combinaison de positions et vitesses de stations peut s'écrire sous la forme :

$$\begin{aligned} X_s^i &= X_c^i + (t_s^i - t_0) \dot{X}_c^i + T_k + D_k X_c^i + R_k X_c^i \\ &\quad + (t_s^i - t_k) \left[ \dot{T}_k + \dot{D}_k X_c^i + \dot{R}_k X_c^i \right] \\ \dot{X}_s^i &= \dot{X}_c^i + \dot{T}_k + \dot{D}_k X_c^i + \dot{R}_k X_c^i \end{aligned} \quad (3.5.11)$$

## 3.5.4. Le Système International de Référence Terrestre ITRS

### 3.5.4.1. Historique

L'historique de l'ITRS remonte à 1984, quand pour la première fois un RRT combiné, appelé BTS84 a été obtenu en utilisant des coordonnées de stations issues des observations VLBI, LLR, SLR et Doppler/ TRANSIT le prédécesseur de GPS (Boucher et Altamimi, 1985). Le BTS84 a été réalisé

dans le cadre des activités du Bureau International de l'Heure (BIH) jouant le rôle de centre de coordination pour la campagne internationale MERIT (Monitoring of Earth Rotation and Inter-comparison of Techniques). Trois autres réalisations du BTS ont été successivement établies, la dernière étant le BTS87, quand, en 1988, l'IERS a été créé par l'Union Internationale de Géodésie et de Géophysique et l'Union Astronomique Internationale.

Au moment où nous écrivons, douze versions de l'ITRF ont été publiées, commençant par l'ITRF88 et se terminant par l'ITRF2008, chacune d'elles étant une amélioration et un remplacement de la précédente.

#### 3.5.4.2. Définition de l'ITRF

De l'ITRF88 à l'ITRF93, la définition du RRT est résumée comme suit :

- L'origine et l'échelle sont définies par une moyenne de certaines solutions SLR.
- L'orientation est définie par des alignements successifs, depuis le BTS87 dont l'orientation a été alignée aux séries des paramètres d'orientation de la Terre (EOP) du BIH. Il est à noter cependant que l'orientation du BTS87 ainsi que son évolution temporelle ont à nouveau été alignées sur les EOP de l'IERS.
- L'évolution temporelle en orientation : pour l'ITRF88 et l'ITRF89, il n'y avait pas de champ de vitesses estimé, le modèle de mouvement des plaques tectoniques AM0-2 (Minster et Jordan, 1978) a été utilisé comme référence. À partir de l'ITRF91 jusqu'à l'ITRF93, des champs de vitesses combinés ont été estimés. L'évolution temporelle en orientation de l'ITRF91 a été alignée au modèle NNR-NUVEL-1 (Argus et al., 1991), celle de l'ITRF92 au modèle NNR-NUVEL-1A, alors que celle de l'ITRF93 a été alignée aux séries EOP de l'IERS.

Depuis l'ITRF94, les matrices de variance complètes des solutions individuelles introduites dans les combinaisons ITRF ont été utilisées. La fixation du RRT ITRF94 a été réalisée de la manière suivante :

- L'origine est une moyenne pondérée de certaines solutions SLR et GPS.
- L'échelle est une moyenne pondérée de certaines solutions VLBI, SLR et GPS. Elle a été ensuite corrigée par un facteur d'échelle  $(1 + 0.7 \times 10^{-9})$  afin d'être en accord avec les résolutions de l'UGGI et de l'UAI, adoptant l'échelle de temps TCG, au lieu de l'échelle de temps TT utilisée par les centres d'analyse (*cf.* chapitre 2).
- L'orientation est alignée à l'ITRF92.
- L'évolution temporelle est définie en alignant le champ de vitesses de l'ITRF94 au modèle NNR-NUVEL-1A, sur les sept dérivées des paramètres de transformation.

L'ITRF96 a ensuite été aligné à l'ITRF94, et l'ITRF97 à l'ITRF96, sur les quatorze paramètres de transformation.

Le réseau ITRF a progressivement augmenté en nombre de sites et en particulier ceux en colocalisations. La figure 3.5.1 montre le réseau ITRF88 ayant une centaine de sites et vingt-deux colocalisations (VLBI/SLR/LLR), et l'ITRF2000 contenant près de cinq cents sites et une centaine de colocalisations.

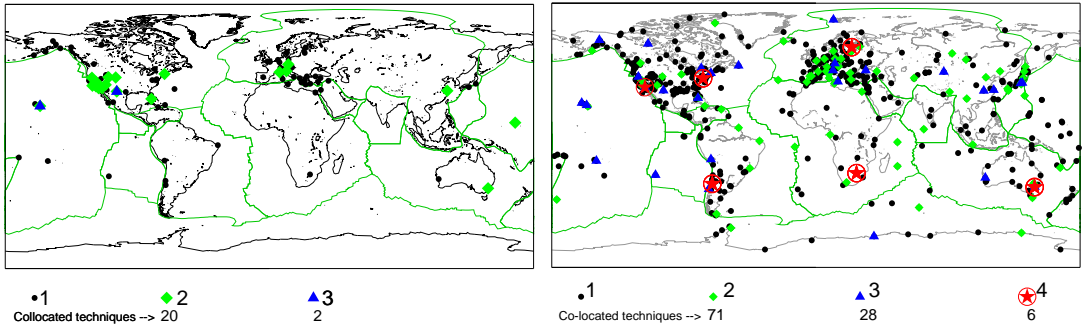


Fig. 3.5.1. Répartition des sites ITRF88 (gauche) et ITRF2008 (droite).

L'ITRF2000 est une solution étendue et améliorée dans le but de servir de référence à la fois pour le géo-référencement et les applications en science de la Terre. En plus des sites primaires, VLBI, SLR, GPS et DORIS, l'ITRF2000 comprends une densification par des réseaux GPS régionaux, en Alaska, Antarctique, Asie, Europe, les deux Amériques et dans le Pacifique.

Les solutions individuelles utilisées dans la combinaison ITRF2000 sont libres de toute contrainte externe. Les contraintes de définition de repère de référence sont détachables, lâches ou minimales.

En terme de définition du repère, l'ITRF2000 se caractérise par les propriétés suivantes :

- L'origine est déterminée en fixant à zéro les translations et leurs dérivées entre l'ITRF2000 et une moyenne pondérée de cinq solutions SLR
- L'échelle est déterminée en fixant à zéro l'échelle et sa dérivée entre l'ITRF2000 et une moyenne pondérée des cinq solutions SLR et trois solutions VLBI. Contrairement à l'échelle de l'ITRF97 compatible avec le TCG, l'ITRF2000 est compatible avec le TT.
- L'orientation est déterminée en alignant les angles de rotation à ceux de l'ITRF97 à l'époque 1997.0 et leurs dérivées à celles du modèle NNR-NUVEL-1A (Argus et al., 1991 ; DeMets et al., 1990, 1994).

### 3.5.5. L'ITRF2005

Pour la première fois de l'histoire de l'ITRF, l'ITRF2005 a été construit en utilisant des séries temporelles de positions de stations et de paramètres de rotation de la Terre. Une série temporelle par technique a été considérée : journalière dans le cas de la technique VLBI et hebdomadaire dans le cas des techniques satellitaires (SLR, GPS et DORIS). Ces solutions représentent les séries officielles des services internationaux des quatre techniques (IVS, ILRS, IGS et IDS), reconnus par l'IERS sous le nom de "Centre Technique". Il faut noter que ces solutions sont les résultats des combinaisons, au sein de chaque service, des centres d'analyses participant aux activités de chaque service.

L'origine de l'ITRF2005 est définie par l'annulation des composantes de translation de la solution SLR. Son échelle est définie en fixant à zéro l'échelle de la solution VLBI et son orientation est définie par alignement à l'ITRF2000.

### 3.5.6. L'ITRF2008, la réalisation courante de l'ITRS

Au moment où nous écrivons, l'ITRF2008 représente la version courante de l'ITRF.

En suivant la même stratégie que pour l'élaboration de l'ITRF2005, l'ITRF2008 est basé sur des solutions re-calculées des quatre techniques de géodésie spatiale : VLBI, SLR, GPS et DORIS, couvrant respectivement 29, 26, 12.5 et 16 ans d'observations.

L'ITRF2008 est composé de 934 stations réparties sur 580 sites, avec une distribution inhomogène entre l'hémisphère nord (463 sites) et l'hémisphère sud (117 sites).

Comme illustré par la figure 3.5.1, il y a au total 105 sites co-localisés dont 91 disposent de rattachements géodésiques locaux. Il faut aussi noter que les sites co-localisés de l'ITRF2008 ne sont pas tous en opération actuellement. Par exemple, parmi les six sites disposant de quatre techniques, deux seulement sont en activité aujourd'hui : Hartebeesthoek, Afrique du sud, et Greenbelt, MD, USA. L'ITRF2008 est caractérisé par les propriétés suivantes :

- L'origine est définie par le fait qu'il n'y a pas de translation entre l'ITRF2008 et la solution SLR ;
- L'échelle est définie par une échelle nulle entre l'ITRF2008 et la moyenne des échelles VLBI et SLR ;
- L'orientation est définie par alignement sur la solution ITRF2005 en utilisant un ensemble de 179 stations de référence réparties sur 131 sites, incluant 107 GPS, 27 VLBI, 15 SLR et 12 DORIS.

## 3.6. PASSAGE DU SYSTÈME DE RÉFÉRENCE CÉLESTE GÉOCENTRIQUE AU SYSTÈME DE RÉFÉRENCE TERRESTRE

### 3.6.1. Introduction

La réduction de toute observation d'un objet céleste effectuée depuis la Terre, exige une transformation qui fait passer des coordonnées de l'objet dans le système de référence céleste aux coordonnées de ce même objet dans le système de référence terrestre où l'on connaît les coordonnées de la station d'observation.

Cette transformation de coordonnées s'effectue en deux étapes. La première étape, qui correspond au passage d'un système de référence centré au barycentre du système solaire à un système

de référence centré au centre de masse de la Terre, a été décrite en 3.2. dans le cadre de la forme générale de la transformation entre les systèmes de référence relativistes notés BCRS et GCRS. Cette transformation prend en compte les effets de parallaxe annuelle et d'aberration annuelle à la date d'observation, ainsi que l'effet de déflexion de la lumière dans le champ gravitationnel des corps du système solaire (excepté la Terre). Cela permet de passer des coordonnées d'un objet céleste données par un catalogue ou par une éphéméride à ses coordonnées dans le système de référence céleste géocentrique GCRS, appelés couramment coordonnées *apparentes* (cf. 3.3). La deuxième étape, qui correspond au passage des coordonnées dans le système de référence céleste géocentrique GCRS aux coordonnées dans le système de référence terrestre ITRS, prend en compte l'orientation de la Terre dans le système de référence céleste à la date d'observation.

Le but de ce chapitre est de donner l'expression de la transformation de coordonnées entre le GCRS et l'ITRS à utiliser dans les réductions d'observations en fonction de quantités qui permettent de décrire l'orientation de la Terre dans le système de référence céleste suivant les conventions qui ont été adoptées par l'UAI en 2000.

### 3.6.2. Expression générale de la transformation

Les directions d'étoiles ou de quasars observés depuis la Terre à une certaine date se rapportent directement à un axe intermédiaire très proche de l'axe instantané de rotation. On est ainsi amené à introduire, dans le passage entre les systèmes de référence ITRS et GCRS, un système de référence céleste instantané dit *intermédiaire*, défini de façon conventionnelle de façon à exprimer au mieux les quantités observées au cours des réductions d'observations. Ainsi, pour effectuer le passage du GCRS à l'ITRS, on passe d'abord des axes du système de référence céleste géocentrique dans lequel les coordonnées des directions des objets célestes sont calculées aux axes du système de référence intermédiaire instantané. Ce passage inclut (i) une rotation indépendante du temps entre le GCRS et le système de référence équatorial moyen à l'époque de référence  $t_o$  et (ii) une rotation pour passer du système de référence équatorial moyen de l'époque  $t_o$  au système de référence intermédiaire animé du mouvement de précession et de nutation. L'axe  $Ox$  de ce système de référence intermédiaire est arbitraire, les ascensions droites d'étoiles ou de quasars étant déterminées de façon relative. Pour exprimer les coordonnées angulaires d'un astre dans le système de référence terrestre il faut ensuite tenir compte de l'angle de rotation de la Terre dans le système de référence céleste autour de l'axe du pôle intermédiaire à partir de l'origine choisie ainsi que du déplacement de ce pôle par rapport à la Terre.

Si l'on désigne par  $[CRS]$  et  $[TRS]$  les matrices-colonnes des coordonnées rectangulaires d'un vecteur dans les systèmes de référence céleste et terrestre, respectivement, on peut ainsi écrire, les deux systèmes de référence étant supposés directs :

$$[TRS] = W(t) R(t) C(t) [CRS], \tag{3.6.1}$$

expression dans laquelle les matrices de transformation  $W$ ,  $R$ ,  $C$  tiennent compte des effets suivants :

- le mouvement du pôle, ou déplacement du pôle intermédiaire par rapport au système de référence terrestre, dans  $W(t)$  ;
- l'angle de rotation de la Terre dans le système de référence céleste autour de l'axe du pôle, c'est-à-dire le long de l'équateur de la date, dans  $R(t)$  ;
- le déplacement céleste du pôle intermédiaire, c'est-à-dire la précession-nutation, ainsi que l'écart entre le système de référence équatorial moyen de l'époque de référence et le système de référence céleste, dans  $C(t)$ .

Les dates d'observation étant exprimées en jour, soit dans l'échelle TAI, soit dans l'échelle TDB, on a :

$$t = (\text{TAI} - 2\,451\,545)/36\,525 \approx (\text{TDB} - 2\,451\,545)/36\,525. \quad (3.6.2)$$

Il existe deux options équivalentes pour la transformation (3.6.1) suivant l'origine utilisée pour compter l'angle de rotation de la Terre, soit l'équinoxe pour l'expression classique du temps sidéral, soit l'*origine non-tournante* (NRO, Non Rotating Origin), définie par Guinot en 1979 (*cf.* 3.6.4.4). Le choix de l'équinoxe vrai de la date comme origine sur l'équateur instantané avait des raisons historiques. Une origine des coordonnées célestes définie à partir de mesures de positions d'étoiles dérive dans le temps du fait de la mauvaise connaissance des mouvements propres. C'est pourquoi on a préféré, dans le passé, déterminer cette origine à partir des mouvements des corps du système solaire dont la théorie fait tout naturellement intervenir l'écliptique et l'équinoxe. L'usage de l'équinoxe dans la réduction d'observations n'a par contre aucun intérêt particulier lorsque ces observations ne sont pas directement sensibles à la position de l'écliptique (observations d'étoiles, de quasars, de satellites artificiels, etc.) et l'axe Ox du système de référence intermédiaire de la date peut alors être choisi indépendamment de l'équinoxe. Le choix d'un axe dirigé vers l'origine non-tournante permet alors de clarifier les concepts intervenant dans la transformation (3.6.1) et d'améliorer l'exactitude de ses différentes composantes. L'utilisation de la NRO a été recommandée par la résolution B1.8 de l'UAI adoptée en 2000.

### 3.6.3. Les résolutions 2000 et 2006 de l'UAI relatives à la transformation entre les systèmes de référence terrestre et céleste

Plusieurs résolutions concernant la transformation entre les systèmes de référence céleste et terrestre ont été adoptées par la vingt-quatrième assemblée générale de l'UAI (UAI, 2001) ; elles ont été mises en pratique par les conventions et les procédures de l'IERS qui sont entrées en vigueur le 1 janvier 2003 (*cf.* IERS, 2002 et IERS, 2003).

#### *Résolution UAI 2000 B1.7 : Définition du pôle céleste intermédiaire*

Cette résolution recommande l'utilisation, à partir du 1 janvier 2003, du *pôle céleste intermédiaire* (CIP, Celestial Intermediate Pole) comme pôle céleste de la date, à la place du *pôle céleste des éphémérides* (CEP, Celestial Ephemeris Pole) qui avait été défini par le précédent modèle de nutation (UAI 1980). Ce pôle est défini par une convention relative à son mouvement dans le GCRS et l'ITRS qui étend la précédente définition du CEP dans le domaine des fréquences plus élevées (Capitaine, 2000a et 2000b). La nouvelle convention est telle que les nutations forcées

ayant des périodes inférieures à deux jours sont incluses dans le modèle du mouvement du CIP dans l'ITRS.

La résolution B1.7 précise que le mouvement du CIP dans le GCRS est obtenu par le modèle de précession-nutation UAI 2000 pour des périodes supérieures à deux jours, corrigées des corrections additionnelles dépendant du temps et fournies par l'IERS à partir d'observations astro-géodésiques. De même, le mouvement du CIP dans l'ITRS est fourni par l'IERS à partir d'observations astro-géodésiques et des modèles incluant des variations à hautes fréquences.

*Résolution UAI 2000 B1.8 : Définition et usage des origines céleste et terrestre*

Cette résolution recommande d'utiliser comme origines sur l'équateur du CIP, les origines non-tournantes à la fois par rapport au GCRS et à l'ITRS. Ces origines étaient appelées respectivement *origine céleste des éphémérides* (CEO, Celestial Ephemeris Origin) et *origine terrestre des éphémérides* (TEO, Terrestrial Ephemeris Origin). Finalement, lors de sa vingt-sixième assemblée générale en 2006, l'UAI a adopté dans sa résolution B2 que la désignation «intermédiaire» soit utilisée pour décrire les systèmes de référence céleste et terrestre. Ainsi les origines non-tournantes pour le GCRS et l'ITRS sont nommées respectivement *origine céleste intermédiaire* (CIO, Celestial Intermediate Origin) et *origine terrestre intermédiaire* (TIO, Terrestrial Intermediate Origin), par souci d'homogénéisation avec le terme «intermédiaire» utilisé pour le pôle (UAI, 2006).

L'*angle de rotation de la Terre* (ERA, Earth Orientation Angle) est défini comme étant l'angle entre le TIO et le CIO, mesuré positivement dans le sens rétrograde, le long de l'équateur du CIP. La résolution B1.8 recommande que UT1 soit linéairement proportionnel à l'ERA et que la transformation entre le GCRS et l'ITRS soit spécifiée par la position du CIP dans le GCRS, la position du CIP dans l'ITRS et l'ERA. La relation linéaire entre l'ERA, noté  $\theta$ , et UT1 est celle donnée par Capitaine et al. (2000) :

$$\theta(UT1) = 2\pi (0.779\,057\,273\,2640 + 1.002\,737\,811\,911\,354\,48 \times (t - 2\,451\,545.0)), \quad (3.6.3)$$

où  $t$  est la date julienne en UT1.

L'IERS est chargé d'implanter cette résolution depuis le 1 janvier 2003 tout en continuant à fournir aux utilisateurs les données et les algorithmes pour la transformation conventionnelle.

### 3.6.4. Les paramètres d'orientation de la Terre

#### 3.6.4.1. Définition des paramètres à utiliser

L'orientation de la Terre dans un système de référence céleste, centré au centre de masse de la Terre, est donnée par trois paramètres. En fait, le mouvement de la Terre autour de son centre de masse comporte une composante non prévisible, constituée du mouvement du pôle et des variations de la vitesse angulaire de rotation, et une composante prévisible qui constitue la précession-nutation. Ces diverses composantes sont décrites dans le chapitre 4. La représentation de la rotation de la



Terre exige la connaissance du mouvement de l'axe instantané de rotation à la fois dans le système de référence céleste et dans le système de référence terrestre, ainsi que du mouvement de rotation de la Terre autour de son axe de rotation. On utilise ainsi, en pratique, cinq paramètres appelés *paramètres d'orientation de la Terre* (EOP, Earth Orientation Parameters) (cf. 4.4). Deux d'entre eux représentent la trajectoire du pôle intermédiaire sur la sphère céleste, deux autres expriment les coordonnées,  $x_p, y_p$ , de ce pôle sur la sphère terrestre et le cinquième, la rotation de la Terre autour de l'axe du pôle. La connaissance de ces cinq paramètres en fonction de la date est indispensable pour effectuer la transformation (3.6.1).

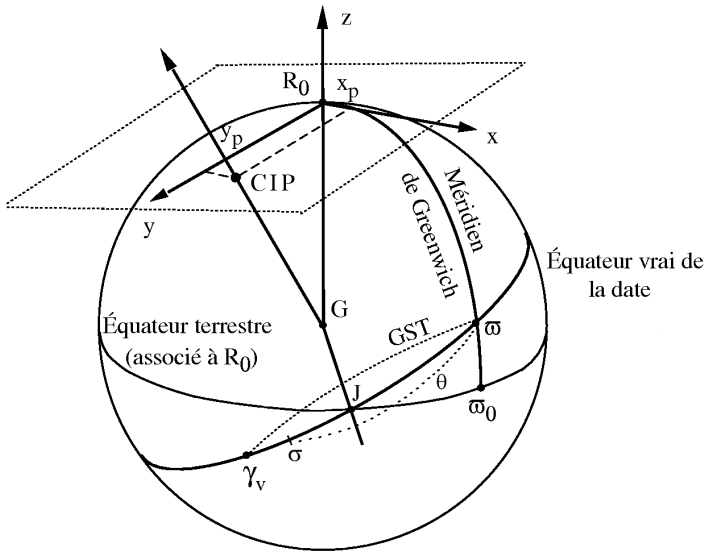
Le Temps universel UT1, le temps sidéral à Greenwich GST (Greenwich Sidereal Time) et l'ERA  $\theta$ , sont trois angles qui donnent la direction du méridien origine par rapport à une direction céleste origine et peuvent ainsi être utilisés pour mesurer l'angle de rotation de la Terre. Pour des raisons historiques, c'est le Temps universel UT1, considéré dans le passé comme une forme théorique de temps solaire, qui est utilisé comme l'un des paramètres de rotation de la Terre. UT1 se rapporte à la direction d'un Soleil moyen fictif ayant un mouvement uniforme en UT1 le long de l'équateur. La définition de UT1 est ainsi basée sur une relation avec un angle horaire qui mesure plus directement l'angle de rotation de la Terre dans le système de référence céleste, tels que GST, angle horaire du point  $\gamma$  (expression classique) ou l'ERA,  $\theta$ , angle horaire de l'origine non-tournante (expression nouvelle). GST se rapporte à une direction qui subit la précession et la nutation, tandis que  $\theta$  se rapporte à une direction qui, par définition, n'a aucune rotation instantanée (cf. 3.6.4.4). Ceci permet de définir UT1 comme étant proportionnel à l'angle de rotation de la Terre dans le système de référence céleste. Les variations relatives de la vitesse angulaire de rotation de la Terre,  $m_3 = (\omega_3 - \Omega)/\Omega$ , se traduisent par des variations  $\Delta\text{UT1}$  du paramètre UT1, telles que :  $\Delta\text{UT1} = (1/k) \int_0^t m_3 dt$ ,  $k$  étant le facteur de proportionalité entre  $\theta$  et UT1. Elles s'obtiennent par la détermination de UT1 – TAI à partir d'observations.

La figure 3.6.1 illustre la définition des paramètres qui décrivent l'orientation de la Terre à utiliser dans la transformation (3.6.1). Sur cette figure, G est le centre de masse de la Terre, Gz est l'axe des z du système de référence terrestre de référence défini au paragraphe 3.5 ; il coupe la sphère terrestre en  $R_0$ .  $\varpi_0$  est l'origine des longitudes,  $\varpi$  est l'intersection du méridien origine avec l'équateur vrai de la date,  $\sigma$  est le CIO sur l'équateur de la date,  $\gamma_v$  est l'équinoxe vrai de la date et J, le nœud de l'équateur de la date sur l'équateur terrestre. L'ERA est l'angle  $\theta = \varpi\sigma$  et GST est l'angle  $\varpi\gamma_v$ .

### 3.6.4.2. Définition du CIP

Selon la résolution B1.7 de l'UAI (2000), le CIP est un pôle intermédiaire, proche du pôle instantané de rotation, séparant, par convention, le mouvement du pôle de l'ITRS dans le GCRS en deux composantes :

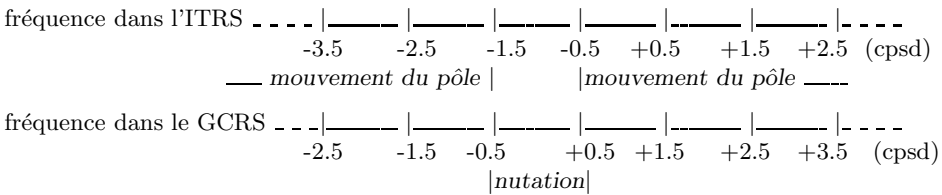
- le mouvement céleste du CIP (précession-nutation), comprenant tous les termes ayant des périodes plus grandes que deux jours dans le GCRS (c'est-à-dire des fréquences comprises entre  $-0.5$  cycle par jour sidéral (cpsd) et  $+0.5$  cpsd),
- le mouvement terrestre du CIP (ou mouvement du pôle), comprenant tous les termes en dehors de la bande rétrograde diurne dans l'ITRS (fréquences plus petites que  $-1.5$  cpsd, ou plus grandes



**Fig. 3.6.1.** D\u00e9finition des param\u00e8tres d'orientation de la Terre.

que  $-0.5$  cpsd).

Cette d\u00e9finition est r\u00e9sum\u00e9e par le sch\u00e9ma suivant :



La r\u00e9solution B1.8 de l'UAI (2000) recommande que la transformation entre le GCRS et l'ITRS soit sp\u00e9cifi\u00e9e par la position du CIP dans le GCRS, la position du CIP dans l'ITRS et l'ERA. Cela am\u00e8ne \u00e0 utiliser, \u00e0 la place des quantit\u00e9s classiques de pr\u00e9cession-nutation, les cosinus directeurs, not\u00e9s  $X$  et  $Y$ , du CIP dans le GCRS qui expriment directement la direction de l'axe du p\u00e2le interm\u00e9diaire sur la sph\u00e8re c\u00e9leste sous une forme tr\u00e8s similaire \u00e0 celle exprimant usuellement la direction de cet axe dans le syst\u00e8me de r\u00e9f\u00e9rence terrestre.

### 3.6.4.3. Bases de la nouvelle d\u00e9finition du Temps universel UT1

Jusqu'au 1 janvier 2003, UT1 \u00e9tait d\u00e9fini, \u00e0 partir du temps sid\u00e9ral moyen \u00e0 0h UT1, par la relation de Aoki et al. (1982). Cette d\u00e9finition \u00e9tait adapt\u00e9e \u00e0 la d\u00e9termination de UT1 \u00e0 partir de

l'instant de passage d'une étoile au méridien d'un lieu ou bien à une distance zénithale donnée ce qui n'est plus le cas des observations actuelles telles que la télémétrie laser ou le VLBI. Par ailleurs, le temps sidéral se réfère à l'équinoxe et les observations par les techniques modernes ne sont pas sensibles à la position de l'écliptique, donc de l'équinoxe, ce qui rend inutilement complexe le fait de se rapporter à l'équinoxe pour définir UT1. Enfin, la relation numérique d'Aoki et al. reposait sur le système de référence FK5 qui a été remplacé, au 1 janvier 1998, par le système de référence ICRS, décrit au paragraphe 3.4.

La nouvelle définition de UT1 adoptée par la résolution B1.8 de l'UAI (2000) utilise l'origine non-tournante sur l'équateur mobile. Cette origine a été choisie pour refléter le plus simplement possible la rotation de la Terre par rapport à un système de référence céleste tout en étant en continuité avec la définition historique de UT. Elle a l'avantage, d'une part, de rendre les concepts plus clairs, et, d'autre part, de simplifier les calculs.

Les conditions qui ont été prises en compte pour la nouvelle définition de UT1 ont été les suivantes :

- UT1 doit être proportionnel à la rotation sidérale de la Terre.
- Le coefficient de proportionnalité doit être tel que UT1 reste en moyenne en phase avec l'alternance des jours et des nuits.
- La phase de UT1 doit être fixée de telle sorte qu'il soit approximativement 12 h UT1 en moyenne lorsque le Soleil passe par le méridien origine.
- La relation linéaire entre l'ERA  $\theta$  et UT1 doit permettre d'assurer la continuité en phase et en terme linéaire de UT1 avec la valeur obtenue en se basant sur la relation conventionnelle entre le temps sidéral du méridien de Greenwich et UT1 qui était utilisée en pratique avant le 1 janvier 2003.

La première condition exige l'utilisation d'une origine cinématiquement non-tournante sur l'équateur mobile et les suivantes sont remplies par un choix approprié des valeurs numériques des coefficients.

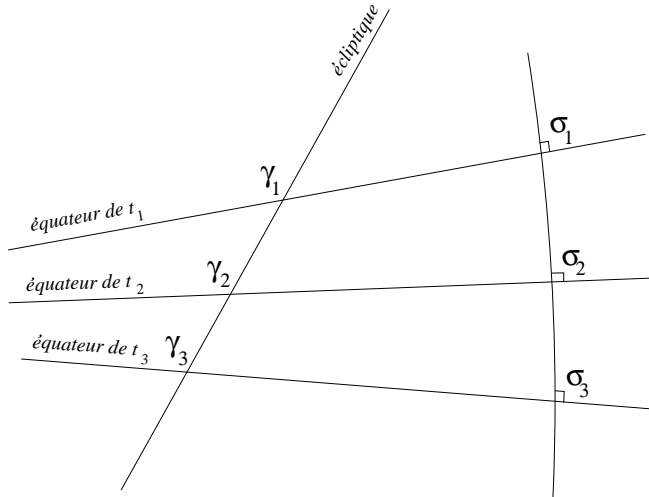
#### 3.6.4.4. Notion d'origine non-tournante

La rotation de la Terre par rapport à un système de référence inertiel doit être mesurée, sur l'équateur instantané, par rapport à une origine instantanée. Or, l'équateur instantané n'étant fixe ni dans le système de référence céleste du fait de la précession et de la nutation, ni dans le système de référence terrestre du fait du mouvement du pôle, la définition d'une origine instantanée pose un problème. L'utilisation d'une origine cinématiquement non-tournante sur l'équateur mobile permet de définir UT1 de telle façon qu'il réalise les conditions énoncées précédemment.

Soit  $(P_0)$  le système céleste quasi-inertiel défini par le pôle céleste moyen  $P_0$  et l'équinoxe  $\gamma_0$  à l'époque  $t_0$ . On définit, dans l'équateur mobile à la date  $t$ , c'est-à-dire dans le système de référence équatorial instantané vrai de pôle P (dans la pratique, le CIP) et d'équinoxe  $\gamma_v$ , un point  $\sigma$  tel que le trièdre  $(GP, G_\sigma)$  n'ait, à aucun moment, de composante de rotation autour de GP par rapport à  $(P_0)$ . Ce point  $\sigma$  est le CIO, origine non-tournante dans le GCRS (Guinot, 1979).

Une telle définition implique que la rotation instantanée de  $\sigma$  autour de  $GP_0$  annule la rotation

instantanée qui résulte du mouvement de l'équateur dans le système de référence céleste du fait de la précession et de la nutation. De façon équivalente, on peut dire qu'à tout instant la vitesse de déplacement de ce point au cours du temps est dirigée perpendiculairement à l'équateur du CIP (figure 3.6.2).



**Fig. 3.6.2.** Mouvement de l'origine non-tournante  $\sigma$  comparé à celui de l'équinoxe vrai de la date  $\gamma_v$ .

Soient  $d$  et  $E$  les coordonnées sphériques du CIP dans le système de référence céleste GCRS et  $X = \sin d \cos E$ ,  $Y = \sin d \sin E$ ,  $Z = \cos d$  les coordonnées cartésiennes du vecteur unitaire dans la direction du CIP. Avec les notations de la figure 3.6.3, la quantité  $s = \sigma J - \gamma_0 J$  qui permet de positionner le CIO à tout instant à partir de l'origine fixe sur l'équateur fixe de l'époque  $t_0$ , s'écrit sous la forme :

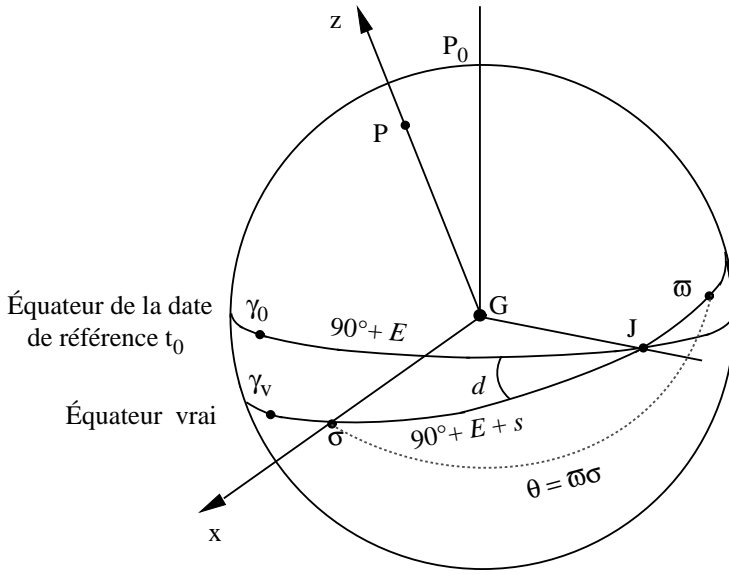
$$s(t) - s(t_0) = \int_0^t (\cos d - 1) \dot{E} dt = \int_0^t (\cos d - 1) dE. \tag{3.6.4}$$

Ou bien, à des termes en  $d^4$  près :

$$s(t) - s(t_0) = -\frac{1}{2} \int_0^t (X\dot{Y} - Y\dot{X}) dt. \tag{3.6.5}$$

L'expression de  $s$  contenant l'ensemble des termes dus à la précession, la nutation ainsi que les couplages entre précession, nutation et décalage du pôle à l'origine est donnée par la formule (3.6.20) avec une exactitude de  $5 \times 10^{-6}''$  pour la période [1975, 2025] ; elle est la somme d'un polynôme du temps et de termes périodiques. Notons qu'après un siècle, la distance du CIO au méridien origine de l'ICRS est seulement de  $0.070''$  alors que l'équinoxe s'est déplacé de près de 1.4 degré.

À cause du mouvement du pôle dans le système de référence terrestre, on définit également, dans l'équateur mobile, une origine non-tournante, relative au système de référence terrestre, le



**Fig. 3.6.3.** Définition de l'origine "non-tournante".

TIO noté  $\varpi$ . Le déplacement angulaire du TIO sur l'équateur du CIP du fait du mouvement du pôle dans le système de référence terrestre est noté  $s'$  ; son expression s'obtient en remplaçant  $X$  et  $Y$  dans (3.6.5) par les coordonnées du CIP dans le système de référence terrestre,  $x_p$  et  $-y_p$  (cf. 3.6.5.1). On obtient :

$$s' = \frac{1}{2} \int_0^t (x_p \dot{y}_p - \dot{x}_p y_p) dt. \tag{3.6.6}$$

Cette quantité qui était négligée dans la forme classique de la transformation entre le GCRS et l'ITRS avant le 1 janvier 2003, est nécessaire pour la réalisation exacte du méridien origine instantané. Étant donné l'ordre de grandeur de l'écart du CIP par rapport à  $R_0$ , on peut écrire, pour les applications qui n'exigent pas une précision meilleure que la milliseconde de degré :  $\varpi J = \varpi_0 J$ , c'est-à-dire  $s' = \varpi J - \varpi_0 J = 0$  (cf. Fig. 3.6.1).

3.6.4.5. Angle de rotation de la Terre et définition de UT1

L'ERA  $\varpi\sigma = \theta$ , compté positivement dans le sens rétrograde, (appelé originellement *angle stellaire*), définit l'angle de rotation sidérale de la Terre (Guinot, 1979). Il représente idéalement, par suite de la définition des origines CIO et TIO, la rotation intrinsèque de la Terre, puisque :

$$\theta = \omega_3 (t - t_0), \tag{3.6.7}$$

$\omega_3$  étant la vitesse angulaire de rotation de la Terre autour de l'axe de rotation et  $t_0$  l'époque de référence.

La connaissance de cet angle est suffisante pour positionner la Terre dans le système de référence céleste autour de l'axe du CIP et il se déduit aisément de toute observation qui permet de positionner le système de référence terrestre par rapport au système de référence céleste, ainsi que d'une modélisation de la position du CIP dans le système de référence céleste. On en déduit la définition conceptuelle de UT1 :

$$UT1 = (1/k) (\theta + a_0). \quad (3.6.8)$$

La définition conventionnelle de UT1 recommandée par la résolution B1.8 de l'UAI (2000) et donnée par l'équation (3.6.3) a été déduite de la définition conceptuelle ci-dessus en utilisant des valeurs de  $k$  et  $a_0$  cohérentes avec la précédente définition conventionnelle (Aoki et al., 1982) de UT1 en fonction du temps sidéral.

#### 3.6.4.6. Relation entre le temps sidéral et UT1

Le temps sidéral à Greenwich GST est relié à l'ERA  $\theta$ , au niveau de la microseconde de degré, par la relation suivante (Aoki & Kinoshita, 1983 ; Capitaine & Gontier, 1993) :

$$GST = dT_0 + \theta + \int_{t_0}^t (\dot{\psi}_A + \Delta\dot{\psi}_1) \cos(\omega_A + \Delta\epsilon_1) dt - \chi_A + \Delta\psi \cos \epsilon_A - \Delta\psi_1 \cos \omega_A, \quad (3.6.9)$$

$\psi_A$ ,  $\omega_A$  et  $\chi_A$  étant les quantités de précession de Lieske et al. (1977) définies en 4.2.1,  $\Delta\psi_1$ ,  $\Delta\epsilon_1$ , les angles de nutation en longitude et obliquité rapportés à l'écliptique de l'époque et  $\Delta\psi$  la nutation en longitude rapportée à l'écliptique de la date.

$\theta - GST$  est l'ascension droite de l'équinoxe comptée à partir du CIO, quantité également appelée *équation des origines* et  $dT_0$  est une constante à ajuster pour assurer la continuité de UT1 à la date du changement (1 Janvier 2003) ; les autres termes représentent la précession-nutation en ascension droite accumulée de J2000 à la date  $t$ .

Cette expression est à la base de la relation numérique donnée par (3.6.23) entre le temps sidéral et UT1 qui a été obtenue par Capitaine et al. (2003b) en imposant : (i) l'équivalence avec la définition conventionnelle de UT1 donnée par (3.6.3), (ii) la compatibilité avec le modèle UAI 2000 de la nutation et l'expression correspondante de  $s$ , (iii) la continuité de UT1 avec la valeur obtenue au 1 janvier 2003 à 0h TT par les procédures utilisées avant le 1 janvier 2003.

### 3.6.5. Expression de la transformation entre le GCRS et l'ITRS utilisant l'origine non-tournante

#### 3.6.5.1. Expression des matrices de rotation relatives aux origines non-tournantes

Toute transformation entre les système de référence GCRS et ITRS centrés au centre de masse de la Terre  $G$  s'exprime sous la forme (3.6.1) en fonction de matrices de transformation qui dépendent de l'origine utilisée sur l'équateur du CIP. Notons  $W'$ ,  $R'$ ,  $C'$  les matrices de transformation lorsque

l'on utilise les origines non-tournantes CIO et TIO, comme le recommande la résolution B1.8 (UAI, 2000).

Désignons par  $x_p$  et  $y_p$  les coordonnées terrestres du CIP défini en 3.6.4.2. Du fait de la proximité de l'axe des  $z$  du système de référence terrestre et de l'axe du CIP, ces coordonnées, appelées *coordonnées du pôle*, sont des coordonnées angulaires différentielles par rapport au pôle terrestre origine. Par convention, elles sont comptées respectivement, le long du méridien terrestre origine, positivement vers Greenwich pour  $x_p$  et le long d'un axe perpendiculaire à ce méridien, positivement vers la longitude  $90^\circ$  ouest pour  $y_p$ . La matrice qui permet de tenir compte du mouvement du pôle dans le système de référence terrestre, est le produit de deux matrices de rotation (autour de l'axe Gx pour la coordonnée  $y_p$  et de l'axe Gy pour la coordonnée  $x_p$ ). L'utilisation de l'origine non-tournante dans le système de référence terrestre amène à introduire la quantité  $s'$  définie par l'équation (3.6.6). Cette rotation autour de l'axe Gz s'ajoute aux deux rotations précédentes, et l'effet total du déplacement terrestre de l'axe du CIP se traduit par la matrice de rotation :

$$W'(t) = R_1(-y_p)R_2(-x_p)R_3(s'). \quad (3.6.10)$$

La matrice  $R'(t)$  est une matrice de rotation autour de l'axe du CIP qui permet de tenir compte de l'angle de rotation de la Terre dans le système de référence céleste. La définition de l'ERA,  $\theta$ , permet d'écrire :

$$R'(t) = R_3(\theta), \quad \text{avec} \quad \theta = \theta_0 + k(\text{UT1} - \text{UT1}_0), \quad (3.6.11)$$

où  $k$  est le coefficient de proportionnalité entre l'ERA et le Temps universel, l'indice 0 désignant l'époque de référence  $t_0$ . L'effet total du déplacement céleste de l'axe du CIP dans le GCRS (incluant les écarts constants) se traduit par la matrice de rotation :

$$C'(t) = R_3(-s)R_3(-E)R_2(d)R_3(E) = R_3(-s)M(t), \quad (3.6.12)$$

avec  $M(t) = R_3(-E)R_2(d)R_3(E)$ , fonction des coordonnées sphériques  $E$  et  $d$  du CIP dans le GCRS. On peut également écrire  $M(t)$  sous la forme d'une matrice de transformation faisant intervenir directement les deux paramètres  $X$  et  $Y$  (cf. 3.6.4.4) :

$$M(t) = \begin{pmatrix} 1 - aX^2 & -aXY & -X \\ -aXY & 1 - aY^2 & -Y \\ X & Y & 1 - a(X^2 + Y^2) \end{pmatrix}, \quad (3.6.13)$$

où  $a$  est défini par  $a = 1/(1 + \cos d)$ .

### 3.6.5.2. Valeurs standard à utiliser pour les paramètres

Les coordonnées du pôle  $x_p$  et  $y_p$  à la date  $t$ , à utiliser dans la matrice  $W'(t)$ , sont fournies par l'IERS. Pour se conformer à la définition du CIP, il faut ajouter les composantes additionnelles permettant de prendre en compte les termes provenant (i) des effets des marées océaniques et (ii) des nutations de périodes inférieures à deux jours. Les coordonnées du pôle à utiliser sont données par :

$$(x_p, y_p) = (x, y)_{IERS} + (\Delta x, \Delta y)_{\text{tidal}} + (\Delta x, \Delta y)_{\text{nutatation}}, \quad (3.6.14)$$

$(x, y)_{IERS}$  étant les coordonnées du pôle fournies par l'IERS,  $(\Delta x, \Delta y)_{tidal}$  les variations diurnes et subdiurnes du mouvement du pôle dues aux marées océaniques et  $(\Delta x, \Delta y)_{nutation}$  les composantes du mouvement du pôle (Brzeziński & Capitaine, 2002, Mathews & Bretagnon, 2002) correspondant aux nutations de périodes diurnes et subdiurnes.

La quantité  $s'$ , qui restera inférieure à  $1 \times 10^{-4}''$  pendant un siècle, peut généralement être négligée. Pour des calculs exigeant une précision de l'ordre de  $10^{-4}''$  sur les EOP, elle peut être calculée en utilisant les valeurs fournies par l'IERS pour les amplitudes  $a_c$  et  $a_a$  du terme de Chandler et du terme annuel du mouvement du pôle à l'époque du calcul. Elle s'écrit alors, en exprimant les amplitudes en secondes de degré et  $t$  en siècles :

$$s' = -0.0015'' (a_c^2/1.2 + a_a^2) t. \quad (3.6.15)$$

En utilisant les valeurs moyennes actuelles des amplitudes de ces termes, on a (Lambert & Bizouard 2002) :

$$s' = -0.000\,047'' t. \quad (3.6.16)$$

La valeur de l'ERA en radians, à la date  $t$ , à utiliser dans la matrice  $R'(t)$ , s'obtient en utilisant l'expression (3.6.3) :

$$\theta(d_u) = 2\pi (0.779\,057\,273\,2640 + 1.002\,737\,811\,911\,35448 T_u), \quad (3.6.17)$$

où  $T_u = \text{date julienne UT1} - 2\,451\,545.0$ , et  $\text{UT1} = \text{UTC} + (\text{UT1} - \text{UTC})$ , la valeur de  $\text{UT1} - \text{UTC}$  à la date  $t$  étant fournie par l'IERS.

La valeur des quantités  $X$  et  $Y$  à utiliser dans la matrice  $C'(t)$  s'obtient à partir des développements UAI 2000/2006 des coordonnées  $X$  et  $Y$  du CIP à la date  $t$  dans le GCRS, qui ont été donnés sous la forme suivante par Capitaine et al. (2003a) et Capitaine et al. (2005, table 5) pour la partie polynomiale :

$$\begin{aligned} X = & -0''.016\,617 + 2\,004''.191\,898t - 0''.429\,782\,9t^2 \\ & - 0''.198\,618\,34t^3 - 0''.000\,007\,578t^4 + 0''.000\,005\,928\,5t^5 \\ & + \sum_i [(a_{s,0})_i \sin(\text{ARGUMENT}) + (a_{c,0})_i \cos(\text{ARGUMENT})] \\ & + \sum_i [(a_{s,1})_i t \sin(\text{ARGUMENT}) + (a_{c,1})_i t \cos(\text{ARGUMENT})] \\ & + \sum_i [(a_{s,2})_i t^2 \sin(\text{ARGUMENT}) + (a_{c,2})_i t^2 \cos(\text{ARGUMENT})] + \dots, \end{aligned} \quad (3.6.18)$$

$$\begin{aligned} Y = & -0''.006\,951 - 0''.025\,896t - 22''.407\,274\,7t^2 \\ & + 0''.001\,900\,59t^3 + 0''.001\,112\,526t^4 + 0''.000\,000\,135\,8t^5 \\ & + \sum_i [(b_{c,0})_i \cos(\text{ARGUMENT}) + (b_{s,0})_i \sin(\text{ARGUMENT})] \\ & + \sum_i [(b_{c,1})_i t \cos(\text{ARGUMENT}) + (b_{s,1})_i t \sin(\text{ARGUMENT})] \\ & + \sum_i [(b_{c,2})_i t^2 \cos(\text{ARGUMENT}) + (b_{s,2})_i t^2 \sin(\text{ARGUMENT})] + \dots, \end{aligned} \quad (3.6.19)$$



où  $t$  est compté en siècles juliens à partir de J2000 et où ARGUMENT représente les arguments des nutations luni-solaires et planétaires du modèle UAI 2000A ;  $c$ 'est une combinaison linéaire des arguments fondamentaux de la nutation (*i.e.* arguments de Delaunay  $l, l', F, D, \Omega$ ), des longitudes des planètes  $L_{Me}, L_{Ve}, L_E, L_{Ma}, L_J, L_{Sa}, L_U, L_{Ne}$  et de la précession  $p_A$ . Ces développements ont été déduits des expressions de  $X$  et  $Y$  (Capitaine, 1990) en fonction des quantités classiques de précession-nutation ; ils sont compatibles avec le modèle de nutation UAI 2000A et incluent les décalages à J2000 par rapport aux axes du GCRS ( $\xi_0, \eta_0$  pour le CIP et  $d\alpha_0$  pour l'équinoxe). Un extrait des développements (3.6.18) et (3.6.19) pour les termes périodiques les plus importants est donné dans la table 3.1. Pour les observations exigeant une précision de l'ordre de  $10^{-4''}$  sur les EOP, il faut ajouter à ces valeurs, les corrections sur la position du pôle céleste,  $dX = d\psi \sin \varepsilon$  et  $dY = d\varepsilon$ , diffusées par l'IERS par rapport au modèle UAI.

La valeur de la quantité  $s$  à utiliser dans la matrice  $C'(t)$  s'obtient à partir du développement de  $s$  en fonction du temps obtenu par (3.6.4) en utilisant les expressions (3.6.18) et (3.6.19) pour  $X$  et  $Y$  ; elle s'écrit avec une exactitude de  $10 \mu\text{as}$  (Capitaine et al., 2003a ; Wallace & Capitaine, 2006) :

$$\begin{aligned} s = & -XY/2 + 0''.000\,094 + 0''.003\,809t - 0''.000\,123t^2 - 0''.072\,574t^3 \\ & + 0''.000\,028t^4 + 0''.000\,016t^5 \\ & - 0''.002\,641 \sin \Omega - 0''.000\,064 \sin 2\Omega - 0''.000\,012 \sin(2\lambda_{\odot} + \Omega) - 0''.000\,011 \sin(2\lambda_{\odot} - \Omega) \\ & + 0''.000\,744t^2 \sin \Omega + 0''.000\,057t^2 \sin 2\lambda_{\odot} + 0''.000\,010t^2 \sin 2\lambda_{\mathcal{C}}, \end{aligned} \quad (3.6.20)$$

$\lambda_{\odot}$  et  $\lambda_{\mathcal{C}}$  étant respectivement les longitudes moyennes du Soleil et de la Lune et  $\Omega$  la longitude du nœud de l'orbite de la Lune. Le terme constant de ce développement a été déterminé de façon à assurer la continuité de UT1 au 1 janvier 2003.

### 3.6.6. Expression classique de la transformation entre le GCRS et l'ITRS

#### 3.6.6.1. Expression des matrices de rotation

Notons  $W''$ ,  $R''$ ,  $C''$  les matrices de transformation lorsque l'on utilise la représentation classique pour la transformation (3.6.1), c'est-à-dire lorsque l'axe Gx du système de référence intermédiaire est dirigé vers l'équinoxe.

L'application de la résolution B1.8 (UAI, 2000) impose à la matrice  $W''$  d'avoir la même expression (3.6.10) que dans le cas précédent.

La matrice  $R''(t)$  s'écrit en fonction de GST :

$$R''(t) = R_3(\text{GST}). \quad (3.6.21)$$

$C''(t)$ , produit de différentes matrices de rotation, permet de tenir compte du déplacement de l'équateur et de l'équinoxe par suite de la nutation et de la précession, ainsi que du décalage du pôle obtenu par le modèle de précession-nutation à J2000 par rapport au pôle du GCRS. Ces transformations sont prises en compte par un ensemble de trois rotations pour le décalage des

**Table 3.1.** Termes périodiques les plus importants dans les développements des coordonnées  $X(t)$  (partie supérieure) et  $Y(t)$  (partie inférieure) du CIP dans le GCRS (unité  $10^{-6''}$ ).

| Amplitudes |               | ARGUMENT      |     |      |     |     |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |
|------------|---------------|---------------|-----|------|-----|-----|----------|----------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|--|
| i          | $(a_{s,0})_i$ | $(a_{c,0})_i$ | $l$ | $l'$ | $F$ | $D$ | $\Omega$ | $L_{Me}$ | $L_{Ve}$ | $L_E$ | $L_{Ma}$ | $L_J$ | $L_{Sa}$ | $L_U$ | $L_{Ne}$ | $p_A$ |  |
| 1          | -6844318.44   | 1328.67       | 0   | 0    | 0   | 0   | 1        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 2          | -523908.04    | -544.76       | 0   | 0    | 2   | -2  | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 3          | -90552.22     | 111.23        | 0   | 0    | 2   | 0   | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 4          | 82168.76      | -27.64        | 0   | 0    | 0   | 0   | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 5          | 58707.02      | 470.05        | 0   | 1    | 0   | 0   | 0        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| .....      |               |               |     |      |     |     |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |
| i          | $(a_{s,1})_i$ | $(a_{c,1})_i$ | $l$ | $l'$ | $F$ | $D$ | $\Omega$ | $L_{Me}$ | $L_{Ve}$ | $L_E$ | $L_{Ma}$ | $L_J$ | $L_{Sa}$ | $L_U$ | $L_{Ne}$ | $p_A$ |  |
| 1307       | -3328.48      | 205833.15     | 0   | 0    | 0   | 0   | 1        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 1308       | 197.53        | 12814.01      | 0   | 0    | 2   | -2  | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 1309       | 41.19         | 2187.91       | 0   | 0    | 2   | 0   | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| .....      |               |               |     |      |     |     |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |
| i          | $(b_{s,0})_i$ | $(b_{c,0})_i$ | $l$ | $l'$ | $F$ | $D$ | $\Omega$ | $L_{Me}$ | $L_{Ve}$ | $L_E$ | $L_{Ma}$ | $L_J$ | $L_{Sa}$ | $L_U$ | $L_{Ne}$ | $p_A$ |  |
| 1          | 1538.18       | 9205236.26    | 0   | 0    | 0   | 0   | 1        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 2          | -458.66       | 573033.42     | 0   | 0    | 2   | -2  | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 3          | 137.41        | 97846.69      | 0   | 0    | 2   | 0   | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 4          | -29.05        | -89618.24     | 0   | 0    | 0   | 0   | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 5          | -17.40        | 22438.42      | 0   | 1    | 2   | -2  | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| .....      |               |               |     |      |     |     |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |
| i          | $(b_{s,1})_i$ | $(b_{c,1})_i$ | $l$ | $l'$ | $F$ | $D$ | $\Omega$ | $L_{Me}$ | $L_{Ve}$ | $L_E$ | $L_{Ma}$ | $L_J$ | $L_{Sa}$ | $L_U$ | $L_{Ne}$ | $p_A$ |  |
| 963        | 153041.82     | 878.89        | 0   | 0    | 0   | 0   | 1        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 964        | 11714.49      | -289.32       | 0   | 0    | 2   | -2  | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| 965        | 2024.68       | -50.99        | 0   | 0    | 2   | 0   | 2        | 0        | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     | 0        | 0     |  |
| .....      |               |               |     |      |     |     |          |          |          |       |          |       |          |       |          |       |  |

axes du système de référence équatorial moyen à J2000 par rapport au GCRS, par un ensemble de quatre rotations pour la précession et un ensemble de trois rotations pour la nutation :

$$C''(t) = \underbrace{R_1(-\varepsilon_A - \Delta\varepsilon)R_3(-\Delta\psi)R_1(\varepsilon_A)}_{\text{nutation}} \underbrace{R_3(\chi_A)R_1(-\omega_A)R_3(-\psi_A)R_1(\varepsilon_0)}_{\text{précession}} \underbrace{R_1(-\eta_0)R_2(\xi_0)R_3(d\alpha_0)}_{\text{décalage à J2000}} \quad (3.6.22)$$

Dans (3.6.22)  $\varepsilon_A$ ,  $z_A$ ,  $\theta_A$  et  $\zeta_A$  sont des quantités liées à la précession définies en 4.2.,  $\Delta\varepsilon$  et  $\Delta\psi$  sont les nutations en obliquité et en longitude rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens de la date définies en 4.3.

### 3.6.6.2. Valeurs standard à utiliser pour les paramètres

Comme précédemment, les coordonnées du pôle  $x_p$  et  $y_p$  à la date  $t$ , à utiliser dans la matrice  $W''(t)$ , sont obtenues par (3.6.14) et l'expression de la quantité  $s'$  par (3.6.16).

La valeur de la quantité GST, à la date  $t$ , à utiliser dans la matrice  $R''(t)$ , s'obtient à partir de l'expression (3.6.23) du temps sidéral qui a été obtenue par Capitaine et al. (2003b) selon la procédure décrite en 3.6.4.5 de façon à assurer la continuité de UT1 au 1 janvier 2003 et l'équivalence entre la transformation classique et la transformation rapportée au CIO :

$$\begin{aligned} \text{GST} = & 0.014\,506'' + \theta + 4\,612.156\,534''t + 1.391\,5817''t^2 - 0.000\,000\,44''t^3 - 0.000\,029\,956''t^4 \\ & - 0.000\,000\,037''t^5 + \Delta\psi \cos \epsilon_A - \sum_k C'_k \sin \alpha_k - 0.000\,000\,87''t \sin \Omega. \end{aligned} \quad (3.6.23)$$

Les deux derniers termes de (3.6.23) sont des termes complémentaires à ajouter à l'expression classique de l'équation des équinoxes,  $\Delta\psi \cos \epsilon_A$ , de façon à assurer l'équivalence avec la relation entre GST et  $\theta$  avec une exactitude de 1 microseconde de degré.

Les valeurs numériques des angles de nutation  $\Delta\psi$  et  $\Delta\epsilon$  à la date  $t$  sont obtenues à partir des tables du modèle UAI 2000 de la nutation (IAU 2000A de Mathews et al. (2002) pour une précision meilleure que  $10^{-3}''$  ou IAU 2000B de McCarthy & Luzum (2003) pour une précision de l'ordre de  $10^{-3}''$ ). Pour les observations exigeant une précision de l'ordre de  $10^{-4}''$ , il faut ajouter à ces valeurs conventionnelles, les valeurs IERS (observées ou prédites) des corrections  $d\psi_{IAU2000}$  et  $d\epsilon_{IAU2000}$ . Les valeurs à utiliser pour les décalages à J2000 sont les valeurs associées au modèle UAI 2000 pour  $\xi_0$  et  $\eta_0$  et la valeur  $d\alpha_0 = -0.0146''$  obtenue par Chapront et al. (2002) à partir d'observations LLR.

Les valeurs des quantités  $\epsilon_A$ ,  $\psi_A$ ,  $\omega_A$  et  $\chi_A$  sont données dans la table 4.2.1.

### 3.6.6.3. Comparaison avec l'expression 1982 de GMST

L'expression de GMST (Greenwich Mean Sidereal Time) compatible avec le modèle UAI 2000/2006 de précession-nutation est donnée en fonction de l'ERA par la première ligne de l'expression (3.6.23); elle est exprimée en secondes de degré puisque GST et ERA sont des angles. Pour comparer cette expression à celle d'Aoki et al. (1982), on l'exprime en fonction de UT1 en utilisant la relation (3.6.3) et on convertit l'expression obtenue en secondes de temps. On obtient ainsi, avec une résolution de  $0.1 \mu\text{s}$  :

$$\begin{aligned} \text{GMST00}(t_u, t) = & \text{UT1} + 24\,110.549\,3771 + 8\,639\,877.31737695 t_u + 307.477\,1023 t \\ & + 0.092\,772\,110 t^2 - 0.000\,000\,293 t^3 - 0.000\,001\,997 t^4 \\ & - 0.000\,000\,037 t^5, \end{aligned} \quad (3.6.24)$$

où  $t_u$  et  $t$  sont, respectivement, les dates en UT1 et en TT, exprimées en siècles juliens à partir de J2000.

Ou bien, de façon équivalente :

$$\begin{aligned} \text{GMST00}(t_u, t) = & \text{UT1} + 24\,110.549\,3771 + 8\,640\,184.794\,479\,25 t_u + 307.477\,1600 (t - t_u) \\ & + 0.092\,772\,110 t^2 - 0.000\,000\,293 t^3 - 0.000\,001\,997 t^4 \\ & - 0.000\,000\,037 t^5, \end{aligned} \quad (3.6.25)$$

à comparer avec la définition 1982 de UT1 :

$$\begin{aligned} \text{GMST82}(t_u) = & \text{UT1} + 24\,110.548\,41 + 8\,640\,184.812\,866 t_u \\ & + 0.093\,104 t_u^2 - 0.000\,0062 t_u^3. \end{aligned} \quad (3.6.26)$$

### 3.7. BIBLIOGRAPHIE

- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2002, ITRF2000 : A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications, *J. Geophys. Res.* **107 (B10)**, 2214, doi :10.1029/2001JB000561.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2003a, The impact of a No-Net-Rotation Condition on ITRF2000, *Geophys. Res. Lett.* **30 (2)**, 1064, doi :10.1029/2002GL016279.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2003b, ITRF2000 : From Theory to Implementation, *Proceedings of IAG V Hotine Marussi symposium*.
- Altamimi, Z., Collilieux, X., Legrand J., Garayt, B., Boucher, C. : 2007. ITRF2005 : A New release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters, *J. Geophys. Res.*, **112**, B09401, doi : 10.1029/2007JB004949.
- Aoki, S., Guinot, B., et al. : 1982, The New Definition of Universal Time, *Astron. Astrophys.* **105**, 359.
- Argus, D.F., Gordon, R.G. : 1991, No-net rotation model of current plate velocities incorporating plate motion model NUVEL-1, *Geophys. Res. Lett.* **18**, 2038.
- Arias, E.F., Bouquillon, S. : 2004, Representation of the International Celestial Reference System (ICRS) by different sets of selected radio sources, *Astron. Astrophys.* **422**, 1105.
- Arias, E.F., Charlot, P., et al. : 1995, The extragalactic reference system of the International Earth Rotation Service, ICRF, *Astron. Astrophys.* **303**, 604.
- Arias, F., Feissel, M., Lestrade, J.-F. : 1988, Comparison of VLBI celestial reference frames, *Astron. Astrophys.* **199**, 357.
- Arias, E.F., Feissel, M., Lestrade, J.-F. : 1988, An extragalactic celestial reference frame consistency with the BIH terrestrial system (1987), BIH Annual Report for 1988, D-113, observatoire de Paris.
- Boucher, C. : 1989, Current intercomparisons between CTS's in *Reference frames in Astronomy and Geophysics*, Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolacek, B. eds, Kluwer Academic Publishers, 324.
- Boucher, C. : 2001, Terrestrial coordinate systems and frames, in *Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*, MacMillan.
- Boucher, C., Altamimi, Z. : 1985, Towards an improved realization of the BIH terrestrial frame, *The MERIT/COTES Report on Earth Rotation and Reference Frames* Vol. **2**, Mueller, I.I ed., OSU/DGS, Columbus, Ohio, USA.
- Bretagnon, P. : 1982, Thorie du mouvement de l'ensemble des plantes. Solution VSOP82, *Astron. Astrophys.* **114**, 278.
- Bretagnon, P., Brumberg, V.A. : 2003, On transformation between international celestial and terrestrial reference systems, *Astron. Astrophys.* **408**, 387.
- Bretagnon, P., Fienga, A., Simon, J.-L. : 2003, Expressions for precession consistent with the IAU 2000A model. Considerations about the ecliptic and the Earth Orientation Parameters, *Astron. Astrophys.* **400**, 485.

- Bretagnon, P., Francou, G. : 1988, Planetary theories in rectangular and spherical variables. VSOP87 solutions, *Astron. Astrophys.* **202**, 309.
- Bretagnon, P., Francou, G., Rocher, P., Simon, J.-L. : 1998, SMART97 : A new solution for the rotation of the rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **329**, 329.
- Bretagnon, P., Rocher, P., Simon, J.-L. : 1997, Theory of the rotation of the rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **319**, 305.
- Brumberg, V.A., Bretagnon, P., Guinot, B. : 1996, Astronomical Units and Constants in the General Relativity Framework, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **64**, 231.
- Brumberg, V.A., Groten, E. : 2001, IAU Resolutions on Reference Systems and Time Scales in Practice, *Astron. Astrophys.* **367**, 1070.
- Brumberg, V.A., Simon J.-L. : 2004, Relativistic indirect third-body perturbations in the SMART Earth's rotation theory, in *Journées 2003, Systèmes de rfrence spatio-temporels*, Saint-Petersbourg, (sous presse).
- Brzeźniński, A., Capitaine N. : 2003, Lunisolar perturbations in Earth rotation due to the triaxial figure of the Earth : geophysical aspects, in the Proceedings of the *Journées Systèmes de Référence Spatio-temporels 2001*, N. Capitaine ed, observatoire de Paris, 51.
- Capitaine, N. : 1990, The Celestial Pole Coordinates,” *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **48**, 127.
- Capitaine, N. : 2000a, Overview and proposition for a modern definition of the CEP in “Polar motion : Historical and scientific problems”, *ASP Conference series*, Vol 208, S. Dick, D.D. McCarthy and B. Luzum eds, 573.
- Capitaine, N. : 2000b, Definition of the Celestial Ephemeris Pole and the Celestial Ephemeris Origin, in “Towards Models and Constants for Sub-Microarcsecond astrometry”, K.J. Johnston, D.D. McCarthy, B. Luzum, G. Kaplan eds, USNO, 153.
- Capitaine, N., Gontier A.-M. : 1993, Accurate procedure for deriving UT1 at a submilliarcsecond accuracy from Greenwich sidereal time or from stellar angle, *Astron. Astrophys.* **275**, 645.
- Capitaine, N., Guinot, B., McCarthy, D.D. : 2000, Definition of the Celestial Ephemeris origin and of UT1 in the international Reference Frame, *Astron. Astrophys.* **335**, 398.
- Capitaine, N., Chapront J., Lambert, S., Wallace, P.T : 2003a, Expressions for the Celestial Intermediate Pole and Celestial Ephemeris Origin consistent with the IAU 2000A precession-nutation model, *Astron. Astrophys.* **400**, 1145.
- Capitaine, N., Wallace, P.T, McCarthy, D.D. : 2003b, Expressions to implement the IAU 2000 definition of UT1, *Astron. Astrophys.* **406**, 1135.
- Capitaine, N., Wallace, P.T., Chapront, J. : 2003c, Expressions for IAU 2000 precession quantities *Astron. Astrophys.* **412**, 467.
- Chapront, J., Chapront-Touzé, M. : 1997, Lunar motion : theory and observations, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **66**, 31.
- Chapront, J., Chapront-Touzé, M., Francou, G. : 1999, Determination of the lunar orbital and rotational parameters of the ecliptic reference system orientation from LLR measurements and IERS data, *Astron. Astrophys.* **343**, 624.

- Chapront, J., Chapront-Touzé, M., Francou, G. : 2002, A new determination of lunar orbital parameters, precession constant and tidal acceleration from LLR measurements, *Astron. Astrophys.* **387**, 700.
- Chapront, J., Francou, G. : 2003, The lunar theory ELP revisited. Introduction of new planetary perturbations, *Astron. Astrophys.* **404**, 735.
- Charlot, P., Sovers, O.J., Williams, J.G., Newhall, X.X. : 1995, Precession and Nutation from Joint Analysis of Radio Interferometric and Lunar Laser Ranging Observations, *Astron. J.* **109**, 418.
- DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., Stein, S. : 1994, Effect of recent revisions of the geomagnetic reversal timescale on estimates of current plate motions, *Geophys. Res. Lett.* **21** (20), 2191.
- Fairhead, L., Bretagnon, P. : 1990, An analytical formula for the time transformation TB–TT, *Astron. Astrophys.* **229**, 240.
- Feissel-Vernier, M. : 2002, Selecting stable extragalactic compact radio sources from the permanent astrogeodetic VLBI program, *Astron. Astrophys.* **403**, 105.
- Fey, A.L., Charlot, P. : 1997, VLBA observations of radio reference frame sources . II. Astrometric suitability based on observed structure, *Astrophys. J. Suppl.* **111**.
- Fey, A.L., Ma, C., Arias, E.F., Charlot, P. et al. : 2004, The second extension of the International Celestial Frame : ICRF-EXT.1 *Astron. J.*, **403**, (6), 3587.
- Folkner, W.M., Charlot, P., et al. : 1994, Determination of the extragalactic-planetary frame tie from joint analysis of radio interferometric and lunar laser ranging measurements, *Astron. Astrophys.* **287**, 279.
- Folkner, W.M., Williams, J.G., and Boggs, D.H. : 2009, The Planetary and Lunar Ephemeris DE 421, IPN Progress Report 42-178, August 15, 2009.  
[http://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress\\_report/42-178/178C.pdf](http://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress_report/42-178/178C.pdf)
- Fricke, W. : 1982, Determination of the Equinox and Equator of the FK5, *Astron. Astrophys.* **107**, L13.
- Fricke, W., Schwan, H., Lederle, T. et al. : 1988, Fifth Fundamental Catalogue (FK5), Veröff. Astron. Rechen-Institut Heidelberg 32, Verlag G. Braun, Karlsruhe.
- Guinot B. : 1979, Basic problems in the kinematics of the rotation of the Earth, in Time and the Earth's Rotation, IAU Symposium N 82, McCarthy D.D, Pilkington D.H. eds, D. Reidel, pp. 7–18.
- Guinot, B. : 2000, Time systems and time frames, the epochs, in *J2000, a fundamental epoch for origins of reference systems and astronomical models* (Journées 2000), Capitaine, N. ed., observatoire de Paris, 209.
- Hazard, C., Sutton, J., Argue, A.N., et al. : 1971, Accurate Radio and Optical Positions of 3C273B, *Nature* **233**, 89.
- IERS : 1992, IERS Standards (1992), *IERS Technical note* 13, McCarthy ed., observatoire de Paris, 148.
- IERS : 1996, IERS Conventions (1996), *IERS technical note* 21, McCarthy ed., observatoire de

Paris.

- IERS : 1999, : First extension of the ICRF, ICRF-Ext.1, *1998 IERS Annual Report*, Gambis, D. ed., observatoire de Paris, 87.
- IERS : 2002, Proceedings of the IERS Workshop on the Implementation of the New IAU Resolutions, *IERS technical note 29*, Capitaine, N., Gambis, D., McCarthy, D.D., Petit, G., Ray, J., Richter, B., Rothacher, M., Standish, E.M., Vondrak, J. eds., Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main.
- IERS : 2003, IERS Conventions (2003), *IERS technical note 32*, McCarthy, D.D., Petit, G. eds, Frankfurt am Main : Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie.
- IERS : 2009, The Second Realization of the International Celestial Reference Frame by Very Long Baseline Interferometry, *IERS technical note 35*, Fey A., Gordon, D., Jacobs, C. eds., Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main.
- Kinoshita, H., Aoki, S. : 1983, The definition of the ecliptic, *Celest. Mech.* **31**, 329.
- Kovalevsky, J., Mueller, I.I. : 1981, in *Reference Coordinate Systems for Earth Dynamics*, Gaposchkin E.M., Kolaczek, B. eds., Reidel, 375.
- Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolaczek, B. : 1989, in *Reference frames in Astronomy and Geophysics*, Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolaczek, B. eds, Kluwer Academic Publishers, 1.
- Kovalevsky, J., Lindgren, L., et al. : 1997, The Hipparcos catalogue as a realisation of the extragalactic reference system, *Astron. Astrophys.* **323**, 620.
- Lambert, S., Bizouard, C. : 2002, Positioning the Terrestrial Ephemeris Origin in the International Terrestrial Frame, *Astron. Astrophys.* **394**, 317.
- Lieske, J.H., Lederle, T., Fricke, W., Morando, B. : 1977, Expressions for the precession quantities based upon the IAU (1976) system of astronomical constants, *Astron. Astrophys.* **58**, 1.
- Ma, C., Arias, E.F., et al. : 1998, The International Celestial Reference Frame based on VLBI Observations of Extragalactic Radio Sources, *Astron. J.* **116**, 516.
- Mathews, P.M., Bretagnon P. : 2002, High frequency nutation, in the Proceedings of the *Journées Systèmes de Référence Spatio-temporels 2001*, N. Capitaine ed, observatoire de Paris, 28.
- Mathews, P.M., Herring, T.A., Buffett, B.A. : 2002, Modeling of nutation-precession : New nutation series for non-rigid Earth, and insights into the Earth's interior., *J. Geophys. Res. (Solid Earth)* **107 (B4)**.
- McCarthy, D. D. and Luzum, B. J. : 2003, An Abridged Model of the Precession-Nutation of the Celestial Pole, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **85**, 35.
- Minster, J.B., Jordan, T.H. : 1978, Present-day plate motions, *J. Geophys. Res.*
- Moons, M. : 1984, Planetary perturbations of the libration of the Moon, *Celest. Mech.* **34**, 263
- Moisson, X. : 1999, Solar system planetary motion to third order of the masses, *Astron. Astrophys.* **341**, 318.
- Moisson, X., Bretagnon, P. : 2001, Analytical planetary solution VSOP2000, *Celest. Mech.* **80**, 205.
- Morrison, L.V., Argyle, R.W., et al. : 1990, Comparison of FK5 with Bordeaux and Carlsberg

- Meridian Circle Observations, *Astron. Astrophys.* **240**, 173.
- Morrison, L.V., Buontempo, M.E., Fabricius, C., Helmer, L. : 1992, First meridian circle observations of Pluto, *Astron. Astrophys.* **262**, 347.
- Newhall, XX, Standish, E.M., Williams, J.G. : 1983, DE102 : a numerically integrated ephemeris of the Moon and planets spanning forty-four centuries, *Astron. Astrophys.* **125**, 150.
- Petit, G. : 2000, Report of the BIPM/IAU Joint Committee on relativity for space-time references systems and metrology, in *Proceedings of the IAU Colloquium* 180, Johnston, K.J., McCarthy, D.D., Luzum, B.J. and Kaplan, G.H. eds, USNO, Washington, 275.
- Seidelmann, P.K. : 1982, 1980 IAU theory of nutation : the final report of the IAU working group on nutation, *Celest. Mech.* **27**, 79.
- Schwan, H. : 1983, *Veröffentlichungen Astronomisches Rechen-Institut Heidelberg* **30**, 47.
- Schwann, H. : 1988, Precession and Galactic Rotation in the System of the FK5, *Astron. Astrophys.* **198**, 116.
- Sillard, P., Boucher, C. : 2001, Review of Algebraic Constraints in Terrestrial Reference Frame Datum Definition, *Journal of Geodesy* **75**, 63.
- Soffel, M., Klioner, S.A., et al. : 2003, The new IAU2000 resolutions for astrometry, celestial mechanics and metrology in the relativistic framework : explanatory supplement, *Astron. J.* **126**, 2687.
- Souchay, J., Feissel, et al. : 1995, Precession and Nutation for a Non-rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **299**, 277.
- Standish, E.M. : 1981, Two differing definitions of the dynamical equinox and the mean obliquity, *Astron. Astrophys.* **101**, L17.
- Standish, E.M. : 1982, DE200, magnetic tape.
- Standish, E.M., Newhall, X.X., Williams, J.G., Folkner, W.F. : 1995, JPL planetary and lunar ephemerides, DE403/LE403, JPLIOM **314.10**.
- Standish, E.M. : 1998a, Times scales in the JPL and CfA ephemerides, *Astron. Astrophys.* **336**, 381.
- Standish, E.M. : 1998b, JPL planetary and lunar ephemerides, DE405/LE405, JPLIOM **312, F-98-048**.
- Standish, E.M. : 1998c, Orientation of the JPL Ephemerides onto the international celestial reference frame, in *IV International Workshop on positional and celestial mechanics*, Lopez Garcia et al. eds, Valencia, Spain.
- UAI : 1991, Reference Systems, in *Proceedings of the IAU Colloquium* 127, Hughes, J.A., Smith, C.A. and Kaplan, G.H. eds, USNO, Washington.
- UAI : 1992, Resolutions of the twenty-first General Assembly, *IAU Information Bull.* **67**.
- UAI : 1994, Resolutions of the twenty-second General Assembly, *IAU Information Bull.* **74**.
- UAI : 1997, Resolutions of the twenty-third General Assembly, *IAU Information Bull.* **81**.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**, 28–40 (Errata : *ibid.* **89**, 4, 2001).



- UAI : 2006, Resolutions of the twenty-sixth General Assembly, *IAU Information Bull.* **99**.
- UAI : 2010, Resolutions of the twenty-sixth General Assembly, *IAU Information Bull.* **105**.
- Wallace, P., Capitaine, N. : 2006, Precession-nutation procedures consistent with IAU 2006 resolutions, *Astron. Astrophys.* **459**, 981.
- van Leeuwen, F. : 2007, Hipparcos, the new reduction of raw data, *ASPL series*, Springer, doi : 10.1007/978-1-4020-6342-8.
- Williams, J.G. : 1994, Contributions to the Earth's obliquity rate, precession and nutation, *Astron. J.* **108**, 7.

## CHAPITRE 4

### **ROTATION DE LA TERRE**

---

S. LAMBERT (4.1), J.-L. SIMON (4.2), S. MATHEWS & V. DEHANT (4.3)  
ET D. GAMBIS (4.4)

#### **4.1. INTRODUCTION DES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES ET OBSERVATIONS**

##### **4.1.1. Introduction**

La rotation de la Terre autour de son centre de gravité est un mouvement complexe dont les variations sont induites par l'attraction gravitationnelle des corps du système solaire (Lune, Soleil, planètes), ses interactions avec les couches fluides à la surface du globe ou dans la croûte (atmosphère, hydrosphère, cryosphère) et conditionnées par sa structure interne et sa rhéologie. Certaines composantes de ce mouvement de rotation sont modélisables avec une précision remarquable : ce sont les composantes résultant de l'attraction gravitationnelle de la Lune, du Soleil et, dans une bien moindre mesure, des planètes, exercée sur la forme de la Terre. Les mouvements réguliers des corps perturbateurs donnent naissance à des mouvements périodiques de l'axe de rotation terrestre par rapport à l'espace. En revanche, les effets de l'atmosphère, des océans, ou des redistributions de masse au sein de la Terre restent difficilement prédictibles, principalement à cause de notre connaissance seulement partielle des processus climatiques (friction des vents et des courants marins, déformation de la croûte sous la pression de l'atmosphère ou de l'océan, échanges de moment cinétique entre fluides de surface et Terre solide, ...) et des processus de couplages topographiques et électromagnétiques en profondeur au niveau des limites entre manteau, noyau liquide et graine solide.

L'observation astrométrique des corps célestes (par exemple de la Lune, des étoiles, etc.) depuis le sol s'effectue depuis des stations dont les coordonnées sont mesurées dans un repère de référence

terrestre. Les positions et mouvements des corps observés sont décrits dans un repère de référence céleste. L'orientation relative de ces deux repères au cours du temps varie suivant la rotation de la Terre, sans toutefois donner l'orientation de l'axe instantané de rotation. L'introduction d'un pôle céleste intermédiaire restant voisin de l'axe de rotation instantané et de l'axe de figure, le CIP (Celestial Intermediate Pole) permet la séparation entre variations lentes et rapides des angles d'orientation de la Terre, c'est-à-dire entre les changements d'orientation de l'axe de figure (mouvements dont les périodes s'étalent de quelques jours à plusieurs milliers d'années) et la rotation diurne. Les techniques d'observations astrométriques et géodésiques actuelles comme l'interférométrie radio à très longue base (VLBI, Very Long Baseline Interferometry), les systèmes de navigation globaux par satellites (GNSS, Global Navigation Satellite System), le tir laser sur satellites (SLR, Satellite Laser Ranging) ou sur la Lune (LLR, Lunar Laser Ranging) ou encore les déterminations d'orbites de satellites par décalage Doppler (DORIS) permettent de déterminer la direction de l'axe du pôle intermédiaire à quelques dixièmes de millisecondes de degré près. Si les mouvements périodiques de l'axe du pôle intermédiaire dans le repère céleste, résultant essentiellement des forces de marées exercées par les corps du système solaire et connus sous le nom de *précession-nutation*, sont modélisés avec une précision de quelques dixièmes de millisecondes de degré, les techniques d'observations permettent de déterminer les écarts entre le pôle intermédiaire observé et le pôle intermédiaire modélisé. Elles permettent également de mesurer le vecteur joignant le pôle nord géographique au pôle intermédiaire, vecteur usuellement rapporté au repère terrestre et que l'on nomme *mouvement du pôle*.

Ce chapitre introduit les notions de base concernant la description astrométrique et dynamique de la rotation de la Terre.

## 4.1.2. Les composantes de la rotation terrestre

### 4.1.2.1. Précession-nutation

L'orientation de l'axe de figure de la Terre dans l'espace subit des variations sous l'effet du couple gravitationnel externe sur la forme de la Terre et, dans une moindre mesure, sous l'effet des couches fluides à la surface du globe (charge, courants, marées) et de la rotation du noyau liquide. L'axe de figure décrit ainsi dans un repère céleste un cône d'ouverture  $23^{\circ}26'$  en un peu moins de 26 000 ans ; c'est la précession, due à l'action du couple luni-solaire sur le bourrelet équatorial de la Terre. Dès l'antiquité les observations d'Hipparque mirent en évidence ce phénomène. En 1532, Copernic l'impute à une variation d'orientation de l'axe de la Terre. Il faudra attendre Newton pour en avoir une explication physique, en 1687.

Des oscillations plus rapides et de plus faible amplitude, causées par les variations périodiques du couple externe, constituent la nutation. La nutation principale est de période 18.6 ans et d'amplitude 17 secondes de degré. Elle fut observée par Bradley en 1748 et l'année suivante, d'Alembert en donne l'explication avec la première théorie analytique de la précession-nutation pour une Terre rigide.

#### 4.1.2.2. Mouvement du pôle

En 1765, Euler montre que si l'axe d'inertie (ou axe de figure) et l'axe de rotation d'un corps ne sont pas confondus, alors l'axe de rotation décrit un cône autour de l'axe d'inertie. Ce mouvement est appelé mouvement libre. Euler calcule que l'axe de rotation de la Terre, alors considérée comme indéformable, doit présenter un tel mouvement avec une période de 305 jours. En cumulant les observations de latitude apparente des stations d'observation, Küstner annonce, en 1884, l'existence de variations annuelles dans l'orientation de l'axe terrestre. Chandler, en 1891, découvre que ces variations apparemment annuelles se scindent en fait en une oscillation annuelle et une autre oscillation de période quatorze mois. Cette dernière oscillation, dite *oscillation de Chandler* dont l'amplitude est voisine de 150 millisecondes de degré (mas), est bien le mouvement libre prédit par Euler plus d'un siècle auparavant. Sa période est voisine de 433 jours et l'allongement par rapport aux 305 jours prédits par Euler s'explique par l'élasticité du manteau terrestre, la présence d'un noyau fluide et celle des océans (l'effet centrifuge, en élevant le niveau des eaux près de l'équateur, modifie le moment d'inertie global de la Terre). Ce mouvement libre est normalement amorti en quelques dizaines d'années par friction. Le mécanisme d'entretien de ce mouvement, toujours observé de nos jours, mobilise encore la communauté géophysique. Il a été montré récemment que l'excitation du mouvement Chandler est d'origine atmosphérique et océanique.

Outre cette oscillation libre, le mouvement du pôle comprend d'autres termes. Un terme annuel d'environ 100 mas est dû principalement à l'excitation atmosphérique. Pour concrétiser les idées, 100 mas correspondent à 3 mètres sur l'équateur terrestre. Une dérive du pôle de rotation est aussi observée (4 mas par an) dans la direction du Canada ; elle est imputée au rebond postglaciaire (déformation lente de la croûte terrestre due à la fonte des calottes glaciaires polaires).

La figure 4.1 illustre la précession-nutation et le mouvement du pôle.

#### 4.1.2.3. Vitesse de rotation et longueur du jour

La vitesse de rotation de la Terre autour de son axe n'est pas constante. Elle fluctue, avec des écarts atteignant  $10^{-8}$  en valeur relative, autour d'une valeur moyenne conventionnelle  $\Omega_0 = 7.292\,115 \times 10^{-5}$  rad/s.

Associée à cette vitesse de rotation, la durée du jour (LOD, Length of Day) fluctue également par rapport à sa valeur nominale de 86400 s. Ces variations sont principalement attribuées :

- 1) à un couplage électromagnétique entre le noyau et le manteau qui produit un effet décennal dont l'amplitude est de l'ordre de 5 ms ;
- 2) aux marées zonales, variations de l'ellipticité de la Terre, qui produisent des effets dont l'amplitude maximale est de 0.4 ms pour le terme en 13.66 jours ;
- 3) aux déplacements des masses atmosphériques qui produisent des effets d'amplitude 0.3 ms sur une période annuelle et 0.2 ms sur une période semi-annuelle.

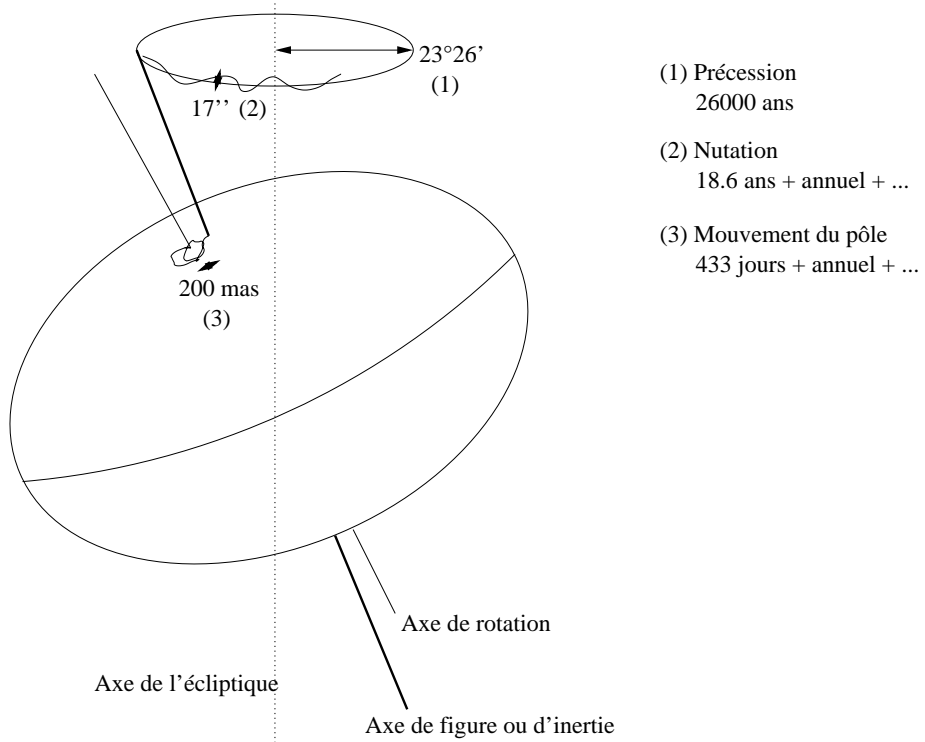


Fig. 4.1. Précession-nutation et mouvement du pôle.

### 4.1.3. Dynamique de la rotation de la Terre

#### 4.1.3.1. Les équations

La dynamique d'un corps en rotation est décrite par l'équation reliant, dans un repère inertiel, la variation du moment cinétique  $\mathbf{H}$  de ce corps, au moment  $\mathbf{\Gamma}$  des forces qui lui sont appliquées :

$$\frac{d\mathbf{H}}{dt} = \mathbf{\Gamma} . \tag{4.1.1}$$

Par rapport à ce repère, la Terre est animée d'un mouvement de rotation uniforme légèrement perturbé autour de l'axe  $Oz$  du repère terrestre, de vecteur instantané  $\boldsymbol{\omega}$ . En conséquence, le vecteur instantané de rotation s'exprime dans le repère terrestre par :

$$\boldsymbol{\omega} = \Omega_0 \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ 1 + m_3 \end{pmatrix} , \tag{4.1.2}$$

où les écarts  $m_i$  (sans dimension) sont petits devant l'unité (l'observation montre que  $m_1 \sim m_2 \sim 10^{-6}$  et  $m_3 \sim 10^{-8}$ ). Ici et dans la suite, les indices 1, 2 et 3 correspondent aux composantes  $x$ ,  $y$  et  $z$  respectivement.

Dans cette approche, nous considérons que la Terre est un corps homogène et déformable. L'ensemble possède un mouvement de rotation rigide, auquel viennent s'ajouter des petits déplacements relatifs de masse (dans le noyau fluide ou bien dans les couches fluides externes). Le moment cinétique de la Terre entière s'écrira donc comme la somme d'un moment cinétique "rigide" donné par la matrice d'inertie  $[C]$ , et d'un moment cinétique "relatif"  $\mathbf{h}$  :

$$\mathbf{H} = [C].\boldsymbol{\omega} + \mathbf{h}. \quad (4.1.3)$$

La Terre est au premier ordre un ellipsoïde de révolution. Dans le repère terrestre, dont les axes sont orientés selon les axes principaux d'inertie moyens de la Terre, son tenseur d'inertie  $[C]$  s'écrit :

$$[C] = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{pmatrix}, \quad (4.1.4)$$

où  $A = B = 8.011 \times 10^{37}$  kg m<sup>2</sup> et  $C = 8.037 \times 10^{37}$  kg m<sup>2</sup> sont les moments d'inertie principaux moyens de la Terre et les  $c_{ij}$  de petits incréments d'inertie dus aux déformations ou aux anomalies de masse.

En explicitant l'équation (4.1.1) dans le repère terrestre (repère tournant) :

$$\frac{d\mathbf{H}}{dt} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{H} = \boldsymbol{\Gamma}, \quad (4.1.5)$$

les composantes de ces vecteurs diffèrent alors de celles dans l'équation (4.1.1) qui était écrite dans le repère céleste. En limitant le calcul au premier ordre en  $m_i$  et  $c_{ij}$  et en adoptant les notations complexes  $\tilde{m} \equiv m_1 + im_2$ ,  $\tilde{\Gamma} \equiv \Gamma_1 + i\Gamma_2$ ,  $\tilde{h} \equiv h_1 + ih_2$  et  $\tilde{c} \equiv c_{13} + ic_{23}$ , on obtient les équations de Liouville linéarisées :

$$\begin{aligned} \tilde{m} + \frac{i}{e\Omega_0} \dot{\tilde{m}} &= \frac{i\tilde{\Gamma}}{Ae\Omega_0^2} - \frac{i\dot{\tilde{c}} - \Omega_0\tilde{c}}{Ae\Omega_0} - \frac{i\dot{\tilde{h}} - \Omega_0\tilde{h}}{Ae\Omega_0^2}, \\ m_3 &= \int \frac{\Gamma_3}{C\Omega_0} dt - \frac{c_{33}}{C} - \frac{h_3}{C\Omega_0} + C^{te}, \end{aligned} \quad (4.1.6)$$

où  $e = (C - A)/A$  est l'appâtissement dynamique de la Terre, et  $e\Omega_0$  n'est autre que la fréquence d'Euler, correspondant à une période de 305 jours. Ces équations donnent le mouvement de l'axe instantané de rotation de la Terre en fonction d'une excitation qui apparaît sous la forme d'un moment de force extérieur ( $\Gamma_i$ ) ou bien d'un déplacement de masse surfacique ou interne (moment cinétique relatif  $h_i$ ), ou encore sous forme de déformations (les termes  $c_{ij}$  du tenseur d'inertie). Toutefois, ces variations  $c_{ij}$  sont causées en partie par des mouvements de masses produits par une force externe ou interne ou inertielle (gravitation lunisolaire, effet de charge océanique, atmosphérique, effet centrifuge induit par les variations de la vitesse de rotation, etc.). Le membre de droite prend le nom de fonction d'excitation. La partie indépendante du couple,

comprenant donc les déformations et le moment cinétique relatif, est souvent notée  $\tilde{\chi}$  pour la partie équatoriale et  $\chi_3$  pour la partie axiale.

#### 4.1.3.2. Le mouvement du pôle

Les équations de Liouville nous donnent le mouvement de l'axe instantané de rotation dans le repère terrestre. L'axe du CIP est légèrement différent de cet axe. On peut montrer que la relation entre les coordonnées  $\tilde{m}$  du pôle instantané de rotation et les coordonnées  $\tilde{p} = x_p - iy_p$  (comptées par convention dans un repère indirect) du CIP dans le repère terrestre est :

$$\tilde{m} = \tilde{p} - \frac{i}{\Omega_0} \dot{\tilde{p}}. \quad (4.1.7)$$

#### 4.1.3.3. La durée du jour

L'excès de la longueur du jour par rapport au jour solaire moyen (86 400 s) est :

$$\Delta LOD = -\frac{2\pi k}{\Omega_0} m_3, \quad (4.1.8)$$

où  $k = 1.002\,737\,909\,350\,795$  est le rapport de la durée du jour solaire moyen sur la durée du jour sidéral moyen.

#### 4.1.3.4. La précession-nutation

La précession-nutation peut être déduite des changements du vecteur instantané de rotation par les relations cinématiques d'Euler :

$$\begin{aligned} \dot{\theta} + i\dot{\Psi} \sin \theta &= -\Omega_0 \tilde{m} e^{i\phi}, \\ \dot{\phi} + \dot{\Psi} \cos \theta &= \Omega_0 (1 + m_3), \end{aligned} \quad (4.1.9)$$

où  $\psi$  est l'angle entre l'origine des longitudes sur l'écliptique moyen de l'époque de référence (équinoxe moyen) et le nœud ascendant de l'équateur sur l'écliptique,  $\theta$  est l'inclinaison entre l'équateur et l'écliptique (comptée à partir de l'équateur), et  $\phi$  est la longitude écliptique de l'origine du repère terrestre. Ces deux angles sont reliés aux angles de nutation classiques  $\psi$  et  $\epsilon$  suivant  $\Delta\Psi \sin \theta = \Delta\psi \sin \epsilon$  et  $\Delta\theta = -\Delta\epsilon$ . La précession est constituée par la partie polynomiale des variations de  $\Psi$  et  $\theta$ . Leur partie périodique constitue la nutation.

## 4.2. LA PRÉCESSION

### 4.2.1. Quantités liées à la précession

Les quantités de précession sont complètement déterminées par les mouvements du pôle de l'équateur et du pôle de l'écliptique. La figure 4.2 représente, pour une époque de référence F (par exemple J2000) et pour une date D, les écliptiques moyens  $E_F$  et  $E_D$  et les équateurs moyens  $A_F$  et  $A_D$ . N est l'intersection de  $E_F$  et  $E_D$ , J l'intersection de  $A_F$  et  $A_D$ , I l'intersection de  $E_F$  et  $A_D$ .  $\varepsilon_0$ , angle entre  $E_F$  et  $A_F$ , est l'obliquité de l'écliptique pour l'époque de référence.

Les quantités liées à la précession sont définies de la manière suivante, en adoptant les notations de Lieske et al. (1977) :

$$\begin{array}{lll}
 \pi_A, \text{ l'angle entre } E_F \text{ et } E_D; & \Pi_A, \text{ l'arc } \gamma_F N; & \mathcal{P}_A, \text{ l'arc } (\gamma_D N - \gamma_F N); \\
 \theta_A, \text{ l'angle entre } A_F \text{ et } A_D; & \zeta_A, \text{ l'arc } (90^\circ - \gamma_F J); & z_A, \text{ l'arc } (\gamma_D J - 90^\circ); \\
 \omega_A, \text{ l'angle entre } E_F \text{ et } A_D; & \psi_A, \text{ l'arc } I \gamma_F; & \chi_A, \text{ l'arc } I \gamma_D; \\
 \varepsilon_A, \text{ l'angle entre } E_D \text{ et } A_D. & & 
 \end{array} \quad (4.2.1)$$

On note :

$$P_A = \sin \pi_A \sin \Pi_A, \quad Q_A = \sin \pi_A \cos \Pi_A \quad (4.2.2)$$

### 4.2.2. Modèles de précession

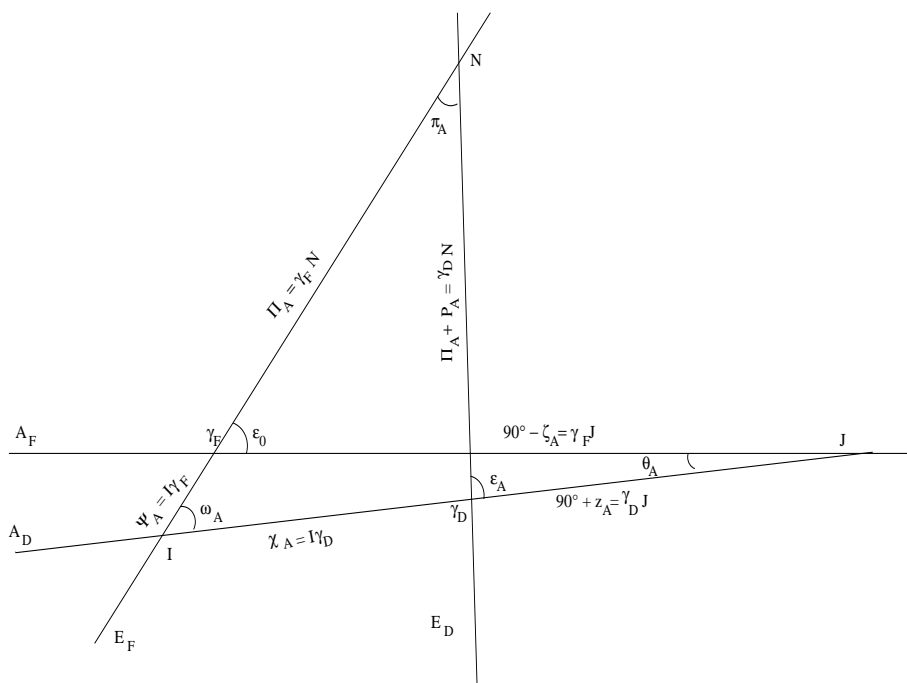
La résolution B1.6 adoptée à la vingt-quatrième assemblée générale de l'UAI (UAI, 2001) recommande de remplacer, à partir du 1 janvier 2003, le modèle UAI 1980 de la nutation par le modèle de la nutation UAI 2000A (ou sa version réduite UAI 2000B). UAI 2000A est issu du modèle MHB2000, basé sur la fonction de transfert de Mathews et al. (2002) appliquée aux séries de la nutation pour une Terre rigide de Souchay et al. (1999) (*cf.* 4.3).

Ces séries pour la nutation ne fournissent pas d'expression pour la précession et pour cette raison l'UAI « encourage le développement de nouvelles expressions de la précession compatibles avec le modèle UAI 2000A » (encouragement 3 de la résolution B1.6). En attendant, l'IERS (International Earth rotation and Reference systems Service) a recommandé (IERS Conventions 2003) l'utilisation d'un formulaire qui est une amélioration de celui de Lieske et al. (1977). Nous noterons UAI 2000 ce modèle.

En 2003, trois nouveaux formulaires de la précession ont été donnés par Bretagnon et al. (2003), Capitaine et al. (2003) et Fukushima (2003). Ils ont été comparés par Capitaine et al. (2004) et sont étudiés par le working group de l'UAI sur la précession, chargé de proposer une théorie de la précession compatible avec le modèle UAI 2000A.

Nous allons présenter le modèle UAI 2000 et les modèles de Bretagnon et al. (2003) et Capitaine et al. (2003) qui, bien qu'obtenus par des méthodes différentes, donnent des résultats très voisins.





**Fig. 4.2.** Écliptiques  $E_F$ ,  $E_D$  et équateurs moyens  $A_F$ ,  $A_D$  aux époques  $\sigma_F$ ,  $\sigma_D$ .

#### 4.2.2.1. Le modèle UAI 2000

Les conventions 2000 de l'IERS recommandent d'associer les expressions de Lieske et al. (1977) avec des valeurs numériques améliorées des termes proportionnels au temps pour les angles  $\Pi_A$  et  $\omega_A$  et avec la valeur UAI 1976 de l'obliquité  $\varepsilon_0$ . Ces corrections sont :

$$\begin{aligned}\delta(\psi_A) &= -2.9965''/\text{millier d'années juliennes} \\ \delta(\omega_A) &= -0.2524''/\text{millier d'années juliennes} \\ \varepsilon_0 &= 84381.448'' = 23^\circ 26' 21.448''\end{aligned}\quad (4.2.3)$$

Notons que  $\frac{d\omega}{dt}$  est, en principe, donné par la théorie. La correction  $\delta(\omega_A)$  apportée par l'UAI est déduite de l'observation. Elle se justifie du fait que, par erreur, les formules de Lieske et al. (1977) donnaient  $\frac{d\omega}{dt} = 0$ .

La valeur de  $\frac{d\psi_A}{dt}$  déduite de  $\delta(\psi_A)$  est :

$$\frac{d\psi_A}{dt} = 50\,384.7875''/\text{millier d'années juliennes}.\quad (4.2.4)$$

Elle correspond à une valeur de la constante de la précession  $\mathcal{P}_1 = \frac{d\mathcal{P}}{dt}$  égale à :

$$\mathcal{P}_1 = 50\,287.92262''/\text{millier d'années juliennes}\quad (4.2.5)$$

Par ailleurs, le formulaire de Lieske et al. (1977) utilise les variations séculaires du pôle de l'écliptique issues de la théorie du Soleil de Newcomb et d'anciennes valeurs des masses des planètes. Malgré les améliorations apportées, le modèle UAI 2000 reste donc insuffisant.

#### 4.2.2.2. Le modèle de Bretagnon, Fienga et Simon (2003)

Ce modèle est issu de la théorie de la rotation de la Terre SMART97 (Bretagnon et al., 1998). Cette théorie est une solution analytique des trois angles d'Euler (précession en longitude, précession en obliquité, angle de rotation de la Terre) orientant la Terre rigide par rapport au repère inertiel J2000. Les perturbations lunaires, solaires et planétaires sont introduites globalement dans les équations sous leur forme analytique. Les théories utilisées sont les solutions VSOP87 (Bretagnon et Franou, 1988) pour le mouvement du Soleil et des planètes et ELP2000-82B issue des travaux de Chapront-Touzé et Chapront (1983, 1988) pour le mouvement de la Lune.

Les expressions de la précession sont calculées de la manière suivante. Les valeurs de  $\frac{d\psi_A}{dt}$  et  $\mathcal{P}_1$  utilisées sont celles données par les formules (4.2.4) et (4.2.5). La valeur de  $\varepsilon_0$  provient d'observations récentes :

$$\varepsilon_0 = 84381.40880'' = 23^\circ 26' 21.40880'' \tag{4.2.6}$$

Les quantités liées à la précession de l'écliptique  $\pi_A, \Pi_A, P_A, Q_A$  sont des polynômes du temps issus de Simon et al. (1994), avec les corrections nécessitées par la nouvelle valeur de la constante de la précession.

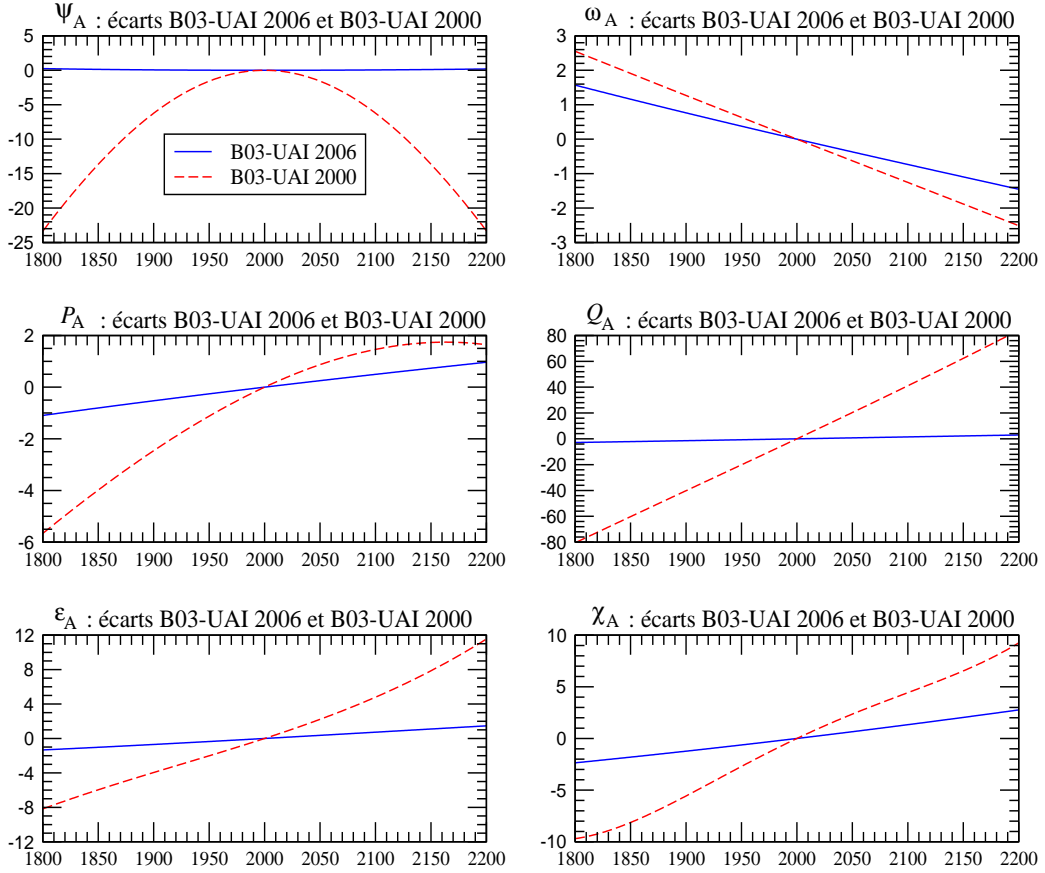
Les quantités liées à la précession de l'équateur  $\psi$  et  $\omega$  sont les séries de Poisson données par SMART97. À partir de  $\pi_A, \Pi_A, \psi$  et  $\omega$  on peut calculer toutes les autres quantités de la précession (Bretagnon et al., 1997). Finalement les variables  $\psi, \omega, \mathcal{P}, \varepsilon$  et  $\chi$  ont la forme de séries de Poisson dont la partie en polynôme du temps correspond à la précession (*cf.* 4.1.3.4). Les autres variables ont la forme de polynômes du temps.

La correction la plus importante due à la non-rigidité de la Terre provient de la variation séculaire du  $J_2$  de la Terre en fonction du temps. Elle a été calculée par Williams (1994). Elle conduit à une correction de  $-0.700'' t^2$  du terme en  $t^2$  de  $\psi_A$ . Dans la suite, la notation B03 se rapporte au modèle de Bretagnon et al. (2003) corrigé de cet effet de la variation séculaire du  $J_2$  de la Terre.

#### 4.2.2.3. Le modèle UAI 2006

Le modèle de précession adopté par l'UAI en 2006 (résolution B1) est présenté dans Hilton et al. (2006). Il est issu des travaux de Capitaine, Wallace et Chapront (2003) et était désigné par P03 dans les éditions antérieures à 2009. Pour calculer les quantités liées à la précession de l'écliptique les auteurs partent de VSOP87. Cette théorie analytique étant ajustée à l'intégration numérique du JPL DE200 (Standish et al., 1981), ils corrigent son écliptique par comparaison avec l'intégration numérique DE406 du JPL, prolongement sur l'intervalle de temps  $[- 3000, + 3000]$  de DE405 (Standish, 1998), intégration numérique ajustée à des observations récentes.

Les quantités liées à la précession équatoriale sont obtenues en résolvant les équations dynamiques de la précession selon la méthode exposée par Williams (1994). Les corrections dues



**Fig. 4.3.** Écarts entre les modèles B03 et UAI 2006 et entre les modèles B03 et UAI 2000, sur [1800, 2200], pour les variables  $\psi_A$ ,  $\omega_A$ ,  $P_A$ ,  $Q_A$ ,  $\varepsilon_A$  et  $\chi_A$ . L'unité est le mas (0.001").

à la non-rigidité de la Terre sont prises en compte d'une manière très complète.

Les auteurs prennent la valeur de  $\varepsilon_0$  recommandée par les IERS Conventions 2000. Ils déterminent  $\frac{d\psi_A}{dt}$  en utilisant la valeur de Mathews et al. (2002) après l'avoir corrigée de certains effets perturbateurs dus aux observations, de façon à la rendre compatible avec la nouvelle valeur de  $\varepsilon_0$ . Ils ont finalement :

$$\begin{aligned} \frac{d\psi_A}{dt} &= 50\,384.81507''/\text{millier d'années juliennes} \\ \varepsilon_0 &= 84381.406'' \end{aligned} \tag{4.2.7}$$

#### 4.2.2.4. Expressions de la précession et comparaisons entre les modèles

La table 4.2.1. donne les coefficients des polynômes du temps représentant la précession pour les douze variables définies par (4.2.1) et (4.2.2) et pour les trois modèles UAI 2000, B03 et UAI 2006. Ces polynômes peuvent aller jusqu'en  $t^3$  pour UAI 2000,  $t^7$  pour B03 et  $t^5$  pour UAI 2006. Les coefficients sont exprimés en secondes de degré et le temps est compté en millier d'années juliennes à partir de J2000.

On peut constater que les modèles B03 et UAI 2006 sont voisins et assez différents du modèle UAI 2000. Ces différences sont illustrées par la figure 4.3. Les courbes de cette figure représentent les écarts sur l'intervalle de temps [1800, 2200] entre les modèles B03 et UAI 2006 d'une part et B03 et UAI 2000 d'autre part, pour les six variables principales  $\psi_A$ ,  $\omega_A$ ,  $P_A$ ,  $Q_A$ ,  $\varepsilon_A$  et  $\chi_A$ . Elles ont été tracées en supposant que le terme en  $t$  de  $\psi_A$  et le terme constant de  $\varepsilon_A$  étaient les mêmes pour les trois modèles. Les différences sont exprimées en mas (0.001"). On voit que les écarts entre B03 et UAI 2006 sont petits. Ils sont inférieurs à 0.25 mas pour  $\psi_A$  sur l'ensemble de l'intervalle ; pour les autres variables ils sont inférieurs à 2 mas et sont essentiellement des dérivées linéaires. Les écarts avec UAI 2000 sont beaucoup plus importants et peuvent atteindre, par exemple, 25 mas pour  $\psi_A$  et 80 mas pour  $Q_A$ .

#### 4.2.3. Dérivées des quantités de précession par rapport aux constantes $\mathcal{P}_1$ et $\varepsilon_0$

À partir des formules de Simon et al. (1994), nous pouvons calculer les corrections  $\Delta X$  des quantités de précession  $X$  dues à d'éventuelles améliorations  $\Delta \mathcal{P}_1$  et  $\Delta \varepsilon_0$  de  $\mathcal{P}_1$  et  $\varepsilon_0$ . Ces corrections sont de la forme :

$$\Delta X = \frac{\partial X}{\partial \mathcal{P}_1} \Delta \mathcal{P}_1 + \frac{\partial X}{\partial \varepsilon_0} \Delta \varepsilon_0. \quad (4.2.8)$$

Pour toutes les quantités de précession de la table 4.2.1, les corrections qui doivent être ajoutées aux polynômes sont données par :

$$\begin{aligned} \Delta P_A &= 0 \quad ; \quad \Delta Q_A = 0 \\ \Delta \pi_A &= 0 \quad ; \quad \Delta \Pi_A = 0 \\ \Delta \mathcal{P}_A &= \Delta \mathcal{P}_1 t + (0.0031 \Delta \mathcal{P}_1) t^2 \\ \Delta \theta_A &= (0.3978 \Delta \mathcal{P}_1 + 0.2236 \Delta \varepsilon_0) t - (0.0008 \Delta \mathcal{P}_1) t^2 - (0.0025 \Delta \mathcal{P}_1) t^3 \\ \Delta \zeta_A &= (0.4588 \Delta \mathcal{P}_1 - 0.0485 \Delta \varepsilon_0) t + (0.0009 \Delta \mathcal{P}_1) t^2 + (0.0011 \Delta \mathcal{P}_1) t^3 \\ \Delta z_A &= (0.4588 \Delta \mathcal{P}_1 - 0.0485 \Delta \varepsilon_0) t + (0.0028 \Delta \mathcal{P}_1) t^2 + (0.0011 \Delta \mathcal{P}_1) t^3 \\ \Delta \varepsilon_A &= \Delta \varepsilon_0 \\ \Delta \omega_A &= \Delta \varepsilon_0 - (0.0003 \Delta \mathcal{P}_1) t^3 \\ \Delta \psi_A &= (\Delta \mathcal{P}_1 - 0.0013 \Delta \varepsilon_0) t + (-0.0021 \Delta \mathcal{P}_1 + 0.0021 \Delta \varepsilon_0) t^2 \\ \delta \chi_A &= (-0.0012 \Delta \varepsilon_0) t + (-0.0057 \Delta \mathcal{P}_1 + 0.0027 \Delta \varepsilon_0) t^2 \end{aligned} \quad (4.2.9)$$

où  $\Delta \mathcal{P}_1$  est mesuré en secondes de degré par millier d'années et  $\Delta \varepsilon_0$  en secondes de degré.

**Table 4.2.1.** Coefficients des polynômes de la précession issus des formulaires UAI 2000, B03 (Bretagnon et al., 2003) et UAI 2006 (Hilton et al., 2003). Les coefficients sont exprimés en secondes de degré; le temps est compté en milliers d'années juliennes à partir de J2000.

| Modèle                                     |                 | $t^0$                                      | $t$                                       | $t^2$                                   | $t^3$                             | $t^4$                  | $t^5$                  | $t^6$     | $t^7$     |
|--|-----------------|--|---|---|-----------------------------------|------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| UAI 2000<br>B03<br>UAI 2006                | $P_A$           |  | 41.976<br>41.99604<br>41.99094            | 19.447<br>19.39715<br>19.39873          | - 0.179<br>- 0.22350<br>- 0.22466 | - 0.01035<br>- 0.00912 | 0.00019<br>0.0012      |           |           |
| UAI 2000<br>B03<br>UAI 2006                | $Q_A$           |  | - 468.150<br>- 468.09550<br>- 468.11015   | 5.059<br>5.10421<br>5.10283             | 0.344<br>0.52228<br>0.52413       | - 0.00569<br>- 0.00646 | - 0.00014<br>- 0.00172 | 0.00001   |           |
| UAI 2000<br>B03<br>UAI 2006                | $\pi_A$         |  | 470.029<br>469.97560<br>469.98973         | - 3.302<br>- 3.35050<br>- 3.34926       | 0.060<br>- 0.12370<br>- 0.12559   | 0.00030<br>0.00113     | - 0.00022              |           |           |
| UAI 2000<br>B03<br>UAI 2006                | $\Pi_A$         | 629 554.982<br>629 543.988<br>629 546.7936 | - 8698.089<br>- 8679.218<br>- 8679.5758   | 3.536<br>15.342<br>15.7992              | 0.005<br>- 0.5371                 | - 0.037<br>- 0.4797    | - 0.001<br>0.0072      |           |           |
| UAI 2000<br>B03<br>UAI 2006                | $\mathcal{P}_A$ |  | 50287.92262<br>50287.92262<br>50287.96195 | 111.113<br>111.24406<br>110.54348       | - 0.006<br>0.07699<br>0.07964     | - 0.23479<br>- 0.23857 | - 0.00178<br>- 0.00383 | 0.00018   | 0.00001   |
| UAI 2000<br>B03<br>UAI 2006                | $\varepsilon_A$ | 84381.448<br>84381.40880<br>84381.406      | - 468.150<br>- 468.36051<br>- 468.36769   | - 0.059<br>- 0.01667<br>- 0.01831       | 1.813<br>1.99911<br>2.00340       | - 0.00523<br>- 0.00576 | - 0.00248<br>- 0.00434 | - 0.00003 |           |
| UAI 2000<br>B03<br>UAI 2006                | $\omega_A$      | 84381.448<br>84381.40880<br>84381.406      | - 0.25240<br>- 0.26501<br>- 0.25754       | 5.127<br>5.12769<br>5.12623             | - 7.726<br>- 7.72723<br>- 7.72503 | - 0.00492<br>- 0.00467 | 0.03329<br>0.0337      | - 0.00031 | - 0.00006 |
| UAI 2000<br>B03 <sup>(1)</sup><br>UAI 2006 | $\psi_A$        |  | 50384.78750<br>50384.78750<br>50384.81507 | - 107.259<br>- 107.89530<br>- 107.90069 | - 1.147<br>- 1.14366<br>- 1.14045 | 1.32832<br>1.32851     | - 0.00940<br>- 0.00951 | - 0.00350 | 0.00017   |
| UAI 2000<br>B03<br>UAI 2006                | $\chi_A$        |  | 105.526<br>105.57686<br>105.56403         | - 238.064<br>- 238.13769<br>- 238.14292 | - 1.125<br>- 1.21258<br>- 1.21197 | 1.70238<br>1.70663     | - 0.00770<br>- 0.00560 | - 0.00399 | 0.00016   |

<sup>(1)</sup> avec la correction provenant de la variation du  $J_2$  de la Terre calculée par Williams (1994), dans le terme en  $t^2$ .

**Table 4.2.1.** (fin).

| Modèle   |            | $t^0$      | $t$         | $t^2$      | $t^3$      | $t^4$     | $t^5$     | $t^6$     | $t^7$   |
|----------|------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| UAI 2000 | $\theta_A$ |            | 20043.109   | - 42.665   | - 41.883   |           |           |           |         |
| B03      |            |            | 20041.90936 | - 42.66980 | - 41.82364 | - 0.07291 | - 0.01127 | 0.00036   | 0.00009 |
| UAI 2006 |            |            | 20041.91903 | - 42.94934 | - 41.82264 | - 0.07089 | - 0.01274 |           |         |
| UAI 2000 | $\zeta_A$  |            | 23062.181   | 30.188     | 17.998     |           |           |           |         |
| B03      |            | 2.72767    | 23060.80472 | 30.23262   | 18.01752   | - 0.05708 | - 0.03040 | - 0.00013 |         |
| UAI 2006 |            | 2.650545   | 23060.83227 | 29.88499   | 18.01828   | - 0.05971 | - 0.03173 |           |         |
| UAI 2000 | $z_A$      |            | 23062.181   | 109.468    | 18.203     |           |           |           |         |
| B03      |            | - 2.72767  | 23060.76070 | 109.56768  | 18.26676   | - 0.28276 | - 0.02486 | - 0.00005 |         |
| UAI 2006 |            | - 2.650545 | 23060.77181 | 109.27348  | 18.26837   | - 0.28596 | - 0.02904 |           |         |

### 4.3. MODÈLES DE NUTATION

Cette section introduit les développements théoriques et les concepts géophysiques sur lesquels est construit le modèle de précession-nutation MHB2000 (Mathews et al., 2002), base du modèle IAU2000. Il présente aussi les principales différences entre cette nouvelle modélisation et le modèle dynamique de Wahr (1981) qui a servi de base au modèle IAU1980 (Seidelmann, 1982).

#### 4.3.1. Introduction

Les planètes et les satellites de notre système solaire sont tous animés d'un mouvement de rotation sur eux-mêmes. Si ces corps étaient sphériques, rigides et isolés, leur rotation resterait uniforme au cours du temps. Mais l'interaction gravitationnelle entre les corps célestes proches ou très massifs perturbe leur rotation en créant des variations de la durée d'une rotation (longueur du jour) et en modifiant l'orientation de l'axe de rotation par rapport à la surface de la planète (mouvement du pôle) et dans l'espace (précession-nutation). La définition précise de ces mouvements et leur séparation sont établies à partir de leurs fréquences. Dans la pratique, le mouvement du pôle est défini par le mouvement dans le repère terrestre d'un pôle fictif, le CIP. Dans cette définition on exclut le mouvement diurne rétrograde dans le repère terrestre qui est pris en compte, dans le repère céleste, par la nutation (*cf.* 4.1.1).

À cause de leur élasticité, de leur rotation et de leur dynamique interne, les corps du système solaire ne sont pas sphériques. Ils présentent notamment un renflement à l'équateur. De plus, l'axe associé à leur rotation n'est pas toujours perpendiculaire au plan de l'orbite. Par conséquent, l'attraction gravitationnelle exercée par le Soleil et les autres corps massifs ou proches ne s'exerce pas symétriquement sur le bourrelet équatorial. Ceci crée un couple de forces tendant à aligner l'axe de rotation sur le plan de l'orbite. À cause de ces effets, ces corps réagissent comme un gyroscope :

leur axe de rotation décrit un cône d'ouverture constante. Ce mouvement est appelé précession astronomique.

Comme les positions relatives des corps du système solaire varient de façon périodique, le moment du couple de forces qui agit sur le bourrelet équatorial n'est pas constant. Ceci entraîne des oscillations de l'axe de rotation autour du cône de précession, ce sont les nutations astronomiques. Enfin, la présence sur notre planète de couches fluides superficielles (atmosphère, hydrosphère, océan) et celle d'une couche fluide interne (noyau liquide) entraînent des variations additionnelles de la rotation.

Le calcul du moment des forces astronomiques et des nutations pour une Terre rigide qui y sont associées, s'effectue dans un cadre de mécanique céleste en utilisant des éphémérides de position des planètes et de la Lune. En outre, la Terre ne peut être considérée comme un corps rigide et doit donc être traitée comme un système complexe : sa réponse au moment de force astronomique est altérée par les interactions internes au système Terre. Ce système est constitué de trois couches principales :

- un manteau viscoélastique en convection ;
- un noyau liquide, composé principalement de fer liquide et qui est le lieu d'intenses mouvements hydromagnétiques associés à la création et à l'entretien du champ magnétique terrestre ;
- une graine solide, composée également principalement de fer.

Dans le cadre des nutations, la convection et la viscosité dans le manteau, les interactions fluides-solides (pression et friction essentiellement) entre le noyau et le manteau et entre le noyau et la graine, ont un effet observable sur la réaction de la Terre à l'excitation astronomique. Pour tenir compte de ces facteurs, on définit une *fonction de transfert*, c'est-à-dire une fonction qui donne la réponse de la Terre à une force d'excitation unitaire. Les développements théoriques et les observations nous ont montré que cette fonction est différente pour des fréquences différentes. Elle est donc donnée en fonction de la fréquence de l'excitation.

Les nutations sont observées très précisément par les techniques de pointe de la géodésie spatiale (essentiellement le VLBI). On peut donc calculer une fonction de transfert empirique, comme le rapport entre la réponse de la Terre à chaque fréquence et la réponse au moment de force astronomique qu'aurait une Terre rigide. On peut aussi, à partir des connaissances actuelles de l'intérieur de la Terre, calculer une fonction de transfert théorique par intégration numérique d'équations aux déformations. La comparaison entre les deux approches permet d'évaluer et d'améliorer la fonction de transfert théorique. Ceci a conduit les scientifiques à converger vers un modèle adopté par les unions internationales, en 2000 par l'UAI et en 2003 par l'Union de Géodésie et Géophysique Internationale (UGGI). Le modèle de précession-nutation adopté est un modèle semi-analytique, c'est-à-dire basé sur une fonction de transfert pour un modèle simple de Terre dont quelques paramètres physiques sont estimés de manière à minimiser les résidus entre les nutations observées et les nutations modélisées. Ce type de modèle est un bon compromis entre un modèle numérique basé sur les observations, plus précis, mais n'apportant aucune information sur la physique, et un modèle purement théorique, qui est une mine d'informations sur la physique, mais n'est pas encore assez précis pour l'utilisation dans la réduction des observations. Toutefois, le développement de tels modèles théoriques est un passage obligé pour une meilleure compréhension et une meilleure modélisation des interactions qui se produisent dans le système Terre.

Le modèle actuellement adopté est construit sur une théorie simplifiée, mais déjà très complexe, qui utilise les équations de bilan du moment cinétique dans un repère lié à la Terre. Elles consistent à exprimer d'une part, les couples de force qui agissent sur la Terre et aux différentes interfaces à l'intérieur de la Terre, et d'autre part, les variations temporelles du moment cinétique des différentes couches à l'intérieur de la Terre. Celui-ci fait intervenir, pour chaque couche, les répartitions des masses à l'intérieur de la couche dans des surfaces déformées et la rotation propre de cette couche. Ces équations appelées *équations de Liouville* (cf. 4.1.3.1) permettent d'obtenir la position de l'axe de rotation instantané dans le repère terrestre (le mouvement du CIP est déduit par des relations simples pour chacune des fréquences en jeu). Les théoriciens utilisent des approximations linéaires en de petites quantités dans les équations pour résoudre le système.

Un ensemble d'améliorations a été considéré dans le dernier modèle adopté MHB2000 :

- Le modèle intègre la présence d'une graine penchée à l'intérieur du noyau liquide (on considère que l'axe principal d'inertie de la graine et celui du noyau peuvent être non alignés) dans un champ magnétique et considère l'ensemble des couplages gravitationnels entre les différentes couches ellipsoïdales à l'intérieur de la Terre, ainsi que les couplages électromagnétiques aux deux interfaces du noyau.
- Les déformations sont traitées par l'intermédiaire des changements dans la matrice d'inertie (représentant la répartition des masses à l'intérieur de la Terre ou des différentes couches) et des changements de forme des interfaces et de la surface de la Terre.
- Les effets des marées des océans à la surface de la Terre engendrées par les forces gravitationnelles de la Lune et du Soleil sont également pris en considération.
- Les effets diurnes de l'atmosphère ne sont pris en compte que pour une fréquence (la fréquence correspondant à exactement un jour solaire est la fréquence principale de ce phénomène), et l'amplitude est évaluée à partir des observations.

Il est à noter que le modèle contient des résonances à cause de la forme ellipsoïdale de la graine et du noyau. Les modes de vibration propre d'un système sont liés à sa forme, sa composition et sa structure. Ces résonances induisent des amplifications dans des fréquences proches de  $(1+1/430)$  cycle/jour, fréquence de la nutation libre du noyau et de  $11/1000$  cycle/jour, fréquence de la nutation libre de la graine.

### 4.3.2. Précession, nutation et mouvement du pôle

Les théories géophysiques de nutation pour une Terre non rigide supposent, en première approximation, que la Terre est un ellipsoïde de symétrie axiale.  $A$  désigne les moments d'inertie par rapport aux axes équatoriaux et  $C$  le moment d'inertie par rapport à l'axe polaire. On a  $C = (1 + e)A$  où  $e$  est l'*ellipticité dynamique* qui vaut environ  $1/300$ . (En astronomie, on note  $H_d \equiv e/(1 + e)$ , l'ellipticité dynamique). Le mouvement de nutation est engendré par le moment des forces agissant sur la Terre autour d'un axe équatorial. Ce moment de force est produit par l'attraction gravitationnelle des objets du système solaire (principalement la Lune et le Soleil) sur la structure ellipsoïdale de la Terre caractérisée par le paramètre  $e$  ; le moment de force est donc proportionnel à  $e$ . La majeure partie du travail mis en place pour obtenir une modélisation précise de la nutation



porte sur cette partie dynamique dominante, présentant un spectre de basses fréquences avec des fréquences de moins de 1/2 cycle par jour sidéral (cpsd, cycle per sidereal day) en amplitude, 1 cpsd étant équivalent à la fréquence angulaire moyenne  $\Omega_0$  de la rotation de la Terre. On présentera ici les principaux aspects de ces modèles. D'autres composantes à basses fréquences de la nutation sont produites par de petites déviations *axisymétriques* par rapport à une structure strictement ellipsoïdale. Des composantes de la nutation de fréquence supérieures à 1/2 cpsd sont générées par de petites déviations de la distribution de densité de la Terre par rapport à la symétrie axiale. Elles doivent être considérées, d'après les résolutions adoptées par l'UAI en 2000 (UAI, 2001), comme mouvement du pôle. Des expressions relativement simples suffisent à décrire l'ensemble de ces composantes. La précession et la nutation sont, respectivement, la partie séculaire et la partie oscillatoire (avec un spectre en fréquences complet) des variations par rapport à des "étoiles fixes" de l'*axe de figure*, ou de façon équivalente, du mouvement du pôle céleste de cet axe. Dans la suite, le terme "axe de figure" se réfère à l'axe de symétrie de la Terre *sans aucune déformation*. Les nutations de l'axe de rotation ou de l'axe du moment d'inertie sont étroitement liées à celles de l'axe de figure et ne seront pas traitées ici. Ensemble, précession et nutation sont nécessairement liées au mouvement du pôle, c'est-à-dire au mouvement de l'axe instantané de rotation de la Terre par rapport à un repère de référence terrestre. Une rotation autour d'un axe autre qu'un axe de symétrie fait apparaître un mouvement de "chancellement".

### 4.3.3. Équations cinématiques et présentation des équations dynamiques

La précession-nutation est liée au mouvement de l'axe instantané de rotation du manteau par des *relations cinématiques* qui rendent possible la détermination de l'un par l'autre. Ces relations nécessitent que la fréquence du mouvement de l'axe instantané de rotation du manteau associé à une nutation circulaire de fréquence  $\nu$  cpsd soit  $\sigma = \nu - 1$  cpsd, et que son amplitude  $\tilde{m}(\sigma)$  et l'amplitude  $\tilde{\eta}(\nu)$  de la nutation soient liées par

$$\tilde{m}(\sigma) = -(1 + \sigma)\tilde{\eta}(\nu), \quad \sigma = \nu - 1, \quad (4.3.1)$$

et cela, indépendamment du choix de la modélisation rigide ou non rigide de la Terre. La fonction de transfert, définie comme le rapport (sous forme d'une fonction de la fréquence) entre l'amplitude d'un modèle de Terre réaliste (non rigide) et celle obtenue à partir d'un modèle de Terre rigide, est alors la même pour les nutations et les mouvements de l'axe instantané de rotation du manteau associés :

$$\frac{\tilde{\eta}(\nu)}{\tilde{\eta}_R(\nu)} = \frac{\tilde{m}(\sigma)}{\tilde{m}_R(\sigma)}, \quad (4.3.2)$$

où l'indice  $R$  indique les amplitudes pour une Terre rigide. Les amplitudes de la nutation sont celles de nutations circulaires progrades et rétrogrades, qui apparaissent par paires avec les fréquences  $\nu_p > 0$  et  $\nu_r = -\nu_p < 0$ . La contribution de chacune d'entre elles à  $\Delta\psi(t)$  et  $\Delta\epsilon(t)$  est :

$$(\Delta\psi(t) \sin \epsilon_0 + i\Delta\epsilon(t))_\nu = -i\tilde{\eta}(\nu)e^{i\Xi_\nu(t)}, \quad (4.3.3)$$

où  $\Xi_\nu = \pm(\arg)$  pour la composante prograde ( $\nu = \nu_p$ ),  $(\arg)$  étant l'argument du terme des séries de la nutation considéré ;  $\pm$  est le signe de  $d(\arg)/dt$  ou de la période de ce terme de nutation (par

exemple,  $-$  pour le terme de 18.6 ans et  $+$  pour le terme annuel) ; et  $d\Xi_\nu/dt = \nu_p\Omega_0$ . Pour le terme rétrograde,  $\pm$  doit être remplacé par  $\mp$ . L'équation (4.3.3) conduit aux relations reliant  $\tilde{\eta}(\nu_p)$  et  $\tilde{\eta}(\nu_r)$  aux coefficients de  $\cos(\arg)$  et  $\sin(\arg)$  dans  $\Delta\psi$  et  $\Delta\epsilon$  (voir, par exemple, Defraigne et al., 1995).

Les *équations dynamiques* de la théorie MHB2000 sont les équations de bilan du moment cinétique décrites dans un repère de référence terrestre (équations de moments de force). On trouvera dans Mathews et al. (1991) une description générale de ces équations, qu'il faut encore compléter par des termes représentant les nouveaux aspects géophysiques du modèle.

Ces équations décrivent les variations des vecteurs vitesse angulaire  $\mathbf{\Omega}$ ,  $\mathbf{\Omega}_f$ ,  $\mathbf{\Omega}_s$  du manteau, du noyau externe fluide et du noyau interne solide, sous la forme

$$\mathbf{\Omega} = \Omega_0(\mathbf{i}_3 + \mathbf{m}), \quad \mathbf{\Omega}_f = \mathbf{\Omega} + \Omega_0\mathbf{m}_f, \quad \mathbf{\Omega}_s = \mathbf{\Omega} + \Omega_0\mathbf{m}_s, \quad (4.3.4)$$

où  $\Omega_0\mathbf{i}_3 \equiv \mathbf{\Omega}_0$  est le vecteur vitesse angulaire moyenne du manteau,  $\mathbf{i}_3$  étant son axe de moment d'inertie maximum, que l'on choisit confondu avec l'axe polaire du repère terrestre de référence (TRF, Terrestrial Reference Frame). Les deux premières composantes (équatoriales) de  $\mathbf{m}$  sont les variables du mouvement de l'axe instantané de rotation du manteau. Celles de  $\mathbf{m}_f$  et  $\mathbf{m}_s$  représentent des mouvements des axes instantanés de rotation différentielle du noyau externe fluide et de la graine solide par rapport au manteau. Les troisièmes composantes de ces vecteurs décrivent les variations des vitesses de rotation de chacune des régions. Un autre paramètre à introduire dans la dynamique du problème est la déviation  $\mathbf{n}_s$  de la direction de l'axe de symétrie de la graine par rapport à  $\mathbf{i}_3$ . Les trois équations de bilan du moment cinétique ainsi que l'équation cinématique reliant  $\mathbf{n}_s$  à  $\mathbf{m}_s$ , constituent un système de quatre équations vectorielles couplées pour les variables dynamiques  $\mathbf{m}$ ,  $\mathbf{m}_f$ ,  $\mathbf{m}_s$ , et  $\mathbf{n}_s$  (toutes très faibles en amplitude, typiquement d'environ  $10^{-8}$  radian). Les propriétés de la Terre importantes pour la nutation sont prises en considération dans ces équations par l'intermédiaire de paramètres que nous appellerons dans la suite les BEP (Basic Earth Parameters). Par exemple, les ellipticités dynamiques de la Terre globale  $e$ , du noyau fluide  $e_f$  et de la graine solide  $e_s$  font partie des BEP, de même que les paramètres représentant les déformations des différentes régions. Dans les équations de bilan du moment cinétique, les termes non linéaires par rapport aux variables dynamiques ne contribuent que marginalement aux solutions. Il faut donc, en premier lieu, linéariser les équations, ce qui transforme le système des quatre équations en deux systèmes d'équations indépendants, l'un pour les mouvements de l'axe instantané de rotation, impliquant seulement les deux premières composantes de chacun des quatre vecteurs, et l'autre pour les variations des vitesses de rotation. Les solutions du système homogène des équations des mouvements de l'axe instantané de rotation donnent les fréquences des modes normaux de rotation de la Terre (on considère les moments de force extérieurs nuls). La solution du système non-homogène donne les mouvements forcés pour les trois régions en réponse à un potentiel extérieur connu. Une fois les amplitudes des mouvements de l'axe instantané de rotation du manteau calculées pour une Terre non rigide, la fonction de transfert est obtenue directement, puisque l'amplitude de ces mouvements pour une Terre rigide est une fonction très simple de la fréquence. Les amplitudes des nutations pour une Terre non rigide peuvent alors être déterminées en multipliant les amplitudes correspondantes pour une Terre rigide par la fonction de transfert. Des tables regroupant les amplitudes des nutations pour une Terre rigide sont disponibles avec des précisions inférieures à 1 microseconde de degré ( $\mu\text{as}$ ). Sur la base d'études théoriques poussées,

des groupes de scientifiques tels que Bretagnon et al. (1998), Roosbeek et Dehant (1998), Souchay et al. (1999), ont calculé ces tables.

Après avoir effectué les calculs basés sur l'approximation linéaire, on peut prendre en considération, par des méthodes de perturbation, les corrections dues aux termes non linéaires négligés.

#### 4.3.4. Modèle géophysique

Les résultats obtenus dépendent du modèle géophysique utilisé. La théorie de Wahr (1981), base de la série de nutation IAU 1980 (Seidelmann, 1982), suppose que la Terre est un ellipsoïde à symétrie axiale en rotation, élastique et sans océan ni atmosphère, avec un noyau fluide et un noyau interne solide. La distribution de densité et les propriétés d'élasticité sont celles d'une Terre en équilibre hydrostatique basée sur le modèle de Terre 1066A. Pour obtenir le modèle IAU 1980, la seule modification apportée au modèle de Wahr a été la valeur de l'ellipticité  $e$  permettant de retrouver la valeur observée de la constante de la précession. Par la suite, des corrections aux valeurs de la série IAU1980 ont été calculées par Sasao et Wahr (1981) pour des effets induits par les marées océaniques et par Wahr et Bergen (1986) pour des effets induits par l'inélasticité du manteau. Ces effets entraînent un déphasage entre la réponse de la Terre et le potentiel d'excitation.

Un nombre important d'avancées dans la modélisation géophysique a été introduit dans la théorie MHB2000.

- On a tenu compte de la présence du champ magnétique qui traverse la frontière noyau-manteau et la frontière noyau-graine. Il en résulte un couplage électromagnétique qui modifie les mouvements de l'axe instantané de rotation du noyau fluide par rapport au manteau et à la graine.

- Une autre amélioration a été d'introduire l'interaction entre les différents types de réponses de la Terre à l'action des marées (mouvement de l'axe instantané de rotation, déformation de la Terre solide, marées océaniques) par une intégration globale des trois phénomènes. La contribution totale de l'inélasticité du manteau (par sa contribution sur les déformations), des marées océaniques et des couplages électromagnétiques, sur les nutations, calculée à partir d'une théorie intégrée globalement donne des différences allant jusqu'à  $30 \mu\text{s}$  par rapport à la somme de chacune des contributions prises individuellement. Ce qui montre l'utilité d'un tel traitement pour l'obtention de solutions de grande précision.

- Un nouveau pas significatif a été l'amélioration des paramètres du modèle de Terre qui influence les nutations par ajustement par moindres carrés, des amplitudes de nutation calculées théoriquement et de la constante de la précession, sur les valeurs très précises obtenues à partir des observations. Ceci était une continuation logique de l'ajustement de  $e$  par Wahr et de l'estimation de  $e_f$  par Gwinn et al. (1986) sur la base des observations disponibles à l'époque.

### 4.3.5. Réduction des équations de bilan du moment cinétique et mise en œuvre du modèle géophysique

Une version simplifiée des équations de bilan du moment cinétique suffit à donner une idée concrète de ce qui a été discuté précédemment. Nous ignorons la graine dans un premier temps. Dans ce cas, l'équation de bilan du moment cinétique par rapport à un repère terrestre s'écrit

$$\frac{d\mathbf{H}}{dt} + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{H} = \boldsymbol{\Gamma}, \quad (4.3.5)$$

où  $\boldsymbol{\Gamma}$  est le moment des forces agissant sur le corps, ici la Terre dans son ensemble, et  $\mathbf{H}$  est son moment angulaire tel que  $\mathbf{H} = [C] \cdot \boldsymbol{\Omega} + [C_f] \cdot \boldsymbol{\omega}_f$ , où  $[C]$  et  $[C_f]$  sont respectivement les tenseurs d'inertie de la Terre dans son ensemble et du noyau fluide seul. Le second terme est dû au mouvement de l'axe instantané de rotation du noyau par rapport à celui du manteau. Si les deux premières composantes de l'équation vectorielle sont décrites à l'aide des composantes de  $\boldsymbol{\omega} = \Omega_o \mathbf{m}$  et  $\boldsymbol{\omega}_f = \Omega_o \mathbf{m}_f$ , en négligeant les termes de second ordre, on retrouve dans les équations obtenues (*équations de Liouville*) les termes hors diagonale  $c_{13}$  et  $c_{23}$  du tenseur d'inertie, en plus des deux premiers éléments diagonaux de  $[C]$ . Ces derniers sont égaux puisque l'on suppose une symétrie axiale, les termes hors diagonale étant nuls en l'absence de perturbations extérieures. En multipliant la seconde équation par  $i$  et en l'ajoutant à la première, on obtient une équation simple pour les quantités complexes  $\tilde{m} \equiv m_1 + im_2$  et  $\tilde{m}_f \equiv m_{f1} + im_{f2}$ ,  $\tilde{c}_3 \equiv c_{13} + ic_{23}$  et  $\tilde{c}_3^f \equiv c_{13}^f + ic_{23}^f$ . Pour toutes ces quantités, l'indice ou l'exposant  $f$  se rapporte au noyau fluide. Pour les mouvements de l'axe instantané de rotation de fréquence  $\sigma$  cpsd,  $\tilde{m} = \tilde{m}(\sigma)e^{i\sigma\Omega_o t}$ ,  $\tilde{m}_f = \tilde{m}_f(\sigma)e^{i\sigma\Omega_o t}$ ,  $\tilde{c}_3 = c_3(\sigma)e^{i\sigma\Omega_o t}$ ,  $\tilde{c}_3^f = c_3^f(\sigma)e^{i\sigma\Omega_o t}$  et l'équation s'écrit finalement

$$(\sigma - e)\tilde{m}(\sigma) + (1 + \sigma)(\tilde{c}_3(\sigma)/A) + (A_f/A)\tilde{m}_f(\sigma) = \tilde{\Gamma}(\sigma)/(iA\Omega_o^2). \quad (4.3.6)$$

Pour les termes principaux de nutation décrits en 4.3.1, le moment de force est presque entièrement dû à l'action de la partie tessérale de terme de degré deux (harmonique sphérique de degré 2 et d'ordre 1) du potentiel en  $e$  :  $\tilde{\Gamma}(\sigma) = -ieA\tilde{\phi}(\sigma)$ .

Pour la Terre rigide (pas de déformation, pas de noyau), la solution de (4.3.6) est immédiate :

$$\tilde{m}_R(\sigma) = \frac{e}{(e - \sigma)}\tilde{\phi}(\sigma). \quad (4.3.7)$$

L'équation de bilan du moment cinétique pour le noyau fluide a la forme :

$$(\sigma + (1 + e_f)\tilde{m}_f(\sigma) + \sigma[\tilde{m}(\sigma) - \tilde{c}_3^f(\sigma)]) - K^{CMB}\tilde{m}_f(\sigma) = 0. \quad (4.3.8)$$

Le dernier terme représente le couplage électromagnétique entre le noyau et le manteau,  $K^{CMB}$  étant la constante complexe de couplage.

Les déformations du noyau et de la Terre globale sont représentées par  $\tilde{c}_3^f$  et  $\tilde{c}_3$ , respectivement. Elles proviennent,

- (a) de l'action directe du potentiel de marées  $\tilde{\phi}$ ,
- (b) de l'action des potentiels supplémentaires centrifuges produits par les rotations des différentes régions,

(c) de la surcharge sur la croûte des marées océaniques.

Les deux premiers points conduisent à l'expression

$$\tilde{c}_3 = A[\kappa(\tilde{m} - \tilde{\phi}) + \xi\tilde{m}_f], \quad \tilde{c}_3^f = A_f[\tilde{\gamma}(\tilde{\phi} - \tilde{m}) + \beta\tilde{m}_f], \quad (4.3.9)$$

où  $\kappa, \gamma, \xi$ , et  $\beta$  sont les paramètres de réponse de la Terre (appelé “compliance” dans les articles de Mathews et al.). Les deux premiers caractérisent les déformations de la Terre globale et du noyau fluide en réponse à l'action d'un potentiel extérieur ou du mouvement du pôle de rotation d'amplitude  $\tilde{m}$ ;  $\xi$  et  $\beta$  caractérisent les déformations en réponse au mouvement différentiel du pôle de rotation du noyau. Si on substitue (4.3.9) dans (4.3.6) et (4.3.8), ces équations dynamiques forment une équation matricielle dont l'inconnue est le vecteur colonne formé des composantes équatoriales  $\tilde{m}, \tilde{m}_f$ . Les valeurs propres de la matrice dynamique sont les fréquences des deux modes d'oscillations libres.

En absence d'inélasticité et de marées océaniques, les valeurs des paramètres de réponse de la Terre peuvent être calculées par intégration des équations de déformation pour un modèle de Terre donné, tel PREM de Dziewonski et Anderson (1981) utilisé dans MHB2000.

L'inélasticité du manteau produit des incréments complexes de ces valeurs; l'effet des marées océaniques peut aussi être pris en considération par l'introduction de termes supplémentaires, non seulement complexes mais aussi dépendant fortement de la fréquence  $\sigma$  du potentiel de marées.

Les incréments sont évalués en utilisant un modèle approprié d'inélasticité du manteau et un modèle pour les marées océaniques diurnes prises en compte pour les nutations, comme décrit dans Mathews et al. (2002). L'introduction de la solution des deux équations précédentes dans les représentations des déformations et des marées océaniques permet de prendre en considération les interactions entre les trois phénomènes.

L'introduction de la graine donne des termes additionnels dans les deux équations précédentes, (qui impliquent, maintenant, les variables  $\tilde{m}_s$  et  $\tilde{n}_s$  liées à la graine définies en 4.3.2) et deux équations supplémentaires, l'équation de bilan du moment cinétique pour la graine et l'équation cinématique reliant  $\tilde{n}_s$  à  $\tilde{m}_s$ . Les principes généraux décrits précédemment peuvent s'appliquer, en gardant à l'esprit que la matrice dynamique utilisée est maintenant une matrice  $4 \times 4$ . Un point important est l'apparition du terme  $K^{ICB}$  représentant le couplage (électromagnétique) entre la graine et le noyau fluide dans les équations de moments de force pour les deux régions du noyau. L'impact de ce couplage sur les amplitudes d'un terme de nutation donné est complexe.

Comme il a été vu plus haut, les valeurs de  $e$  et  $e_f$  calculées à partir des modèles de Terre en équilibre hydrostatique ont dû être ajustées (d'environ 5% dans les travaux les plus récents) pour que les résultats des théories de nutation soient compatibles avec les observations. Or, grâce à l'amélioration de la qualité des observations de la nutation, les paramètres de la Terre, connus avec une précision limitée à partir des anciennes données observationnelles, peuvent être ajustés à des valeurs différentes de celles utilisées dans ces modèles de Terre, comme PREM. D'autre part, aucune estimation des paramètres  $K^{CMB}$  et  $K^{ICB}$  n'était disponible. Ayant ces remarques à l'esprit, Mathews et al. (2002) ont utilisé un ajustement par moindres carrés des quantités prédites par la théorie de nutation (dans son approximation linéaire) à des données observationnelles de nutation de très haute précision auxquelles ont été retirées les contributions non linéaires par optimisation des valeurs des BEP sélectionnés.

#### 4.3.6. Estimation de la constante de la précession et formules pour les séries de la nutation

La valeur estimée de la constante de précession du modèle MHB2000 est obtenue directement à partir de la valeur de l'ellipticité  $e$  estimée précédemment. Comme pour les amplitudes de la nutation, on utilise au départ la solution d'un système d'équations mis en place avec des valeurs optimisées pour les paramètres de la Terre, puis on obtient une fonction de transfert en divisant  $\tilde{m}(\sigma)$  par la solution pour la Terre rigide  $\tilde{m}_R(\sigma)$  donnée par (4.3.7). Il faut cependant être prudent : la valeur de  $e$  obtenue pour une Terre non rigide n'est pas égale à la valeur  $e_R$  utilisée pour une Terre rigide. La différence entre ces valeurs nécessite la multiplication de la fonction de transfert déterminée précédemment par  $[(e_r - \sigma)/(e + 1)] (e/e_R)$ . On obtient ainsi l'amplitude du terme  $\tilde{\eta}(\nu)$  pour une Terre non rigide en multipliant l'amplitude du terme  $\tilde{\eta}_R(\nu)$  de nutation de la Terre rigide pour l'ellipticité  $e_R$  par la fonction de transfert modifiée et calculée pour la fréquence  $\sigma$  (dans l'approximation linéarisée des équations de moments de force). L'estimation de cette amplitude est faite pour chaque fréquence  $\nu$  des séries de nutation de la Terre rigide. Les amplitudes de la nutation circulaire déterminées à partir du modèle de Terre rigide REN2000 de Souchay et al. (1999) ont été utilisées par Mathews et al. (2002) dans le calcul des amplitudes de la Terre non rigide correspondantes. Le résultat final inclut plusieurs petites corrections. Les premières sont celles, mentionnées précédemment, dues aux contributions des termes non linéaires dans les équations. D'autres modélisent un effet relativiste nommé *nutation géodésique* (voir par exemple Brumberg et al., 1992) ; d'autres, enfin, estimées empiriquement, se rapportent à l'effet des marées thermiques atmosphériques. Les amplitudes progrades et rétrogrades de la nutation sont enfin converties en coefficients de nutation en longitude et obliquité. Une correction due aux termes non linéaires est aussi appliquée à la constante de la précession.

Si tous les paramètres des équations de bilan du moment cinétique avaient été indépendants de la fréquence, on aurait pu calculer les amplitudes pour une Terre non rigide, pour toutes les fréquences, en appliquant les formules de la fonction de transfert aux amplitudes connues pour une Terre rigide, en utilisant les valeurs données par la théorie pour les fréquences des modes de nutation libre et les coefficients correspondants. Mais, puisque les contributions des effets de marées océaniques dans l'estimation des paramètres de la matrice dynamique sont dépendantes des fréquences, nous devons nous contenter d'une formulation approximative peu satisfaisante associée à des corrections à appliquer à certaines amplitudes de nutation. Ces corrections ont été déterminées à partir de la solution exacte des équations de bilan du moment cinétique calculée pour chaque fréquence. La formulation donnée par Mathews et al. (2002) pour la fonction de transfert est :

$$\frac{e_R - \sigma}{e + 1} \frac{e}{e_R} \left[ 1 + (1 + \sigma) \left( Q_0 + \sum_{\alpha=1}^4 \frac{Q_\alpha}{\sigma - s_\alpha} \right) \right] \quad (4.3.10)$$

où les  $s_\alpha$  sont des compromis entre les fréquences propres des quatre oscillations libres. On trouvera des valeurs numériques et des résultats détaillés dans Mathews et al. (2002), ainsi que des discussions approfondies concernant les implications géophysiques des valeurs obtenues par ajustement aux observations de nombreux paramètres de la Terre. Les résonances associées à la nutation libre du noyau (FCN, Free Core Nutation et PFCN, Prograde Free Core Nutation) influencent fortement un grand nombre de termes de nutation forcés pour les fréquences proches

de leurs fréquences propres (en particulier la nutation annuelle rétrograde et la nutation en 18.6 ans). Grâce à l'impact de ces résonances, il a été possible de déduire de nombreuses propriétés physiques de la Terre jouant un rôle significatif dans la détermination et la caractérisation de ces modes.

Une question ouverte concerne l'effet des variations de la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même sur la nutation de période 18.6 ans (Bretagnon et al., 2000). De cet effet pourraient résulter de petits termes non linéaires négligés dans les relations cinématiques (4.3.1) et (4.3.2). Depuis, il a été montré (Lambert et Capitaine, 2004) que cet effet pouvait être annulé si l'incrément du vecteur de moment de force induit par la variation de la vitesse de rotation était pris en considération. Par la suite, Lambert & Mathews (2006) ont traité la totalité des termes non linéaires qui complètent les équations de Liouville linéarisées, et calculé leurs effets sur la précession et la nutation.

#### 4.3.7. Fréquences des nutations et mouvement du pôle

Afin de compléter cette description des variations de la rotation de la Terre (autres que celles de la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même), nous allons considérer brièvement les variations induites par les déviations de la structure terrestre par rapport à un ellipsoïde axisymétrique. De telles structures sont décrites par l'intermédiaire des coefficients du géopotential ( $C_{nm}, S_{nm}$ ) où  $n = 3, 4, \dots$ . Pour tout  $m$  différent de zéro, les nutations générées sont en dehors de la bande des basses fréquences. Ces mouvements peuvent aussi être considérés comme des mouvements du pôle de fréquences se trouvant en dehors de la bande de fréquences rétrogrades diurnes qui s'étend de  $-(3/2)$  cpsd à  $(-1/2)$  cpsd. C'est ce dernier point de vue qui est recommandé par l'UAI (2001). Ce mouvement est celui du pôle défini par ces résolutions, ses coordonnées dans le repère de référence terrestre étant notées  $(x_p(t), -y_p(t))$ . Les seules composantes spectrales du mouvement ayant des amplitudes supérieures à  $1 \mu\text{as}$  correspondent soit à des mouvements de basses fréquences induits par un potentiel de marées d'ordre 3 et de degré 0 agissant sur les coefficients du géopotential ( $C_{3,1}$  et  $S_{3,1}$ ), soit à des mouvements du pôle diurnes progrades induits par un potentiel tesseral de degré 2 agissant sur les coefficients de triaxialité  $C_{2,2}$  et  $S_{2,2}$  (c'est-à-dire représentant les différences entre les deux principaux moments d'inertie équatoriaux). L'amplitude  $\tilde{p}(\sigma)$  de la composante circulaire du mouvement du pôle est définie dans le premier cas par  $\tilde{p} \equiv x_p - iy_p = \mp i \tilde{p}(\sigma) e^{\pm \Theta_\omega(t)}$ , avec  $\sigma = \pm(\omega/\Omega_0)$ ,  $\pm$  désignant les mouvements progrades (+) et rétrogrades (-).  $\Theta_\omega(t)$  est l'argument de la composante spectrale du potentiel,  $\omega = d\Theta_\omega(t)/dt > 0$ . Pour les mouvements dus à la triaxialité, tous progrades, l'expression précédente avec un signe + est valable. Dans les deux cas,  $\tilde{p}(\sigma) = \tilde{m}(\sigma)/(1 + \sigma)$ . Les amplitudes  $\tilde{m}(\sigma)$  sont obtenues à partir d'équations de moments de force très simplifiées. Pour de plus amples détails, voir Mathews et Bretagnon (2003).

## 4.4. DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES D'ORIENTATION DE LA TERRE

### 4.4.1. Introduction

La connaissance de la non-uniformité de la rotation de la Terre permet d'appréhender les phénomènes qui en sont la cause, essentiellement les phénomènes géophysiques externes (mouvements atmosphériques, océaniques, glaciaires ...) et internes (interaction entre les noyaux solide et fluide de la Terre et le manteau). De plus les activités dans les domaines de la navigation, l'astronomie et la géodésie spatiale exigent la connaissance précise des mouvements d'un système de référence terrestre lié à la Terre, et réalisé par le repère de référence terrestre international (ITRF, International Terrestrial Reference Frame ; Altamimi et al., 2002) par rapport à un système de référence non-tournant réalisé par le repère de référence céleste international (International Celestial Reference Frame, ICRF ; Ma et al., 1998). Ainsi, pour la navigation spatiale, on a besoin de connaître l'orientation de la Terre par rapport à un repère céleste et une erreur dans l'orientation terrestre se propage sur la position calculée du satellite.

La rotation de la Terre comprend différentes composantes appelées *paramètres d'orientation de la Terre* (EOP, Earth Orientation Parameters) qui permettent de décrire la rotation de l'ITRF par rapport à l'ICRF.

### 4.4.2. Description des paramètres d'orientation de la Terre

Les EOP comprennent le mouvement de rotation de la Terre autour de son axe (représenté par le Temps universel UT1 ou la vitesse de rotation), le mouvement de l'axe par rapport à l'axe de figure (le mouvement du pôle ou polhodie) et la précession-nutation donnée par un modèle conventionnel. On se reportera au chapitre 3.6 pour les nouvelles définitions et procédures issues des résolutions adoptées à la vingt-quatrième assemblée générale de l'UAI en 2000 et qui concernent en particulier l'adoption d'un nouveau modèle de nutation (IAU2000), une nouvelle définition du pôle céleste, la définition du CIP ainsi que l'adoption d'une nouvelle transformation entre les systèmes céleste et terrestre définissant UT1 comme étant directement proportionnel à l'angle de rotation de la Terre.

Les variations atmosphériques jouent un rôle important dans les variations du mouvement du pôle et de la rotation de la Terre proprement dite. Le moment angulaire atmosphérique calculé à partir d'un modèle de circulation comprenant notamment des données globales de température et pression sur plusieurs niveaux d'altitude est composé d'un terme dit *de pression*, relatif à des variations de masse et exprimé sous forme de variations du tenseur d'inertie ainsi que d'un terme dit *de vent*, lié aux mouvements des masses atmosphériques et s'exprimant sous la forme de moment cinétique relatif (Barnes et al, 1983). Les termes de pression affectent plus particulièrement le mouvement du pôle alors que les termes de vent ont un effet sur la rotation de la Terre proprement dite comme l'excès de la durée du jour sur la durée du jour moyen (86400 secondes).



#### 4.4.2.1. Mouvement du pôle ou polhodie

Les coordonnées du CIP par rapport au pôle international de référence (International Reference Pole, IRP) sont définies dans un système d'axes contenu dans le plan tangent au pôle dont l'origine est l'IRP (figure 4.4). Ces axes  $O_x$  et  $O_y$  sont dirigés respectivement vers le méridien de référence, l'International Reference Meridian (IRM), proche du méridien de Greenwich et perpendiculairement vers l'ouest. Le CIP diffère du pôle instantané de rotation par des termes quasi-diurnes dont l'amplitude est inférieure à  $0.01''$  notamment dus aux marées océaniques. Le mouvement de l'axe de rotation de la Terre par rapport à la croûte comporte trois composantes majeures : une oscillation libre de période d'environ 435 jours (oscillation de Chandler, ou Chandler wobble), une oscillation annuelle forcée par le déplacement saisonnier des masses atmosphériques et océaniques ainsi qu'une dérive séculaire décrite par le pôle moyen.

##### *Le terme de Chandler*

C'est un terme libre de période environ 14 mois, réponse résonnante de la Terre au couplage équatorial. L'amplitude atteint  $0.15''$  (4.5 m sur la Terre). L'amortissement de cette résonance peut être calculé empiriquement par l'introduction du facteur de qualité  $Q$  qui dépend des paramètres rhéologiques de la Terre. L'amortissement du terme de Chandler fournit des informations sur la dissipation à long terme dans la Terre. L'origine de l'excitation du terme de Chandler est restée mal connue pendant très longtemps. On l'a attribuée à divers phénomènes géophysiques comme les excitations atmosphériques, les variations des masses des réserves hydrologiques, les tremblements de terre ou les couplages électromagnétique, topographique ou gravitationnel entre le noyau liquide et le manteau (Eubanks, 1985). On sait maintenant qu'elle est due à une combinaison de phénomènes atmosphériques et océaniques. Gross (2000) a montré en particulier que les variations de pression atmosphérique dans les fonds des océans et la pression atmosphérique sur les continents expliquaient, respectivement, les deux tiers et un tiers du mouvement total.

##### *Les variations saisonnières*

Les variations du moment d'inertie liées aux mouvements des masses atmosphériques sont principalement responsables des variations saisonnières, essentiellement annuelles et semi-annuelles. Ces variations saisonnières sont stables avec une amplitude de l'ordre de  $0.1''$  (3m sur la Terre). Cependant les excitations atmosphérique et océanique n'expliquent pas complètement les variations du mouvement du pôle. L'introduction de données relatives à l'excitation océanique nouvellement disponibles, à partir notamment des analyses des données du satellite altimétrique Topex-Poseidon, permet d'améliorer la compréhension des causes de ces variations. Il existe également dans le mouvement du pôle des termes à plus courtes périodes, notamment les termes diurnes et subdiurnes que l'on attribue aux variations océaniques.

##### *Mouvement séculaire*

L'étude des variations à long terme du mouvement du pôle montre l'existence d'un terme séculaire d'environ 4 mas par an (12 cm par an sur la Terre) dans la direction  $70.7^\circ$  ouest. Ce terme n'a pu être déterminé avec précision que grâce à l'accumulation de données sur le mouvement

du pôle, notamment depuis la contribution des données spatiales depuis plusieurs décades ainsi que par l'utilisation de modèles précis de mouvements locaux des stations d'observation dus aux plaques tectoniques. Ces variations séculaires qui apparaissent dans le mouvement du pôle sont généralement attribuées aux effets du rebond postglaciaire, réponse lente et anélastique de la Terre à la fonte des glaces des calottes polaires depuis le dernier âge glaciaire il y a environ 10 000 ans. Ce phénomène est responsable des variations du terme zonal d'ordre deux, noté  $J_2$ , ainsi que celles d'autres termes du modèle de champ de gravité de la Terre observées notamment par télémétrie laser du satellite Lageos. Les échelles de temps concernées par le rebond postglaciaire sont si grandes, plusieurs milliers d'années, que le mouvement séculaire du pôle apparaît comme un terme linéaire. L'étude du rebond postglaciaire est de grande importance pour l'analyse de la variation du niveau de la mer provenant du réchauffement global. Les mouvements verticaux de l'ordre de quelques millimètres par an sont comparables aux effets provenant de l'expansion thermique et de ceux résultant de la fonte des glaces. Les données récentes du mouvement du pôle sont sensibles aux redistributions de masse et donnent de fortes contraintes sur les modèles de variation du niveau de la mer. Des études récentes montrent que les fontes de glaciers et les bassins hydrologiques pourraient être également responsables de 20% de l'excitation du mouvement observé du pôle séculaire. Plusieurs auteurs dans le passé ont mis en évidence l'existence d'un terme décennal de période d'environ 20 à 30 ans dite oscillation de Markowitz. L'existence de ce terme que certains ont attribué à des erreurs systématiques dans la position de stations d'observation est cependant controversée.

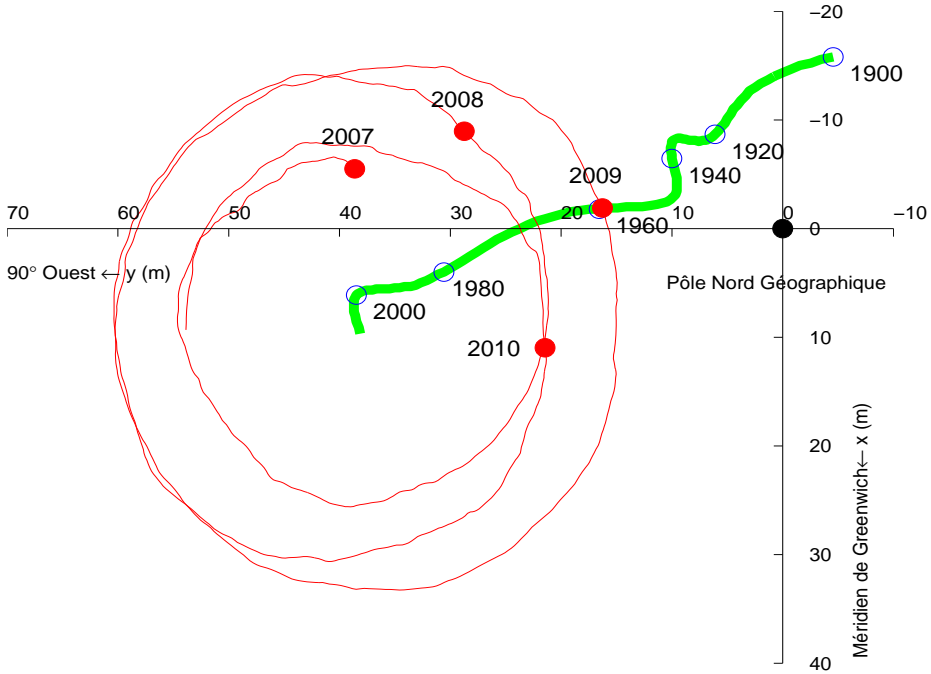
#### 4.4.2.2. UT1

UT1 est l'angle de rotation autour du pôle. Il est défini par une relation conventionnelle (IERS, 2003) et donne accès à la direction de l'IRM dans l'ICRS. Il est en fait exprimé comme l'une des différences UT1-TAI ou UT1-UTC. DUT1 est la différence UT1-UTC exprimée avec une précision de  $\pm 0.1$  s ; elle est diffusée avec les signaux horaires et annoncée par l'IERS. La différence entre la longueur du jour relative à la rotation de la Terre,  $LOD$ , et les 86 400 s du TAI, est appelée l'excès de la durée du jours  $\Delta LOD$ . Sa relation avec la vitesse moyenne de rotation de la Terre est :

$$\Omega = 72\,921\,151.467\,064 - 0.843\,994\,803 \Delta LOD,$$

où  $\Omega$  est en picoradians/s et  $\Delta LOD$  en millisecondes (ms).

UT1 et par suite  $\Delta LOD$  et  $\Omega$ , ont des variations dues aux marées zonales dont le modèle comprend 300 termes périodiques avec des périodes comprises entre 5.6 jours et 18.6 ans (IERS, 2003).  $UT1R$ ,  $\Delta LODR$ , and  $\Omega R$  sont les valeurs de UT1,  $\Delta LOD$ , et  $\Omega$  corrigées des termes à courtes périodes inférieures à 35 jours. L'amplitude de  $UT1R-UT1$  est inférieure à 2.5 ms. La différence  $\Delta LODR - \Delta LOD$  est inférieure à 1 ms. Les données fournies par l'IERS n'incluent pas les effets des variations semi-diurnes et diurnes données également par un modèle (IERS, 2003). La différence UT1-UTC n'est théoriquement pas affectée par les nouvelles résolutions de l'UAI.



**Fig. 4.4.** Polhodie 2001-2004 et pôle moyen depuis 1900. L'unité est la seconde de degré.  
L'axe des x est dirigé positivement vers le méridien de Greenwich, l'axe des y est dirigé positivement vers la direction 90° ouest.

#### 4.4.2.3. Excès $\Delta LOD$ de la durée du jour sur les 86400s

En l'état actuel de nos connaissances et en dehors des effets de marée dus aux actions de la Lune et du Soleil, les variations de la durée du jour peuvent être séparées en plusieurs composantes :

1) Le ralentissement séculaire. L'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil produit le phénomène de marée dont le frottement entraîne une dissipation d'énergie. Cela donne lieu à un ralentissement séculaire de la rotation terrestre. En se basant sur des mesures anciennes et modernes, on peut estimer que l'accroissement régulier dans la longueur du jour qui en résulte est de l'ordre de 2 ms par siècle. Si l'on considère que ce ralentissement existe depuis les temps géologiques, on peut estimer que la rotation terrestre se faisait en 22 heures, il y a cent millions d'années. Il faut ajouter à ce terme séculaire des variations périodiques produites par les marées dues aux couples gravitationnels de la Lune et du Soleil. Les principales périodes sont de 18.6 ans, 1 an, 6 mois, 27.56 et 13.66 jours avec une amplitude globale de l'ordre d'une milliseconde dans la durée du jour.

2) Des variations irrégulières décennales dont l'amplitude est de l'ordre de 3 à 4 millisecondes oscillant sur des périodes comprises entre 20 et 60 ans. Leurs origines sont d'ordre géophysique

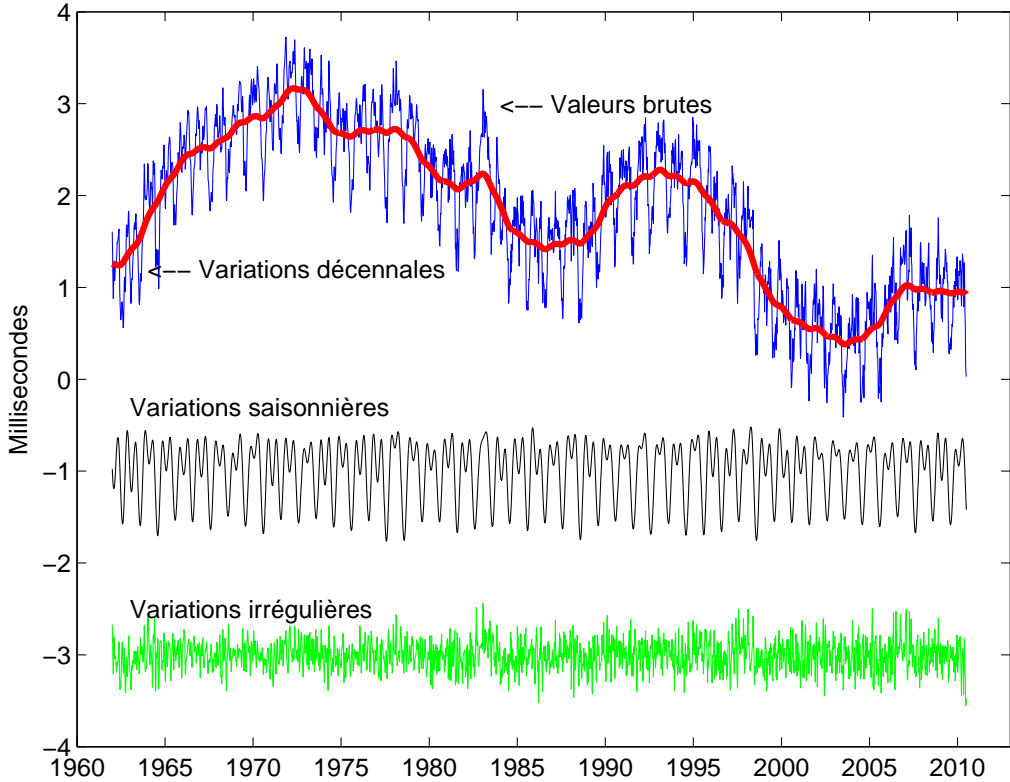
interne et sont généralement attribuées au couplage entre le noyau et le manteau terrestres et partiellement aux phénomènes océano-atmosphériques à grande échelle, de type El Nino. La vitesse de rotation de la Terre est connue avec une bonne précision depuis les années 1970. Auparavant on disposait de mesures issues des observations d'astrométrie optique classique pour lesquelles la précision était un peu moins bonne. Ce sont les phénomènes d'occultations d'étoiles par la Lune qui fournissent les mesures antérieures. Les éclipses anciennes peuvent également apporter des informations sur les variations à long terme de la vitesse de rotation. Cependant la précision qu'elles donnent est médiocre.

3) Des variations saisonnières, principalement annuelle et semi-annuelle et également inter-annuelles dues essentiellement à la circulation atmosphérique. Si l'on considère la Terre solide et l'atmosphère comme un tout, l'une des lois fondamentales de la mécanique d'un système isolé postule la conservation du moment cinétique global de l'ensemble de la Terre solide et de son atmosphère. Une variation du moment cinétique de l'atmosphère entraînera donc une variation opposée du moment cinétique de la Terre. Un vent d'ouest violent aura pour conséquence un ralentissement de la Terre, faible mais détectable par les techniques actuelles. À ces fluctuations il faut aussi ajouter la contribution de la circulation océanique et celle du cycle hydrologique sur les continents (pluies, neiges), mais dont la participation au bilan global, quoique mesurable est négligeable (moins de 5%).

4) Des variations irrégulières ayant principalement pour origine des phénomènes rapides atmosphériques et océaniques. En outre, les forces externes appliquées au système climatique dans la haute atmosphère, principalement dues au vent solaire et aux autres forces électromagnétiques, ont dans ce contexte une faible influence. Elles peuvent de ce fait être négligées. Ceci laisse alors libre place à l'important problème géophysique constitué par la détermination et l'étude des effets internes. La figure 4.5 représente le filtrage de l'excès de la durée du jour sous forme de termes décennaux, saisonniers et irréguliers.

#### 4.4.2.4. Pôle céleste et écarts au pôle céleste ( $\delta\Delta\psi_{2000}$ , $\delta\Delta\epsilon_{2000}$ )

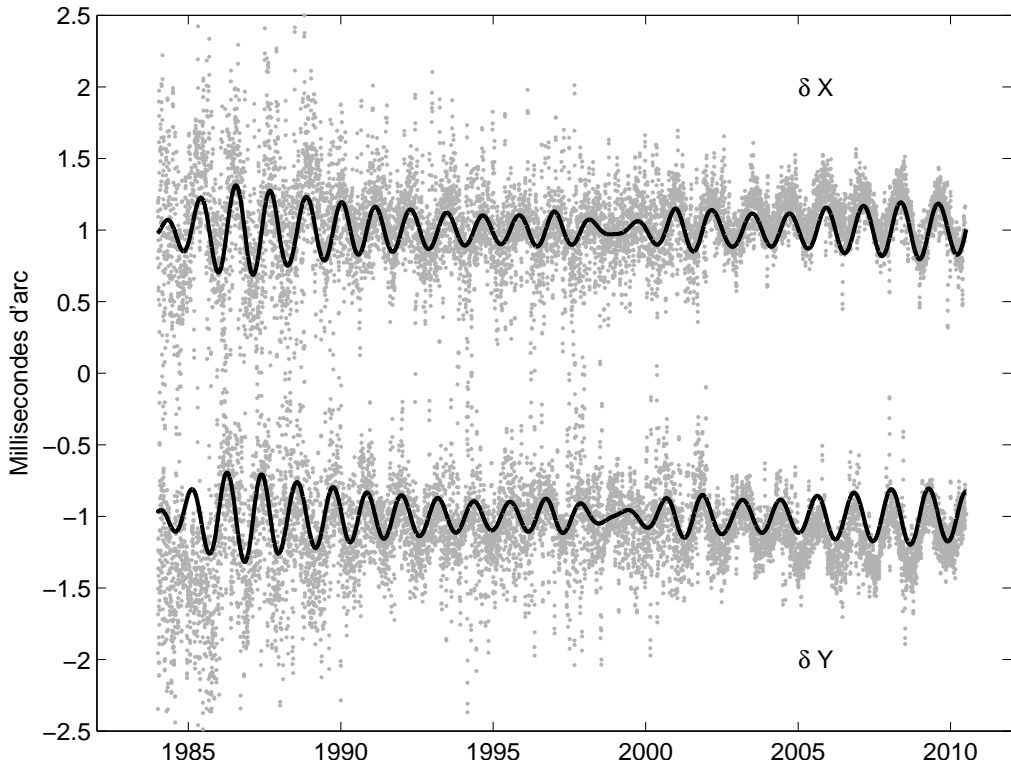
La précession-nutation se réfère au CIP, qui ne contient par définition, que des termes dont la période dans le repère céleste est supérieure à 2 jours. Elle comporte une partie séculaire et des termes périodiques (principalement de période 18.6 ans, 1 an, 0.5 an et 14 jours). Les oscillations résiduelles sont attribuées à la nutation libre de la Terre. L'IERS ne fournit pas directement les coefficients de la précession-nutation mais les écarts  $\delta X$  et  $\delta Y$  par rapport au modèle de référence IAU2000, selon le nouveau formalisme (*cf.* 3.6). Les variations observées reflètent la différence entre le mouvement céleste réel du pôle et celui prédit par les modèles de précession et de nutation conventionnels. Les angles en longitude et en obliquité déterminés classiquement ( $\delta\Delta\psi_{2000}$ ,  $\delta\Delta\epsilon_{2000}$ ), et référés au nouveau modèle peuvent être aisément calculés. Ces valeurs de  $\delta X$  et  $\delta Y$  sont maintenant inférieures à 1 mas et reflètent principalement les effets de la FCN que l'on peut difficilement modéliser. Elles ne peuvent donc pas être incorporées au nouveau modèle de nutation IAU2000 (figure 4.6).



**Fig. 4.5.** Filtrage de  $\Delta LOD$ , variations décennales, saisonnières et irrégulières. L'unité est la milliseconde.

#### 4.4.2.5. Variations du temps universel, relations avec les échelles de temps atomique TAI et UTC

L'échelle de temps TAI, réalisée par des phénomènes physiques et calculée par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) (*cf.* chapitre 2) est dissociée du Temps universel déterminé par la rotation de la Terre. Son intervalle unitaire est exactement d'une seconde SI rapportée au niveau moyen des mers. L'origine du TAI est telle que la différence  $UT1 - TAI$  est approximativement égale à zéro le 1<sup>er</sup> janvier 1958. Les instabilités de TAI sont environ  $10^6$  fois plus faibles que celles de  $UT1$ . UTC a été défini par la recommandation 460-4 de l'International Radio Consultative Committee (1986). Cependant TAI et le temps universel  $UT1$  s'écartent au fil des années à cause du choix de la seconde du TAI, un peu trop courte par rapport à la seconde définie astronomiquement et aussi à cause des fantaisies de la rotation de la Terre. À l'allongement d'environ 2 millisecondes par siècle dû aux marées s'ajoutent des variations saisonnières ou imprévisibles se mesurant aussi en millisecondes. Pour diverses applications, notamment pour la navigation spatiale, on a voulu garder une relation entre le temps de la physique et la rotation de la Terre dans le repère céleste. On a donc défini une nouvelle échelle de temps, le *temps universel coordonné* (UTC, Universal Time Coordinated) calqué sur le TAI mais comprenant une correction de quelques secondes qui l'astreint à rester proche de  $UT1$  et tel que  $|UT1 - UTC| < 0,9$  s. Lorsque la différence risque



**Fig. 4.6.** Écart  $\delta X$  et  $\delta Y$  du pôle céleste. La courbe en trait continu représente la FCN. L'unité est le mas.

de dépasser 1 seconde on introduit dans UTC une seconde intercalaire appelée de manière impropre *saut de seconde* (leap second). Selon cette dernière condition, la décision, ou la non-décision, d'introduire un saut de seconde dans UTC relève de l'IERS et est annoncée dans le Bulletin C six mois à l'avance. Selon les recommandations du CCIR, les dates d'application préférentielles sont un 31 décembre ou un 30 juin de l'année. L'application est mise en œuvre par les autorités nationales responsables de la diffusion du temps. L'organisme français concerné est le Bureau national de métrologie (BNM/SYRTE, sis à l'observatoire de Paris). La dernière seconde intercalaire fut introduite le 1<sup>er</sup> janvier 2006 à 0h UTC, soit à 1 heure temps légal en France. La prochaine se produira le 1<sup>er</sup> janvier 2009 selon les prédictions actuelles, la Terre ayant accéléré depuis quelques années.

Cette définition de UTC comprenant des secondes intercalaires intermittentes s'est révélée satisfaisante pour toutes les communautés scientifiques à l'exception de celles travaillant dans des domaines liés aux télécommunications et à la navigation spatiale (notamment par GPS) qui ont proposé récemment une révision de la définition de UTC afin de disposer d'une échelle de temps continue exempte de sauts de seconde. Depuis 2001 des discussions ont lieu au niveau international. Elles n'ont cependant pas débouché sur un accord. On incite plutôt les communautés qui ont besoin d'une échelle de temps continue à utiliser TAI ou directement un temps lié à l'échelle GPS, voire

l'échelle de temps produite par le futur système Galileo.

#### 4.4.3. Les techniques d'observation

Deux types de méthodes sont actuellement utilisées pour déterminer les EOP : les méthodes géométriques et les méthodes dynamiques.

##### 4.4.3.1. Les méthodes géométriques

On observe les directions d'étoiles par astrométrie optique ou de radiosources extragalactiques par interférométrie. L'astronomie optique comporte de sérieuses limitations du fait de la réfraction atmosphérique qui est difficilement modélisable. Cette technique observationnelle n'est actuellement plus utilisée pour les études concernant la rotation terrestre et les détermination de repères de référence. La technique VLBI consiste à observer simultanément en ondes radio une même source extragalactique (quasar ou noyau de galaxie) à l'aide de deux radiotélescopes distants de plusieurs milliers de kilomètres. Les signaux sont enregistrés indépendamment sur des bandes magnétiques et datés de manière très précise par des horloges atomiques ou des masers à hydrogène. Ils sont ensuite corrélés dans un centre spécialisé appelé corrélateur. On peut par la suite en déduire très précisément le décalage entre les heures d'arrivée du signal aux deux radiotélescopes. L'analyse de ce retard géométrique après corrections de divers effets atmosphériques (troposphère, ionosphère) donne accès aux coordonnées des radiosources dans un repère céleste, aux positions des radiotélescopes dans un repère terrestre, mais aussi aux paramètres d'orientation de la Terre. Pour déterminer ces paramètres il faut mener des programmes d'observation s'étendant sur plusieurs heures.

##### 4.4.3.2. Les méthodes dynamiques

Ces méthodes reposent sur l'observation de la Lune par télémétrie laser (LLR) ou sur celle de satellites artificiels de la Terre par diverses techniques. Le repère de référence céleste est fourni par l'éphéméride du satellite. À partir des observations, on peut déterminer les termes donnant l'orientation terrestre ainsi que les positions de stations dans un repère géocentrique tournant lié à la Terre. Le LLR s'est développé depuis 1971. Ces mesures représentent le temps aller-retour d'une impulsion laser réfléchi sur les cataphotes déposés à la surface lunaire par les missions soviétiques et américaines dans les années 1960–1970. La technique étant difficile à mettre en œuvre, il n'y a actuellement que deux stations au monde en fonctionnement opérationnel : celle de l'université du Texas et celle du CERGA de l'observatoire de la Côte d'Azur près de Grasse. La télémétrie laser des satellites repose sur le même principe général, mais dans ce cas les cibles sont des satellites conçus spécialement pour cette technique. Elle s'est essentiellement développée après le lancement du satellite français Starlette en 1975 et celui du satellite américain Lageos en 1976. Ces satellites et leurs successeurs ont des caractéristiques qui leur permettent d'être bien adaptés pour les études liées à la géodynamique. La précision atteinte sur la mesure de distance entre le satellite et la

station est actuellement de quelques millimètres. Les stations d'observation sont bien réparties sur le globe avec toutefois un surnombre en Europe et dans l'Amérique du Nord.

Le système GPS conçu par l'armée américaine pour ses besoins propres de positionnement et de navigation, remplace le système de navigation Transit, reposant sur l'effet Doppler et opérationnel jusque dans les années 1980. Actuellement ce système consiste en une constellation d'une vingtaine de satellites d'orbites quasi-circulaires gravitant à 26500 km, de période de révolution de 12h et se trouvant dans six plans inclinés à  $55^\circ$  par rapport à l'équateur. La communauté scientifique civile utilise largement ce système par l'intermédiaire de l'IGS (International GPS service) créé en 1994. Les principales productions de ce service sont la détermination d'orbites précises pour les besoins de positionnement, le calcul de coordonnées de stations, les paramètres d'orientation de la Terre et les paramètres liés à l'état de la troposphère et de l'ionosphère.

Le système radioélectrique DORIS, développé par le CNES, est embarqué sur des satellites bas. Il a volé sur les satellites de télédétection Spot et sur le satellite océanographique Topex- Poseidon. Depuis 2001 il est embarqué sur les satellites Envisat et Jason. À la différence des autres systèmes, le récepteur DORIS se trouve embarqué dans le satellite alors que les balises émettrices sont au sol. Ce réseau de balises est parfaitement distribué sur le globe terrestre, ce qui rend ce système bien adapté à la détermination du système de référence terrestre.

#### 4.4.4. Calcul des paramètres d'orientation de la Terre

L'ensemble des EOP permet d'effectuer la transformation entre l'ITRF et l'ICRF. Ces paramètres sont donnés, par l'IERS, sous forme de séries chronologiques régulières. La série de référence est la combinaison de séries individuelles dérivées des analyses des observations obtenues par les diverses techniques. La procédure de combinaison est fondée sur le traitement statistique de séries chronologiques, l'objectif étant d'obtenir la meilleure série à toutes les échelles de temps. Les processus incluent notamment lissage de données, interpolation, analyse spectrale, modélisation, prédiction et utilisent de nouvelles méthodes comme les analyses en ondelettes ou les réseaux de neurones (Bougeard et al, 2000 ; Gambis, 2002 ; Vondrák et Cepek, 2000 ; Vondrák et Gambis, 2000).

L'exactitude actuelle est de l'ordre de 200 mas pour les composants du pôle et 20 microsecondes de temps ( $\mu s$ ) pour UT1, ce qui correspond à moins d'un centimètre sur la Terre. Cependant l'exactitude n'égale pas la précision interne des solutions individuelles qui sont respectivement de 100 mas et  $5 \mu s$ , à cause des erreurs de propagation dans la réalisation des deux repères de référence céleste et terrestre. On trouvera plus de détails sur les combinaisons et l'analyse des EOP dans Gambis (2004). Des méthodes rigoureuses, reposant sur une détermination globale simultanée des repères de référence et des paramètres de la rotation de la Terre, sont actuellement en développement (Anderson, 1995 ; Yaya, 2002 ; Altamimi et al., 2004). Elles permettront une meilleure compréhension de ce problème.

##### *Remarque sur les termes précision et exactitude*

Selon les définitions standard largement admises par la communauté scientifique, le terme *exactitude* a un sens spécifique caractérisant la stabilité, l'uniformité ou la reproductibilité d'une série



de données, alors que la *précision*, qui doit être distinguée, reflète une évaluation externe relative à la vérité que l'on ne peut pas atteindre et qui relate la qualité du résultat. On peut seulement estimer l'inexactitude, défaut d'exactitude.

#### 4.5. BIBLIOGRAPHIE

- Altamimi, Z., Boucher, C., Gambis, D. : 2004, Long-term Stability of the Terrestrial Reference Frame, soumis à *Adv. Space Research*.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2002, ITRF2000 : A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications, *J. Geophys. Res.* **107 (B10)**, 2214, doi :10.1029/2001JB000561.
- Anderson, P.H. : 1995, High-precision station positioning and satellite orbit determination, *Ph.D. Thesis, NDRE/publication 95/01094*, FFI/ E, Box 25, N-2007, Kjeller, Norway.
- Barnes, R.T.H., Hide, R., et al. : 1983, Atmospheric angular momentum fluctuations, length-of-day changes and polar motion dans *Proc. R. Soc. Lond.* **387**, 31.
- Bevington, P.R. :1969, Data reduction and error analysis for the physical sciences, *McGraw-Hill Book Company*, New York, USA.
- Bougeard, M., Gambis, D., Ray, R. : 2000, Algorithms for box constrained M-estimation : fitting large data sets with applications to Earth Orientation Parameters series, *Physics and Chemistry of the Earth* **25(9-11)**, 679.
- Bretagnon, P., Fienga, A., Simon, J.-L. : 2003, Expressions consistent with the IAU 2000A model, *Astron. Astrophys.* **400**, 785.
- Bretagnon, P., Francou, G. : 1988, Planetary theories in rectangular and spherical variables. VSOP87 solutions, *Astron. Astrophys.* **202**, 309.
- Bretagnon, P., Francou, G., et al. : 1998, SMART97 : a new solution for the rotation of the rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **329**, 329.
- Bretagnon, P., Rocher, P., Simon, J.-L. : 1997, Theory of the rotation of the rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **319**, 305.
- Bretagnon, P., Rocher, P., Simon, J.-L. : 2000, Nonrigid Earth Rotation Solution, in : *Towards Models and Constants for Sub-microarcsecond Astrometry.*, IAU Colloquium 180, K. Johnson, D. McCarthy, B. Luzum, G. Kaplan, eds, Washington, USA, 230.
- Brumberg, V.A., Bretagnon, P., Francou, G. : 1992, in *Systèmes de référence spatio-temporels. Journées 1991*, N. Capitaine, ed., observatoire de Paris
- Capitaine, N., Wallace, P.T., Chapront, J. : 2003, Expressions for IAU 2000 precession quantities *Astron. Astrophys.* **412**, 467.

- Capitaine, N., Wallace, P.T., Chapront, J. : 2004, Comparison between high precision precession models for the ecliptic and the equator, *Astron. Astrophys.* **421**, 365.
- Chapront-Touzé, M., Chapront, J. : 1983, The lunar ephemeris ELP2000, *Astron. Astrophys.* **124**, 50.
- Chapront-Touzé, M., Chapront, J. : 1988, ELP2000-85 : a semi-analytical lunar ephemeris adequate for historical times, *Astron. Astrophys.* **190**, 342.
- Defraigne, P., Dehant, V., Paquet, P. : 1995, Link between the retrograde-prograde nutations and nutations in obliquity and longitude, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **62**, 363.
- Dziewonski, A.D., Anderson, D.L. : 1981, Preliminary Reference Earth Model., *Phys. Earth planet. Inter.* **25**, 297.
- Eubanks, T.M. : 1993, Variations in Earth Orientation, in *Contributions of Space Techniques to geodynamics*, Smith. D.E., Turcotte, D.L., eds, Wahshington D.C., 1.
- Fukushima, T. : 2003, A New precession formula, *Astron. J.* **126**, 1.
- Gambis, D. : 2002, Allan Variance analysis applied to Earth Orientation Analysis, *Adv. Space Research* **30(2)**, 207.
- Gambis, D. : 2004, Monitoring Earth Orientation at the IERS using space-geodetic observations., *J. of Geodesy*, 78.
- Gross, 2000, The excitation of the Chandler wobble. *Geophys. Res. Lett.* **27**, 2329.
- Gwinn, C. R., Herring, T. A., Shapiro, I. I. : 1986, Geodesy by radiointerferometry : studies of the forced nutations of the Earth, 2. Interpretation, *J. Geophys. Res.* **91**, 4755.
- Hilton, J.L., Capitaine, N., Chapront, J., Ferrandiz, J.M., Fienga, A., Fukushima, T., Getino, J., Mathews, P., Simon, J.-L., Soffel, M., Vondrak, J., Wallace, P., Williams, J. : 2006, Report of the International Astronomic Union Division I Working Group on Precession and the Ecliptic, *Cel. Mech. Dyn. Astron.* **94**, 351.
- IERS : 2000, IERS Conventions 2000, <http://www.usno.mil/Conventions2000>, draft.
- IERS : 2003, IERS Conventions 2003, *IERS Technical Note 32*, McCarthy, D.D., Petit, G. eds., Frankfurt am Main : Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, ISBN 3-89888-884-3.
- Lambert, S., Capitaine, N. : 2004, Effects of zonal deformations and Earth's rotation rate variations on precession-nutation, *Astron. Astrophys.* **428**, 255.
- Lambert, S., Mathews, P.M. : 2006, Second-order torque on the tidal redistribution and the Earth's rotation, *Astron. Astrophys.* **453**, 363.
- Lieske, J.H., Lederle, T., et al. : 1977, Expressions for the precession quantities based upon the IAU (1976) system of astronomical constants, *Astron. Astrophys.* **58**, 1.
- Ma, C., Arias, E.F., et al. : 1998, The International Celestial Reference Frame as realized by Very Long Baseline Astrometry, *Astron. J.* **116**, 516.
- Mathews, P.M., Bretagnon, P. : 2003, Polar motions equivalent to high frequency nutations for a nonrigid Earth with anelastic mantle., *Astron. Astrophys.* **400**, 1113.
- Mathews, P.M., Buffett, B.A., et al. : 1991, Forced nutations of the Earth : Influence of inner core

- dynamics, 1. Theory, *J. Geophys. Res.* **96**, 8219.
- Mathews, P.M., Herring, T.A., Buffett, B.A. : 2002, Modeling of nutation and precession : new nutation series for nonrigid Earth and insights into the Earth's interior., *J. Geophys. Res.* **107** (B4), DOI :10.1029/2001JB000390.
- Roosbeek, F., Dehant, V. : 1998, RDAN97 : An analytical development of rigid Earth nutation series using the torque approach, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **70**, 215.
- Seidelmann, P.K. : 1982, 1980 IAU Theory of nutation : the final report of the IAU working group on nutation, *Celest. Mech.* **27**, 79.
- Simon, J.-L., Bretagnon, P., et al. : 1994, Numerical expressions for precession formulae and mean elements for the Moon and the planets, *Astron. Astrophys.* **282**, 663.
- Souchay, J., Folgueira, M. : 2000, The effect of zonal tides on the dynamical ellipticity of the Earth and its influence on the nutation, *Earth Moon Planets* **81**, 201.
- Souchay, J., Loysel, B., et al. : 1999, Corrections and new developments in rigid Earth nutation theory : III. Final tables REN-2000 including crossed-nutation and spin-orbit coupling effects., *Astron. Astrophys.* **318**,639.
- Standish, E.M : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides DE405/LE405, JPL IOM **312.F**, 98.
- Standish, E.M., Williams, J.G., Newhall, XX. : 1981, Intégration numérique DE200/LE200, bande magnétique.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**.
- Vondrák, J., Cepek, A. : 2000, Combined smoothing method and its use in combining Earth orientation parameters measured by space techniques, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **147**, 347.
- Vondrák, J., Gambis, D. : 2000, Accuracy of Earth orientation parameters obtained by different techniques in different frequency windows, in : it Journées 1999 Systèmes de référence spatio-temporels and IX Lohrmann Colloquium, Soffel, M., Capitaine, N., eds, observatoire de Paris, 206.
- Wahr, J.M. : 1981, The forced nutations of an elliptical, rotating, elastic and oceanless Earth., *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **64**, 705.
- Wahr, J.M. and Sasao, T. : 1981, A diurnal resonance in the ocean tide and in the Earth's load response due to the resonant free core nutation., *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **64**, 747.
- Wahr, J. and Bergen, Z. : 1986, The effects of mantle anelasticity on nutations, Earth tides, and tidal variations in the rotation rate, *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **87**, 633.
- Williams, J. G. : 1994, Contributions to the Earth's obliquity rate, precession and nutation, *Astron. J.* **108**, 7.
- Yaya, P. : 2002, Apport des combinaisons de techniques astométriques et géodésiques à l'estimation des paramètres d'orientation de la Terre, *PhD Thesis*, observatoire de Paris.

## CHAPITRE 5

### CHANGEMENTS DE COORDONNÉES

J.-L. SIMON (5.1 – 5.3)<sup>1</sup>, A. FIENGA & S. LAMBERT (5.4)

#### 5.1. NOTIONS PRÉLIMINAIRES

##### 5.1.1. Coordonnées cartésiennes et coordonnées polaires

Nous représenterons un point  $M$  de l'espace soit par ses coordonnées cartésiennes  $(x, y, z)$  dans un système d'axes  $(Ox, Oy, Oz)$  orthonormé direct, soit par ses coordonnées polaires  $(\psi, \phi, r)$  dans le même système d'axes. Par définition :

$$\psi = (\text{Ox}, \text{Om}), \quad \phi = (\text{Om}, \text{OM}), \quad r = |\text{OM}|,$$

où  $m$  est la projection de  $M$  sur le plan  $(Ox, Oy)$ . Sauf mention spéciale, le sens positif pour  $\psi$  est le sens direct défini par l'axe  $Oz$ ;  $\phi$  est compté positivement vers l'axe  $Oz$ . Les deux groupes de coordonnées sont liés par les relations :

$$\begin{aligned} x &= r \cos \psi \cos \phi, \\ y &= r \sin \psi \cos \phi, \\ z &= r \sin \phi. \end{aligned} \tag{5.1}$$

Pour  $r$  égal à 1,  $(x, y, z)$  sont les cosinus directeurs de la direction  $OM$ ;  $\psi$  et  $\phi$  seront appelés les coordonnées polaires de la direction  $OM$ .

---

<sup>1</sup> Ces paragraphes sont largement inspirés du chapitre 4.5 de l'*Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997), rédigé par M. Chapront-Touzé.

### 5.1.2. Transformation des coordonnées sous l'effet d'une rotation des axes

Toutes les transformations faisant passer d'un système d'axes à un autre, sans changement du centre  $O$ , se ramènent à des produits de trois rotations élémentaires  $R_1(\theta_1)$ ,  $R_2(\theta_2)$ ,  $R_3(\theta_3)$  respectivement autour des axes  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  désignant les angles des rotations.

Sous l'effet d'une rotation élémentaire  $R_i(\theta_i)$ , le système d'axes  $(Ox, Oy, Oz)$  est transformé en  $(Ox', Oy', Oz')$  et les coordonnées  $(x', y', z')$  d'un point  $M$  dans le système d'axes  $(Ox', Oy', Oz')$  s'expriment en fonction de ses coordonnées  $(x, y, z)$  dans le système d'axes  $(Ox, Oy, Oz)$  par la relation matricielle :

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = R_i(\theta_i) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}. \quad (5.2)$$

Pour  $i = 1$  (rotation autour de l'axe  $Ox$ ), les axes font entre eux les angles :

$$(Ox, Ox') = 0, \quad (Oy, Oy') = (Oz, Oz') = \theta_1,$$

et

$$R_1(\theta_1) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_1 & \sin \theta_1 \\ 0 & -\sin \theta_1 & \cos \theta_1 \end{pmatrix}. \quad (5.3)$$

Pour  $i = 2$  (rotation autour de l'axe  $Oy$ ), les axes font entre eux les angles :

$$(Oy, Oy') = 0, \quad (Ox, Ox') = (Oz, Oz') = \theta_2,$$

et

$$R_2(\theta_2) = \begin{pmatrix} \cos \theta_2 & 0 & -\sin \theta_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_2 & 0 & \cos \theta_2 \end{pmatrix}. \quad (5.4)$$

Pour  $i = 3$  (rotation autour de l'axe  $Oz$ ), les axes font entre eux les angles :

$$(Oz, Oz') = 0, \quad (Ox, Ox') = (Oy, Oy') = \theta_3,$$

et

$$R_3(\theta_3) = \begin{pmatrix} \cos \theta_3 & \sin \theta_3 & 0 \\ -\sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (5.5)$$

## 5.2. COORDONNÉES USUELLES

### 5.2.1. Coordonnées liées à un repère de référence céleste

#### 5.2.1.1 Définitions

On se reportera aux paragraphes 3.2.1 et 3.3.2 pour avoir de plus amples informations sur certains des concepts dont nous allons rappeler les définitions.

*Sphère céleste* : Sphère de rayon arbitraire dont le centre est celui du système de référence considéré, par exemple le barycentre du système solaire pour un BRS (Barycentric Reference System), le centre de masse de la Terre pour un GRS (Geocentric Reference System), etc. On considère sur la sphère céleste des grands cercles particuliers appelés écliptiques ou équateurs.

*Équateur céleste vrai* : Grand cercle de la sphère céleste dont le plan est perpendiculaire à la direction du pôle céleste des éphémérides (CEP, Celestial Ephemeris Pole). On l'appelle également équateur vrai de la date.

*Équateur moyen de la date* : Se déduit de l'équateur vrai de la date par une transformation donnée par la théorie de la nutation (cf. 4.3). On passe de l'équateur moyen d'une date à l'équateur moyen d'une autre date par une transformation fournie par la théorie de la précession (cf. 4.2). Le plan de l'équateur moyen d'une date donnée constitue un plan fixe qui peut être utilisé comme plan de référence d'un système inertiel ou d'un BRS (cf. 3.3.2).

*Écliptique moyen de la date* : Plan perpendiculaire au moment cinétique moyen du barycentre Terre-Lune dans son mouvement héliocentrique. Il existe deux sortes d'écliptiques moyens de la date (cf. 3.3.2), l'*écliptique moyen inertiel de la date* et l'*écliptique moyen rotationnel de la date*.

Les plans des écliptiques moyens, inertiel ou rotationnel, d'une date donnée sont des plans fixes qui peuvent être utilisés comme plan de référence d'un système inertiel ou d'un BRS.

*Obliquité de l'écliptique* : C'est l'inclinaison de l'écliptique moyen, soit inertiel soit rotationnel, sur l'équateur moyen à une date donnée.

*Équinoxe dynamique vrai de la date* : C'est le nœud ascendant de l'écliptique moyen de la date sur l'équateur vrai de la date.

*Équinoxe dynamique moyen de la date* : C'est le nœud ascendant de l'écliptique moyen de la date sur l'équateur moyen de la date.

Dans chaque cas (moyen ou vrai), il existe deux équinoxes dynamiques, l'un *inertiel*, l'autre *rotationnel*, selon l'écliptique moyen, inertiel ou rotationnel, utilisé (cf. 3.3.2).

#### 5.2.1.2. Coordonnées écliptiques et équatoriales

On a vu en 3.3.2 que les repères de référence célestes sont caractérisés par un plan de référence et une direction origine dans ce plan (en général l'équinoxe); leur est aussi associé un système de constantes fondamentales (masses planétaires, obliquité de l'écliptique à une date de référence,

précession-nutation). À ces repères sont rattachées des coordonnées. Ces coordonnées sont dites *équatoriales* quand le plan de référence est l'équateur et *écliptiques* quand le plan de référence est l'écliptique. On distingue les coordonnées *équatoriales vraies* (rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date), *équatoriales moyennes de la date* (rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens de la date), *écliptiques vraies* (rapportées à l'équinoxe vrai et à l'écliptique moyen de la date), *écliptiques moyennes de la date* (rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens de la date). On passe de telles coordonnées à des coordonnées moyennes de la date par une transformation faisant intervenir des quantités issues de la théorie de la précession, puis à des coordonnées vraies de la date par une transformation faisant intervenir des quantités issues de la théorie de la nutation (*cf.* 4.2 et 4.3).

En coordonnées polaires, les coordonnées équatoriales sont l'ascension droite, la déclinaison et la distance ; les coordonnées écliptiques sont la longitude, la latitude et la distance. La distance  $r$  est parfois remplacée par la parallaxe  $\pi$ , définie par :

$$\sin \pi = \frac{a_T}{r}, \quad (5.6)$$

où  $a_T$  est le rayon équatorial terrestre. La distance et la parallaxe ne dépendent pas du plan et de l'équinoxe de référence.

### 5.2.1.3. Coordonnées astronomiques

Un point à la surface de la Terre est rattaché à un repère céleste géocentrique par sa *longitude astronomique*  $L$  et sa *latitude astronomique*  $\phi$ , coordonnées polaires de la direction OZ parallèle à la verticale du lieu, rapportées à l'équateur vrai de la date du repère céleste et à une origine  $g$  de ce plan, (Fig. 5.1). Ici, la verticale d'un lieu, ou direction du *zénith*, est la direction opposée à la pesanteur en ce lieu. En première approximation,  $g$  est l'intersection de l'équateur vrai de la date et du *méridien céleste de Greenwich*, en désignant par méridien (céleste) d'un lieu le demi-grand cercle de la sphère céleste géocentrique limité par la direction OP du pôle céleste vrai, la direction opposée OP' et la direction parallèle à la verticale du lieu. La direction Og a pour ascension droite vraie le temps sidéral vrai de Greenwich GST (Greenwich Sidereal Time). L'Union Astronomique Internationale recommande de compter les longitudes de 0° à 180° est ou ouest. Dans cet ouvrage, les longitudes sont comptées de -180° à 180° positivement vers l'ouest.

La longitude et la latitude astronomiques d'un point à la surface de la Terre, ainsi définies, subissent au cours du temps des variations faibles dues au mouvement du pôle (*cf.* 4.4) et à des mouvements de l'écorce terrestre.

### 5.2.1.4. Coordonnées horaires et coordonnées horizontales

On définit également deux autres types de coordonnées pour un point à la surface de la Terre rapportées à un repère céleste.

- Les *coordonnées horaires*, angle horaire  $H$  et déclinaison  $\delta$ , d'une direction OM pour un lieu donné, sont les coordonnées polaires de la direction rapportées au plan équatorial vrai de la date et à la direction origine O $\zeta$ , intersection de ce plan et du méridien du lieu (Fig. 5.2). L'angle horaire est compté positivement dans le sens rétrograde.

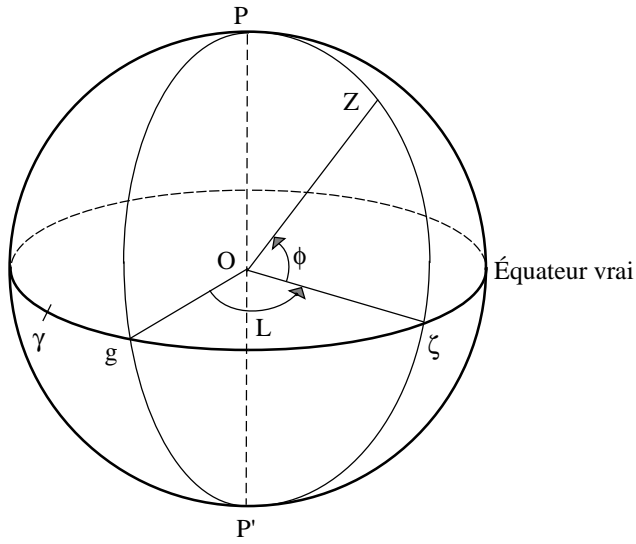


Fig. 5.1. Coordonnées astronomiques d'un lieu.

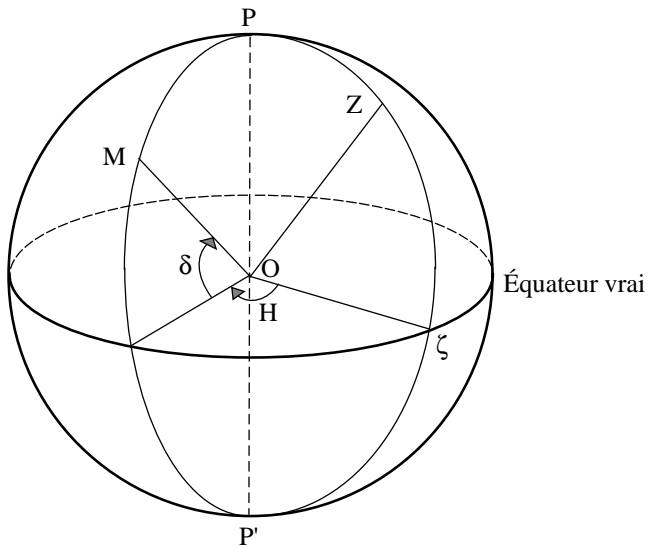


Fig. 5.2. Coordonnées horaires.

La déclinaison ne dépend pas du lieu. On passe de l'angle horaire  $H$  d'une direction  $OM$  pour un lieu  $Z$  à son angle horaire  $H'$  pour un lieu  $Z'$  par :

$$H' - H = L - L',$$

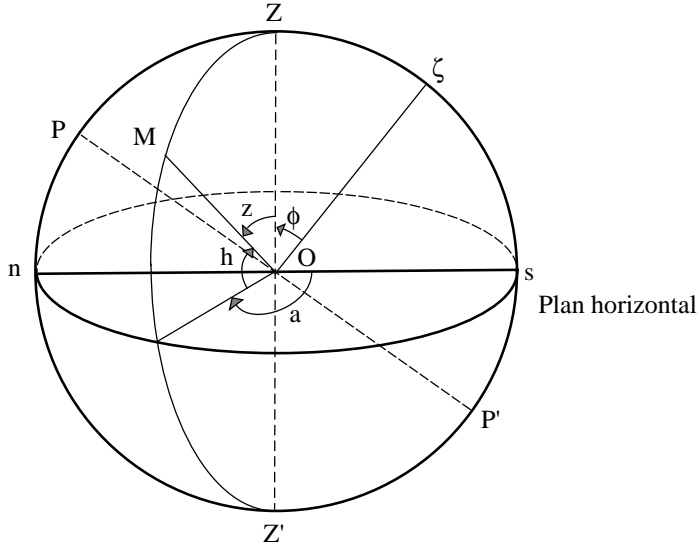
les longitudes  $L$  et  $L'$  des deux lieux étant comptées positivement vers l'ouest. Pour un lieu de



longitude astronomique  $L$ , l'angle horaire  $H$  d'une direction est lié à son ascension droite vraie  $\alpha_V$  par la relation :

$$H = \text{GST} - \alpha_V - L, \quad (5.7)$$

Le temps sidéral vrai de Greenwich GST à la date  $t$  est donné par la formule (3.6.23).



**Fig. 5.3.** Coordonnées horizontales.

- Les *coordonnées horizontales*, azimut  $a$  et hauteur  $h$ , d'une direction  $OM$  pour un lieu donné (Fig. 5.3), sont les coordonnées polaires de la direction rapportées au plan passant par  $O$  et perpendiculaire à l'axe  $OZ$  qui définit son orientation (plan horizontal). On appelle *vertical* tout demi-grand cercle de la sphère céleste limité par  $OZ$  et la direction opposée  $OZ'$ . Pour les astronomes, la direction origine dans le plan horizontal est la direction sud  $Os$ , intersection de ce plan et du vertical contenant la direction du pôle céleste sud  $P'$ . Pour les marins, la direction origine est  $On$ , intersection du plan horizontal et du vertical contenant la direction du pôle céleste nord  $P$ . L'azimut est compté positivement dans le sens rétrograde. On utilise parfois la distance zénithale  $z$ , à ne pas confondre avec la troisième coordonnée cartésienne, définie par :

$$z = 90^\circ - h. \quad (5.10)$$

Les différents systèmes de coordonnées correspondant à un repère de référence céleste donné sont récapitulés dans la table 5.1.

On trouvera dans la table 5.2 les noms que peuvent prendre certaines de ces coordonnées lorsqu'on ajoute aux coordonnées géométriques de l'astre des termes d'aberration. On pourra se reporter pour plus de détails au chapitre 4 de l'ouvrage *Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997). Les dénominations ainsi que les corrections appliquées correspondent

**Table 5.1.** Les coordonnées célestes usuelles.

| Coordonnées   | Plan de référence                              | Origine  | Direction de Oz           | Coordonnées polaires  |
|---|--|--|---------------------------|---|
| écliptiques moyennes d'une date de référence (ex. J2000)  | écliptique moyen de la date de référence       | équinoxe moyen de la date de référence                   | pôle nord de l'écliptique | longitude $\lambda$<br>sens positif =<br>sens direct<br>latitude $\beta$<br>$-90^\circ < \beta < 90^\circ$            |
| écliptiques moyennes de la date                           | écliptique moyen de la date                    | équinoxe moyen de la date                                |                           |   |
| écliptiques vraies  | écliptique moyen de la date                    | équinoxe vrai de la date                                 |                           |   |
| équatoriales moyennes d'une date de référence (ex. J2000) | équateur céleste moyen de la date de référence | équinoxe moyen de la date de référence                   | pôle céleste nord         | ascension droite $\alpha$<br>sens positif =<br>sens direct<br>déclinaison $\delta$<br>$-90^\circ < \delta < 90^\circ$ |
| équatoriales moyennes de la date                          | équateur céleste moyen de la date              | équinoxe moyen de la date                                |                           |   |
| équatoriales vraies                                       | équateur céleste vrai de la date               | équinoxe vrai de la date                                 |                           |   |
| horaires d'un lieu  | équateur céleste vrai de la date               | intersection du méridien du lieu et du plan de référence | pôle céleste nord         | angle horaire $H$<br>sens positif =<br>sens rétrograde<br>déclinaison $\delta$<br>$-90^\circ < \delta < 90^\circ$     |
| horizontales d'un lieu                                    | plan horizontal du lieu                        | direction sud (astronomes)<br>direction nord (marins)    | zénith du lieu            | azimut $a$<br>sens positif =<br>sens rétrograde<br>hauteur $h$<br>$-90^\circ < h < 90^\circ$                          |

à celles présentes sur les serveurs d'éphémérides de l'IMCCE et dans le support informatique accompagnant *La Connaissance des temps*.

### 5.2.2. Coordonnées liées à un repère de référence terrestre

Un repère de référence terrestre est représenté par l'équateur terrestre  $A_0$ , associé au pôle terrestre  $P_0$ , et par une origine que l'on peut définir par exemple comme l'intersection du méridien terrestre origine et de l'équateur terrestre. Le méridien terrestre a une définition analogue au méridien céleste en remplaçant le pôle céleste par le pôle terrestre. Les coordonnées d'un point ou d'une direction

**Table 5.2.** Coordonnées célestes incluant des termes d'aberration. On notera ici  $\sigma_F$ , une époque de référence, en général J2000 et  $t$ , toute date autre.

| Coordonnées                 | Plan de référence                    | Aberrations   |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|
| géométriques à $\sigma_F$   | équinoxiale ou équateur à $\sigma_F$ | pas d'aberration  |
| astrométriques à $\sigma_F$ | équinoxiale ou équateur à $\sigma_F$ | calcul du temps de lumière  |
| moyennes à la date $t$      | équinoxiale ou équateur moyen à $t$  | astrométriques à $\sigma_F$<br>+ précession de $\sigma_F$ à $t$   |
| apparentes à la date $t$    | équinoxiale ou équateur moyen à $t$  | moyennes à la date $t$<br>+ nutation<br>+ déflexion des rayons lumineux<br>+ aberration annuelle<br>+ aberration diurne |

dans le système d'axes ainsi défini ne diffèrent des coordonnées horaires célestes rapportées au méridien de Greenwich que par l'effet du mouvement du pôle (*cf.* 4.4).

On peut également définir la longitude et la latitude astronomiques d'un lieu rapportées à un repère terrestre. Ces quantités ne dépendent plus du mouvement du pôle mais peuvent encore subir de légères variations dues aux mouvements de l'écorce terrestre.

### 5.3. FORMULES DE CHANGEMENTS DE COORDONNÉES

Les formules de ce paragraphe utilisent les matrices de rotation élémentaires  $R_i(\theta_i)$  définies par les équations (5.3), (5.4) et (5.5).

#### 5.3.1. Relations entre coordonnées équatoriales et coordonnées écliptiques

On désigne par  $(x^A, y^A, z^A)$  les coordonnées cartésiennes équatoriales d'un point M et par  $(x^E, y^E, z^E)$  ses coordonnées cartésiennes écliptiques dans le même repère de référence. On pourra être dans l'un des cas suivants :

- coordonnées équatoriales vraies et écliptiques vraies,
- coordonnées équatoriales moyennes pour l'époque  $\sigma_F$  et écliptiques moyennes pour l'époque  $\sigma_F$  rapportées aux plans et à l'équinoxe d'une même date de référence  $\sigma_F$  (dans la pratique J2000),
- coordonnées équatoriales moyennes de la date  $\sigma_D$  et écliptiques moyennes de la date  $\sigma_D$ .

En désignant par  $\varepsilon$  l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur, on passe des axes équatoriaux aux axes écliptiques par une rotation  $R_1(\varepsilon)$ . Donc :

$$\begin{pmatrix} x^E \\ y^E \\ z^E \end{pmatrix} = R_1(\varepsilon) \begin{pmatrix} x^A \\ y^A \\ z^A \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{pmatrix} x^A \\ y^A \\ z^A \end{pmatrix} = R_1(-\varepsilon) \begin{pmatrix} x^E \\ y^E \\ z^E \end{pmatrix}. \quad (5.11)$$

En coordonnées polaires :

$$\begin{aligned} x^A &= r \cos \alpha \cos \delta, & x^E &= r \cos \lambda \cos \beta, \\ y^A &= r \sin \alpha \cos \delta, & y^E &= r \sin \lambda \cos \beta, \\ z^A &= r \sin \delta, & z^E &= r \sin \beta, \end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned} \cos \lambda \cos \beta &= \cos \alpha \cos \delta, \\ \sin \lambda \cos \beta &= \sin \alpha \cos \delta \cos \varepsilon + \sin \delta \sin \varepsilon, \\ \sin \beta &= -\sin \alpha \cos \delta \sin \varepsilon + \sin \delta \cos \varepsilon, \end{aligned} \quad (5.12)$$

et

$$\begin{aligned} \cos \alpha \cos \delta &= \cos \lambda \cos \beta, \\ \sin \alpha \cos \delta &= \sin \lambda \cos \beta \cos \varepsilon - \sin \beta \sin \varepsilon, \\ \sin \delta &= \sin \lambda \cos \beta \sin \varepsilon + \sin \beta \cos \varepsilon. \end{aligned} \quad (5.13)$$

Pour passer des coordonnées équatoriales vraies aux coordonnées écliptiques vraies, on prendra  $\varepsilon = \varepsilon_A + \Delta\varepsilon$ ,  $\varepsilon_A$  étant calculé, pour la date  $\sigma_D$ , à l'aide de l'un des polynômes de la table 4.2.1 qui lui correspondent, et  $\Delta\varepsilon$  étant calculé à partir des tables de la nutation.

Pour passer des coordonnées équatoriales moyennes J2000 aux coordonnées écliptiques moyennes J2000, on prendra  $\varepsilon = \varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_0$ , obliquité de l'écliptique en J2000, étant la partie constante du polynôme de la table 4.2.1 choisi pour  $\varepsilon_A$ .

Pour passer des coordonnées équatoriales moyennes de la date aux coordonnées écliptiques moyennes de la date  $\sigma_D$ , on prendra  $\varepsilon = \varepsilon_A$ ,  $\varepsilon_A$  étant calculé comme pour les coordonnées vraies.

### 5.3.2. Relations entre les coordonnées équatoriales moyennes de deux dates

Il s'agit du passage des coordonnées équatoriales rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens d'une date de référence  $\sigma_F$  (dans la pratique J2000) aux coordonnées équatoriales rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens d'une date  $\sigma_D$ , qui peut être soit une autre date de référence soit la date courante. Dans les deux cas le repère de référence est le même.

Dans le système d'axes de l'époque  $\sigma_F$ , on désigne par  $x_F^A, y_F^A, z_F^A$  les coordonnées cartésiennes et par  $\alpha_F$  et  $\delta_F$  l'ascension droite et la déclinaison.  $x_D^A, y_D^A, z_D^A$  et  $\alpha_D$  et  $\delta_D$  désignent les quantités correspondantes dans le système d'axes de l'époque  $\sigma_D$ . On écrit :

$$\begin{pmatrix} x_D^A \\ y_D^A \\ z_D^A \end{pmatrix} = P \begin{pmatrix} x_F^A \\ y_F^A \\ z_F^A \end{pmatrix} \quad (5.14)$$

où  $P$  est la matrice de précession. On peut passer du système d'axes de l'époque  $\sigma_F$  au système d'axes de l'époque  $\sigma_D$  (Fig. 4.2) de deux manières.

1) *Première méthode.* On effectue successivement les trois rotations  $R_3(-\zeta_A)$ ,  $R_2(\theta_A)$ ,  $R_3(-z_A)$  ou, ce qui est équivalent, les trois rotations  $R_3(90^\circ - \zeta_A)$ ,  $R_1(\theta_A)$ ,  $R_3(-90^\circ - z_A)$ . La matrice de précession  $P$  s'écrit alors :

$$P = R_3(-z_A) R_2(\theta_A) R_3(-\zeta_A) = R_3(-90^\circ - z_A) R_1(\theta_A) R_3(90^\circ - \zeta_A). \quad (5.15)$$

On déduit de ces produits de matrices les relations suivantes entre les ascensions droites et les déclinaisons :

$$\begin{aligned} \cos \delta_D \sin(\alpha_D - z_A) &= \cos \delta_F \sin(\alpha_F + \zeta_A), \\ \cos \delta_D \cos(\alpha_D - z_A) &= \cos \theta_A \cos \delta_F \cos(\alpha_F + \zeta_A) - \sin \theta_A \sin \delta_F, \\ \sin \delta_D &= \sin \theta_A \cos \delta_F \cos(\alpha_F + \zeta_A) + \cos \theta_A \sin \delta_F. \end{aligned} \quad (5.16)$$

$z_A$ ,  $\zeta_A$  et  $\theta_A$  sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1.

Si le temps  $t$  écoulé entre  $\sigma_F$  et  $\sigma_D$  est court et si l'astre n'est pas voisin du pôle, on peut utiliser les relations approchées suivantes :

$$\begin{aligned} \alpha_D &= \alpha_F + (m + n \sin \bar{\alpha} \tan \bar{\delta}) t, \\ \delta_D &= \delta_F + n \cos \bar{\alpha} t, \end{aligned} \quad (5.17)$$

avec

$$t = (\text{jour julien } \sigma_D - \text{jour julien } \sigma_F) / 365\,250.$$

$\bar{\alpha}$  et  $\bar{\delta}$  sont des valeurs approchées des coordonnées équatoriales moyennes de la date  $\frac{1}{2}(\sigma_D + \sigma_F)$ . La précession en ascension droite,  $m$ , est le coefficient de  $t$  dans l'expression de  $z_A + \zeta_A$  déduite des polynômes de la table 4.2.1. La précession en déclinaison,  $n$ , est le coefficient de  $t$  dans l'expression de  $\theta_A$  donnée par ces mêmes polynômes.

2) *Deuxième méthode.* On effectue successivement les quatre rotations  $R_1(\varepsilon_0)$ ,  $R_3(-\psi_A)$ ,  $R_1(-\omega_A)$  et  $R_3(\chi_A)$ . La matrice de précession  $P$  s'écrit alors :

$$P = R_3(\chi_A) R_1(-\omega_A) R_3(-\psi_A) R_1(\varepsilon_0). \quad (5.18)$$

$\psi_A$ ,  $\omega_A$  et  $\chi_A$  sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1 ;  $\varepsilon_0$ , obliquité de l'écliptique en J2000, est la partie constante du polynôme de la table 4.2.1 choisi pour  $\varepsilon_A$ .

La première méthode n'utilise que trois rotations et conduit à des formules exactes (5.16) ou approchées (5.17) relativement simples mais elle utilise les variables  $z_A$ ,  $\zeta_A$  et  $\theta_A$  qui sont déduites des variables  $\psi_A$ ,  $\omega_A$ ,  $\varepsilon_A$  et  $\chi_A$  et qui sont, de plus, singulières ( $\theta_A$  et  $z_A + \zeta_A$  s'annulent en J2000). Il est donc préférable d'utiliser la deuxième méthode qui est celle que l'on utilise pour les éphémérides publiées dans la *Connaissance des Temps*.

### 5.3.3. Relations entre les coordonnées écliptiques moyennes de deux dates

Il s'agit du passage des coordonnées écliptiques rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date de référence  $\sigma_F$  aux coordonnées écliptiques rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date  $\sigma_D$ , qui peut être soit une autre date de référence soit la date courante. Dans les deux cas le repère de référence est le même.

Dans le système d'axes de l'époque  $\sigma_F$ , on désigne par  $x_F^E, y_F^E, z_F^E$  les coordonnées cartésiennes et par  $\lambda_F$  et  $\beta_F$  la longitude et la latitude.  $x_D^E, y_D^E, z_D^E, \lambda_D$  et  $\beta_D$  désignent les quantités correspondantes dans le système d'axes de l'époque  $\sigma_D$ . On passe du système d'axes de l'époque  $\sigma_F$  au système d'axes de l'époque  $\sigma_D$  (Fig. 4.2) en effectuant successivement les trois rotations  $R_3(\Pi_A), R_1(\pi_A), R_3(-\Pi_A - \mathcal{P}_A)$  :

$$\begin{pmatrix} x_D^E \\ y_D^E \\ z_D^E \end{pmatrix} = R_3(-\Pi_A - \mathcal{P}_A) R_1(\pi_A) R_3(\Pi_A) \begin{pmatrix} x_F^E \\ y_F^E \\ z_F^E \end{pmatrix} \quad (5.19)$$

On déduit de ces produits de matrices les relations suivantes entre les longitudes et les latitudes :

$$\begin{aligned} \cos \beta_D \cos(\Pi_A + \mathcal{P}_A - \lambda_D) &= \cos \beta_F \cos(\Pi_A - \lambda_F), \\ \cos \beta_D \sin(\Pi_A + \mathcal{P}_A - \lambda_D) &= \cos \pi_A \cos \beta_F \sin(\Pi_A - \lambda_F) - \sin \pi_A \sin \beta_F, \\ \sin \beta_D &= \sin \pi_A \cos \beta_F \sin(\Pi_A - \lambda_F) + \cos \pi_A \sin \beta_F. \end{aligned} \quad (5.20)$$

$\pi_A, \Pi_A$  et  $\mathcal{P}_A$  sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1.

### 5.3.4. Relations entre les coordonnées écliptiques moyennes de la date et les coordonnées écliptiques vraies

Pour les coordonnées écliptiques moyennes de la date, on désigne par  $x_D^E, y_D^E, z_D^E$  les coordonnées cartésiennes et par  $\lambda_D$  et  $\beta_D$  la longitude et la latitude. Les coordonnées écliptiques vraies sont notées  $x_V^E, y_V^E, z_V^E, \lambda_V$  et  $\beta_V$ . Le système d'axes vrai se déduit du système d'axes moyen (Fig. 4.2) par la rotation  $R_3(-\Delta\psi)$ . Donc,

$$\begin{pmatrix} x_V^E \\ y_V^E \\ z_V^E \end{pmatrix} = R_3(-\Delta\psi) \begin{pmatrix} x_D^E \\ y_D^E \\ z_D^E \end{pmatrix} \quad (5.21)$$

et

$$\begin{aligned} \lambda_V &= \lambda_D + \Delta\psi, \\ \beta_V &= \beta_D, \end{aligned} \quad (5.22)$$

où  $\Delta\psi$  est calculé à partir des tables de la nutation.

### 5.3.5. Relations entre les coordonnées équatoriales moyennes de la date et les coordonnées équatoriales vraies

Pour les coordonnées équatoriales moyennes de la date, on désigne par  $x_D^A$ ,  $y_D^A$ ,  $z_D^A$  les coordonnées cartésiennes et par  $\alpha_D$  et  $\delta_D$  l'ascension droite et la déclinaison. Les coordonnées équatoriales vraies sont notées  $x_V^A$ ,  $y_V^A$ ,  $z_V^A$ ,  $\alpha_V$  et  $\delta_V$ . On écrit :

$$\begin{pmatrix} x_V^A \\ y_V^A \\ z_V^A \end{pmatrix} = N \begin{pmatrix} x_D^A \\ y_D^A \\ z_D^A \end{pmatrix}, \quad (5.23)$$

où  $N$  est la matrice de nutation. On passe du système d'axes moyen au système d'axes vrai en effectuant successivement les rotations  $R_1(\varepsilon_A)$ ,  $R_3(-\Delta\psi)$ ,  $R_1(-\varepsilon'_A)$ , en posant :

$$\varepsilon'_A = \varepsilon_A + \Delta\varepsilon.$$

La matrice de nutation s'écrit donc :

$$N = R_1(-\varepsilon'_A) R_3(-\Delta\psi) R_1(\varepsilon_A). \quad (5.24)$$

On déduit de ces produits de matrices

$$\begin{aligned} \cos \alpha_V \cos \delta_V &= \cos \Delta\psi \cos \alpha_D \cos \delta_D - \sin \Delta\psi (\cos \varepsilon_A \sin \alpha_D \cos \delta_D + \sin \varepsilon_A \sin \delta_D), \\ \sin \alpha_V \cos \delta_V &= \cos \Delta\varepsilon \sin \alpha_D \cos \delta_D + \sin \Delta\psi \cos \varepsilon'_A \cos \alpha_D \cos \delta_D - \sin \Delta\varepsilon \sin \delta_D \\ &\quad - 2 \sin^2 \frac{\Delta\psi}{2} \cos \varepsilon'_A (\cos \varepsilon_A \sin \alpha_D \cos \delta_D + \sin \varepsilon_A \sin \delta_D), \\ \sin \delta_V &= \cos \Delta\varepsilon \sin \delta_D + \sin \Delta\psi \sin \varepsilon'_A \cos \alpha_D \cos \delta_D + \sin \Delta\varepsilon \sin \alpha_D \cos \delta_D \\ &\quad - 2 \sin^2 \frac{\Delta\psi}{2} \sin \varepsilon'_A (\cos \varepsilon_A \sin \alpha_D \cos \delta_D + \sin \varepsilon_A \sin \delta_D), \end{aligned} \quad (5.25)$$

où  $\Delta\psi$  et  $\Delta\varepsilon$  sont calculés à partir des tables de la nutation et  $\varepsilon_A$  à partir de l'un des polynômes de la table 4.2.1 qui lui correspondent.

Si  $\tan \delta_D$  n'est pas trop grand, on peut utiliser les formules approchées suivantes :

$$\begin{aligned} \alpha_V &= \alpha_D + \Delta\psi (\cos \varepsilon_A + \sin \varepsilon_A \sin \alpha_D \tan \delta_D) - \Delta\varepsilon \cos \alpha_D \tan \delta_D, \\ \delta_V &= \delta_D + \Delta\psi \sin \varepsilon_A \cos \alpha_D + \Delta\varepsilon \sin \alpha_D. \end{aligned} \quad (5.26)$$

### 5.3.6. Relations entre les coordonnées horaires et les coordonnées horizontales pour un même lieu

Désignons par  $x^H$ ,  $y^H$ ,  $z^H$  les coordonnées cartésiennes dans un système d'axes horaire. L'axe Ox de ce système se confond avec O $\zeta$  et l'axe Oz avec OP (Fig. 5.2). Désignons par  $x^h$ ,  $y^h$ ,  $z^h$  les coordonnées cartésiennes dans un système d'axes horizontal, au sens des astronomes. L'axe Oz de ce système se confond avec OZ (Fig. 5.3).

Par suite des conventions de sens utilisées pour l'angle horaire et l'azimut, on a :

$$\begin{aligned} x^H &= r \cos H \cos \delta, & x^h &= r \cos a \cos h, \\ y^H &= -r \sin H \cos \delta, & y^h &= -r \sin a \cos h, \\ z^H &= r \sin \delta, & z^h &= r \sin h. \end{aligned}$$

On passe du système d'axes horaire au système d'axes horizontal par la rotation  $R_2(90^\circ - \phi)$ , où  $\phi$  est la latitude du lieu. Donc :

$$\begin{pmatrix} x^h \\ y^h \\ z^h \end{pmatrix} = R_2(90^\circ - \phi) \begin{pmatrix} x^H \\ y^H \\ z^H \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{pmatrix} x^H \\ y^H \\ z^H \end{pmatrix} = R_2(\phi - 90^\circ) \begin{pmatrix} x^h \\ y^h \\ z^h \end{pmatrix}. \quad (5.27)$$

D'où :

$$\begin{aligned} \cos a \cos h &= \sin \phi \cos H \cos \delta - \cos \phi \sin \delta, \\ \sin a \cos h &= \sin H \cos \delta, \\ \sin h &= \cos \phi \cos H \cos \delta + \sin \phi \sin \delta, \end{aligned} \quad (5.28)$$

$$\begin{aligned} \cos H \cos \delta &= \sin \phi \cos a \cos h + \cos \phi \sin h, \\ \sin H \cos \delta &= \sin a \cos h, \\ \sin \delta &= -\cos \phi \cos a \cos h + \sin \phi \sin h. \end{aligned} \quad (5.29)$$

Dans ces formules, la hauteur peut être remplacée par la distance zénithale à l'aide de (5.10).

$L$  étant la longitude du lieu, on obtiendra les relations entre les coordonnées horizontales et les coordonnées équatoriales vraies  $\alpha_V$  et  $\delta_V$  en remplaçant  $H$  par le second membre de (5.7) et  $\delta$  par  $\delta_V$ .

### 5.3.7. Variations des éléments d'une orbite sous l'effet d'un changement de date de référence

Il s'agit du passage des éléments d'une orbite rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date  $\sigma_F$  aux éléments de la même orbite rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date  $\sigma_D$ . Dans les deux cas le repère de référence est le même.

Le demi-grand axe et l'excentricité de l'orbite, ainsi que l'anomalie moyenne d'un point quelconque, ne changent pas. On désigne par  $i_F$  et  $\Omega_F$ , respectivement, l'inclinaison et la longitude du nœud ascendant de l'orbite sur l'écliptique moyen de l'époque  $\sigma_F$ , et par  $\varpi_F$  la longitude du périastre P. Les quantités rapportées au système d'axes de l'époque  $\sigma_D$  sont  $i_D$ ,  $\Omega_D$  et  $\varpi_D$ .

Sur la figure 5.4, on a entre les arcs les égalités suivantes :

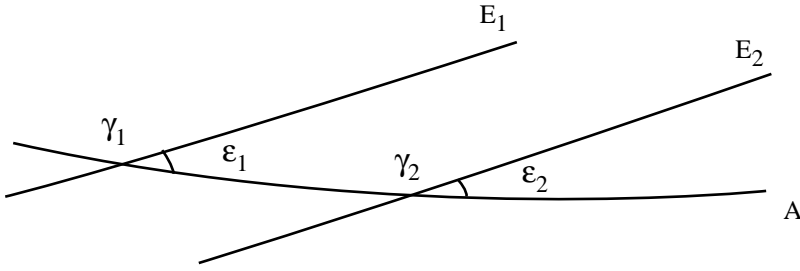
$$\begin{aligned} \gamma_F N_F &= \Omega_F, \\ \gamma_D N_D &= \Omega_D, \\ \varpi_F &= \gamma_F N_F + N_F P, \\ \varpi_D &= \gamma_D N_D + N_D P. \end{aligned}$$





### 5.3.8. Changement de repère de référence

On considère deux repères de référence notés 1 et 2 pour lesquels la date de référence  $\sigma_F$  et l'équateur de référence (équateur moyen de la date  $\sigma_F$ ) sont les mêmes. On désigne par  $\gamma_1$  et  $\gamma_2$  les équinoxes des deux repères (équinoxes moyens de la date  $\sigma_F$ ), par  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$  les inclinaisons de l'écliptique (moyen de la date  $\sigma_F$ ) sur l'équateur (moyen de la date  $\sigma_F$ ) pour les deux repères (Fig. 5.5) et par  $\Delta\phi$  l'arc  $\gamma_1\gamma_2$ .



**Fig. 5.5.** Changement de repère.

On note :

$x_{F,i}^A, y_{F,i}^A, z_{F,i}^A$ , les coordonnées équatoriales moyennes de la date  $\sigma_F$  dans le repère  $i$  ( $i = 1$  ou  $2$ ) ;  
 $x_{F,i}^E, y_{F,i}^E, z_{F,i}^E$ , les coordonnées écliptiques moyennes de la date  $\sigma_F$  dans le même repère.

On passe du système d'axes équatorial de l'époque  $\sigma_F$  dans le premier repère au système d'axes équatorial de l'époque  $\sigma_F$  dans le deuxième repère par une rotation  $R_3(\Delta\phi)$ . On passe du système d'axes écliptique de l'époque  $\sigma_F$  dans le premier repère au système d'axes équatorial de l'époque  $\sigma_F$  dans le deuxième repère en effectuant successivement les rotations  $R_1(-\varepsilon_1)$  et  $R_3(\Delta\phi)$ . On passe du système d'axes écliptique de l'époque  $\sigma_F$  dans le premier repère au système d'axes écliptique de l'époque  $\sigma_F$  dans le deuxième repère en effectuant successivement les rotations  $R_1(-\varepsilon_1)$ ,  $R_3(\Delta\phi)$ ,  $R_1(\varepsilon_2)$ . Donc :

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^A \\ y_{F,2}^A \\ z_{F,2}^A \end{pmatrix} = R_3(\Delta\phi) \begin{pmatrix} x_{F,1}^A \\ y_{F,1}^A \\ z_{F,1}^A \end{pmatrix}, \quad (5.32)$$

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^A \\ y_{F,2}^A \\ z_{F,2}^A \end{pmatrix} = R_3(\Delta\phi) R_1(-\varepsilon_1) \begin{pmatrix} x_{F,1}^E \\ y_{F,1}^E \\ z_{F,1}^E \end{pmatrix}, \quad (5.33)$$

et :

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^E \\ y_{F,2}^E \\ z_{F,2}^E \end{pmatrix} = R_1(\varepsilon_2) R_3(\Delta\phi) R_1(-\varepsilon_1) \begin{pmatrix} x_{F,1}^E \\ y_{F,1}^E \\ z_{F,1}^E \end{pmatrix}. \quad (5.34)$$

$\Delta\phi$  et  $\varepsilon_2 - \varepsilon_1$  étant en général très petits, on pourra le plus souvent utiliser les formules approchées suivantes, déduites des formules (5.32), (5.33) et (5.34) :

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^A \\ y_{F,2}^A \\ z_{F,2}^A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta\phi & 0 \\ -\Delta\phi & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{F,1}^A \\ y_{F,1}^A \\ z_{F,1}^A \end{pmatrix}, \quad (5.35)$$

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^A \\ y_{F,2}^A \\ z_{F,2}^A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta\phi \cos \varepsilon_1 & -\Delta\phi \sin \varepsilon_1 \\ -\Delta\phi & \cos \varepsilon_1 & -\sin \varepsilon_1 \\ 0 & \sin \varepsilon_1 & \cos \varepsilon_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{F,1}^E \\ y_{F,1}^E \\ z_{F,1}^E \end{pmatrix}, \quad (5.36)$$

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^E \\ y_{F,2}^E \\ z_{F,2}^E \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta\phi \cos \varepsilon_1 & -\Delta\phi \sin \varepsilon_1 \\ -\Delta\phi \cos \varepsilon_1 & 1 & \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \\ \Delta\phi \sin \varepsilon_1 & -(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{F,1}^E \\ y_{F,1}^E \\ z_{F,1}^E \end{pmatrix}, \quad (5.37)$$

où  $\Delta\phi$ ,  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$  sont exprimés en radians.

#### 5.4. APPLICATION DES RÉSOLUTIONS DE L'UAI 2001 AUX CHANGEMENTS DE COORDONNÉES

Lors de la vingt-quatrième assemblée générale de l'UAI (UAI 2001), ont été adoptées plusieurs résolutions liées aux transformations entre systèmes de référence céleste et terrestre. Une présentation détaillée de ces résolutions est faite en 3.6. Dans ce paragraphe, nous donnons deux algorithmes permettant le passage entre systèmes de référence céleste et terrestre : l'une utilisant la procédure UAI en usage jusqu'en 2001, l'autre se basant sur le concept d'origine non-tournante.

##### 5.4.1. Algorithme classique

Lorsque des observations faites au sol doivent être préparées ou analysées pour une comparaison à un modèle, il est nécessaire d'effectuer des changements de coordonnées exprimées d'une part dans le repère terrestre, lié à la physique et à la rotation de la Terre, et d'autre part dans le repère céleste, lié au mouvement de l'objet observé et de la Terre autour du Soleil. Ainsi, supposons que l'on souhaite calculer les coordonnées locales, azimut et hauteur, d'un objet à une date  $t$ . Pour cela, on calculera, à partir d'une théorie dynamique de l'objet et de la Terre développée dans l'ICRS, les vecteurs barycentriques de l'objet et de la Terre à la date  $t$  en TDB (*cf.* chapitre 2). On en déduira le vecteur géocentrique de l'objet que l'on corrigera du temps de lumière, de la déflexion des

rayons lumineux due au Soleil et à d'autres objets massifs si cela est nécessaire, et de l'aberration annuelle. Pour toutes ces notions, on se reportera au chapitre 7 de l'*Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997). Le vecteur  $\mathbf{X}_{ICRS}$ , ainsi obtenu, décrit la position et la vitesse géocentriques de l'objet par rapport à l'origine des ascensions droites de l'ICRS et dans le plan équatorial de l'ICRS. Afin de calculer des coordonnées dans le repère terrestre, il est nécessaire d'appliquer les rotations suivantes :

1. L'ICRS a un repère (l'ICRF), dit cinématique, indépendant du mouvement de la Terre autour du Soleil. Il faut donc ramener le vecteur  $\mathbf{X}_{ICRS}$  dans un repère lié à la dynamique planétaire, c'est-à-dire dans le repère de référence dynamique J2000. Pour cela, on applique la matrice  $B$  de rotation correspondant au décalage entre l'origine des ascensions droites de l'ICRS et l'équinoxe moyen J2000, ainsi qu'au passage de l'équateur ICRS à l'équateur moyen J2000. On a :

$$B = R_1(-\eta_0)R_2(\zeta_0)R_3(d\alpha_0) \quad (5.38)$$

où les décalages  $\eta_0$  et  $\zeta_0$  (cf. 3.6.6) associés au modèle de nutation UAI 2000A sont (Capitaine et al., 2003) :  $\eta_0 = -0.016617''$ ,  $\zeta_0 = -0.006819''$ . Le décalage  $d\alpha_0$  est (Chapront et al., 2002) :  $d\alpha_0 = -0.0146''$ .

2. On applique la matrice de précession,  $P$  définie en 5.3.2, pour passer de l'équateur et de l'équinoxe moyens J2000 à l'équateur et à l'équinoxe moyens de la date.
3. On applique la matrice de nutation,  $N$  définie en 5.3.5, pour passer de l'équateur et de l'équinoxe moyens de la date à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date. Ici, il est possible de passer aux coordonnées sphériques et d'obtenir les  $(\alpha_e, \delta_e)$  géocentriques de l'objet par rapport à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date.
4. Afin de passer du vecteur géocentrique de l'objet donné par rapport à l'équateur et l'équinoxe vrais de la date au vecteur géocentrique exprimé dans le système de référence terrestre, appelé TIRS (Terrestrial Intermediate Reference System), on effectue une rotation  $R_3(GST)$  liée à l'angle de rotation terrestre  $GST$ , appelé le temps sidéral vrai, c'est-à-dire l'angle entre l'équinoxe vrai de la date et l'origine du repère terrestre (cf. 3.6.4.1). Le vecteur est alors exprimé dans le repère terrestre.

Une fois ces rotations appliquées, il est alors possible de calculer l'azimut et la hauteur de l'objet que l'on souhaite observer à partir des relations données en 5.3.6. L'angle horaire  $H$  est obtenu avec  $H = GST - \alpha_e$ . Le temps sidéral GST est tabulé pages II. 4 – II. 7.

#### 5.4.2. Origine non-tournante

L'origine non-tournante favorise une représentation linéaire de la rotation de la Terre. C'est la raison pour laquelle l'origine du CIRS (Celestial Intermediate Reference System), appelée CIO (cf. 3.6.3), est utilisée en remplacement des équinoxes dynamiques. L'utilisation de l'origine non-tournante permet aussi de regrouper les transformations (1), (2) et (3) précédentes en une seule transformation permettant le passage de l'ICRS vers le CIRS. Cette transformation, correspondant à la matrice de rotation  $C$ , représente :

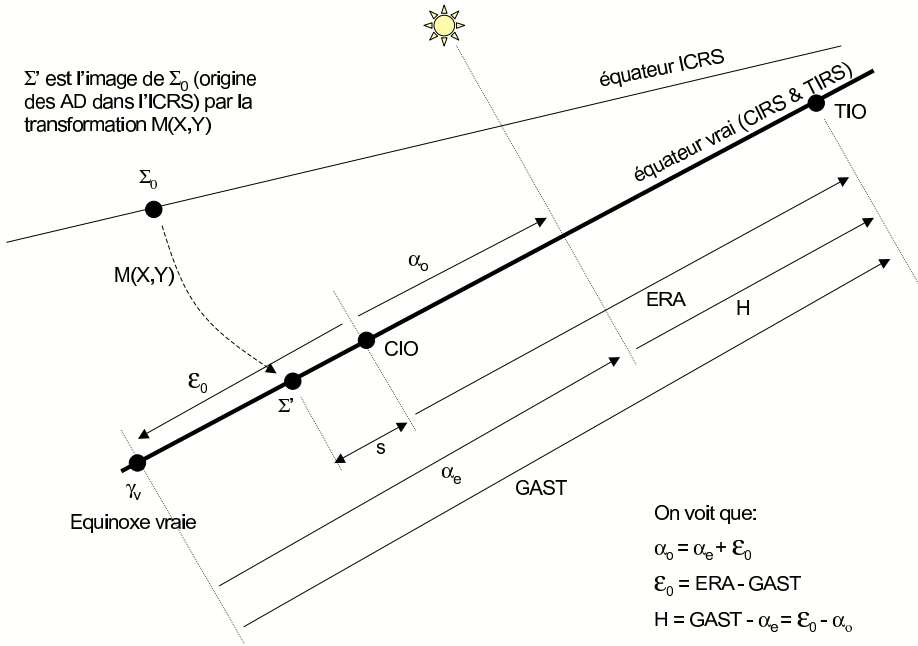


Fig. 5.6. Angles liés à l'origine non-tournante et angles classiques.

- l'angle  $s$  qui définit la position du CIO, origine des ascensions droites du CIRS, sur l'équateur du CIRS (cf. fig. 5.6) ;
- le décalage entre le pôle de l'ICRS et le pôle du CIRS, le CIP (cf. 3.6.3), dont les coordonnées  $X, Y$  dans l'ICRS sont fonction des matrices  $B, P$  et  $N$ .

La matrice  $C$  s'écrit alors :

$$C = R_3(-s)M(X, Y) \tag{5.39}$$

où

$$M(X, Y) = \begin{pmatrix} 1 - aX^2 & -aXY & -X \\ -aXY & 1 - aY^2 & -Y \\ X & Y & 1 - a(X^2 + Y^2) \end{pmatrix}, \tag{5.40}$$

avec  $a = 1/2 + (X^2 + Y^2)/8$ .

En appliquant au vecteur  $\mathbf{X}_{ICRS}$ , la matrice  $C$ , on obtient directement les positions et vitesses de l'objet,  $\mathbf{X}_{CIRS}$ , dans le CIRS dont l'équateur correspond à l'équateur vrai de la date mais dont l'origine CIO est décalée de l'équinoxe vrai d'une quantité  $\epsilon_0$ , appelée *équation des origines*. Si

$(\alpha_o, \delta_o)$  sont les coordonnées sphériques déduites du vecteur  $\mathbf{X}_{CIRS}$ , alors on a :

$$\alpha_o = \alpha_e + \mathcal{E}_0$$

Si on note  $ERA$  (Earth Rotation Angle), le décalage entre le CIO et le TIO (Terrestrial Intermediate Origin), origine du TIRS, alors

$$\mathcal{E}_0 = ERA - GST \tag{5.41}$$

Le décalage entre le CIO et le TIO permet, de plus, le passage entre le CIRS et le TIRS. Ainsi, pour obtenir les positions et vitesses de l'objet,  $\mathbf{X}_{TIRS}$ , dans le système de référence terrestre, on applique au vecteur  $\mathbf{X}_{CIRS}$ , une rotation  $R_3(ERA)$ . On effectue ainsi une transformation équivalente à l'étape 4 de l'algorithme classique. Une fois ces rotations appliquées, il est alors possible de calculer l'azimut et la hauteur de l'objet que l'on souhaite observé à partir des relations données en 5.3.6. L'angle horaire  $H$  est obtenu avec  $H = ERA - \alpha_o$ .

Les coordonnées  $X, Y$  et la variable  $s$  sont tabulées pages II. 16 – II. 19 ;  $ERA$  et  $\mathcal{E}_0$  sont tabulées pages II. 10 – II. 13.

La figure 5.6 illustre les relations entre les angles liés à l'origine non-tournante et les angles classiques.

### 5.4.3. Mouvement du pôle

Dans le cas où une grande précision est demandée, il est alors nécessaire de considérer le passage entre le TIRS et l'ITRS, système dans lequel sont données les coordonnées géocentriques des stations d'observations (*cf.* 4.4). Pour cela, on effectue à la suite de l'étape 4 de l'algorithme classique ou de son équivalent dans l'algorithme de l'origine non-tournante, les rotations  $R_2(-x)R_1(-y)R_3(s')$  où :

- la matrice  $R_3(s')$  est liée au petit décalage d'origine,  $s'$ , entre l'origine du TIRS et celle de l'ITRS. Ce décalage est en fait une dérive séculaire entre les deux origines et est tel que  $s' = -0.000047''T$  où  $T$  est mesuré en siècle julien depuis J2000.0,
- le produit  $R_2(-x)R_1(-y)$  représente le mouvement du pôle céleste dans l'ITRS,  $(x, y)$  étant les coordonnées du pôle du TIRS dans l'ITRS. Ces coordonnées sont fournies par l'IERS (*cf.* 4.4).

## 5.5. BIBLIOGRAPHIE

- Bureau des longitudes : 1997, *Introduction aux éphémérides astronomiques, (supplément explicatif à la Connaissance des Temps)*. Simon, J.-L., Chapront-Touzé, M., Morando, B., Thuillot, W. eds, EDP Sciences, Les Ulis, chapitre 4, 80–83 et 98–114.
- Capitaine, N., Chapront J., Lambert, S., Wallace, P.T. : 2003, Expressions for the Celestial Intermediate Pole and Celestial Ephemeris Origin consistent with the IAU 2000A precession-nutation model, *Astron. Astrophys.* **400**, 1145.
- Chapront, J., Chapront-Touzé, M., Francou, G. : 2002, A new determination of lunar orbital parameters, precession constant and tidal acceleration from LLR measurements, *Astron. Astrophys.* **387**, 700.

## CHAPITRE 6

# MOUVEMENT DES PLANÈTES ET DE LA LUNE : LA SOLUTION INPOP

---

A. FIENGA

### 6.1. INTRODUCTION

À partir de l'édition 2007, les éphémérides du Soleil, de la Lune et des planètes publiées dans la *Connaissance des Temps* sont issues de la théorie INPOP (Intégration Numérique Planétaire de l'Observatoire de Paris) élaborée à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides. Pour le Soleil et les planètes, la théorie INPOP06 ajustée aux observations (Fienga et al., 2008) a été utilisée. Pour la Lune, on s'est basé sur la théorie INPOP06 ajustée à la solution DE405/LE405 du JPL (Standish, 1998) pour la partie lunaire.

La théorie INPOP est une intégration numérique du mouvement des planètes et de la Lune ajustée aux observations. Les éphémérides numériques contemporaines sont basées sur une intégration numérique des équations du mouvement par la méthode Adams-Cowell. Le modèle tient compte des interactions entre masses ponctuelles (entre les neuf planètes, le Soleil, les astéroïdes), les effets relativistes PPN (Moyer, 2000), les effets de figure, les marées solides et la libration de la Lune. Dans le cas d'INPOP, l'ensemble de l'intégration est effectué en précision étendue. L'ajustement d'INPOP a été effectué sur un grand nombre (environ 50 000) d'observations terrestres et spatiales.



## 6.2. MODÈLE DYNAMIQUE

Les équations du mouvement utilisées sont celles décrites par Moyer (1971) dans le cadre d'une approximation PPN. Les perturbations sur l'ensemble des planètes et sur le Soleil des 300 astéroïdes les plus perturbateurs du point de vue de Mars ont été incluses. Ces objets ont leurs orbites intégrées en même temps que celles des planètes principales. De plus, afin d'affiner le modèle dynamique des planètes et du Soleil, les perturbations induites par un anneau d'astéroïdes ont été ajoutées.

Les interactions entre corps non-sphériques et objets ponctuels ont été prises en compte. Il s'agit des interactions entre le terme d'aplatissement du Soleil (J2) et les planètes, des interactions entre le terme d'aplatissement de la Terre et la Lune, le Soleil, Vénus et Jupiter. Enfin, on tient compte des perturbations induites par les interactions entre les termes (J2, C22, C21, S21, S22) de la Lune et la Terre, le Soleil, Vénus et Jupiter. De plus, les déformations des corps non-sphériques (le Soleil, la Terre et la Lune) interagissent aussi avec les corps ponctuels et réciproquement. Dans INPOP, on tient compte des interactions suivantes :

- la Terre déformée par le Soleil et la Lune interagissant avec la Lune, le Soleil, Vénus et Jupiter,
- la Lune déformée par la Terre et le Soleil interagissant avec la Terre, le Soleil, Vénus et Jupiter,
- la forme de la Terre interagissant avec la forme de la Lune.

Une nouvelle définition plus complète du barycentre du système solaire a été donnée par INPOP. L'orbite du Soleil par rapport au barycentre du système solaire est intégrée en même temps que celles des planètes et les relations de conservation d'énergie sont vérifiées à la date initiale d'intégration (J2000) de telle façon que :

$$\sum_i \mu_i^* r_i = 0 \text{ et } \sum_i \mu_i^* \dot{r}_i + \dot{\mu}_i^* r_i = 0, \quad (6.1)$$

où les  $r_i$  sont les vecteurs position barycentrique des corps. Les  $\mu_i^*$  sont les fonctions suivantes des masses  $\mu_i = Gm$  :

$$\mu_i^* = \mu_i \left( 1 + \frac{v_i^2}{2c^2} - \frac{1}{2c^2} \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j}{r_{ij}} \right).$$

Le second terme de l'équation (6.1) est en général omis dans les définitions du barycentre du système solaire. Cet ajout permet une meilleure cohérence de la solution planétaire avec les recommandations de l'UAI (UAI, 2001) et n'induit pas d'effets détectables dans les calculs (Le Poncin-Lafitte, 2006).

Enfin, afin de suivre les recommandations de l'UAI concernant les échelles de temps (UAI, 2001), deux versions d'INPOP seront disponibles en 2007 : l'une en TCB et l'autre en TDB.

L'échelle de temps TCB réalisée par INPOP est construite à partir de la définition donnée par l'UAI (Soffel et al., 2003) :

$$\begin{aligned} TCB - TCG = & \frac{1}{c^2} \left[ \int_{t_0}^t \left[ U + \frac{v_E^2}{2} \right] dt + v_E^i r_E^i \right] \\ & + \frac{1}{c^4} \left[ \int_{t_0}^t \left[ \frac{v_E^4}{8} + \frac{3v_E^2 U}{2} - \frac{U^2}{2} - 4v_E^i U^i \right] dt - \left( 3U + \frac{v_E^2}{2} \right) v_E^i r_E^i \right], \end{aligned} \quad (6.2)$$

le TCG étant défini par une relation linéaire de TAI (*cf.* 2.7.3). Dans l'équation (6.2),  $x_E^i$  et  $v_E^i$  sont les coordonnées barycentriques position et vitesse du géocentre,  $r_E^i = x^i - x_E^i$ , et  $U$  est le potentiel gravitationnel imposé par les autres corps du système solaire sur la Terre. Un processus itératif est nécessaire pour estimer la relation TCB-TCG réalisée avec INPOP et pour mettre en place une nouvelle solution d'INPOP en TCB.

### 6.3. AJUSTEMENT AUX OBSERVATIONS

La partie planétaire d'INPOP a été ajustée aux observations présentées dans la table 6.1. Un grand nombre d'observations issues des données de suivi des sondes spatiales a été utilisé en particulier pour les planètes Mars, Vénus et Jupiter. Ces observations consistent d'une part, en l'enregistrement du signal aller-retour émis depuis la Terre, capté puis ré-émis par la sonde, soit en orbite autour de la planète (la sonde est alors appelée orbiter), soit au sol (la sonde est appelée lander). De telles données permettent une estimation très précise de la distance géocentrique (quelques mètres) et de la vitesse radiale (quelques millimètres par seconde) de la planète. Dans la table 6.1, ces données sont nommées respectivement données radar et Doppler.

D'autre part, l'enregistrement VLBI du signal émis par la sonde passant au voisinage d'une source de référence radio extragalactique ICRF permet d'estimer une position angulaire différentielle de la sonde et de la planète par rapport à la source ICRF. Ce dernier type d'observation a une précision de quelques millisecondes de degrés et permet de raccorder le repère de référence dynamique de la solution planétaire à l'ICRF (*cf.* 3.3).

Depuis trente ans, plusieurs missions spatiales ont été envoyées en orbite ou sur le sol de Mars. Cette planète est ainsi celle dont le suivi a été le plus intensif et le plus précis jamais effectué. Elle requiert donc une modélisation très précise de son orbite. Or, du fait de son voisinage proche de la ceinture principale d'astéroïdes, elle subit de nombreuses perturbations induites par des objets de masses et de tailles mal connues. C'est pourquoi, un modèle dynamique complexe a été mis en place (prise en compte des perturbations induites par les masses ponctuelles de 300 astéroïdes et par un potentiel en anneau représentant l'ensemble des autres petits corps de masses et de tailles non déterminées). De plus, il a été nécessaire d'ajuster les masses des objets les plus massifs, les densités des autres petits corps classés en classes taxonomiques (objets riches en carbone, en silicate et en métaux) ainsi que les caractéristiques physiques de l'anneau d'astéroïdes. Par cette modélisation de l'orbite de Mars et ces ajustements, une précision de quelques mètres a été obtenue dans l'estimation des distances géocentriques de Mars.

Des observations optiques classiques de type CCD, instruments méridiens (notes transit dans la table 6.1) et plaques photographiques ont aussi été incluses, en particulier dans l'ajustement des planètes extérieures. Les périodes orbitales importantes de celles-ci nécessitent de conserver des observations anciennes permettant de couvrir au moins une orbite. Pour Jupiter et Saturne,

**Table 6.1.** Observations utilisées pour l’ajustement d’INPOP.

| Plante  | Type des donnes                     | Intervalle de temps | Nombre d’observations | INPOP06 |
|---------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------|
| Mercure | Radar                               | 1971-1998           | 444                   | 1 km    |
| Vénus   | Radar                               | 1964-1990           | 511                   | 5 km    |
|         | Sonde spatiale VLBI                 | 1990-1994           | 18                    | 5 mas   |
| Mars    | Viking lander radar                 | 1976-1983           | 1256                  | 20 m    |
|         | MGS/MO radar                        | 1999-2005.45        | 10474                 | 5 m     |
|         | Viking lander Doppler               | 1976-1979           | 1501                  | 5 mm/s  |
|         | Pathfinder lander Doppler           | 1997                | 1519                  | 1 mm/s  |
|         | Sonde spatiale VLBI                 | 1989-2003           | 44                    | 0.5 mas |
| Jupiter | Sonde spatiale VLBI                 | 1996-1998           | 24                    | 10 mas  |
|         | CCD ou transit ( $\alpha, \delta$ ) | 1973-2004           | 3189                  | 200 mas |
| Saturne | CCD ou transit ( $\alpha, \delta$ ) | 1973-2004           | 3863                  | 200 mas |
| Uranus  | CCD ou transit ( $\alpha, \delta$ ) | 1914-2004           | 3848                  | 350 mas |
| Neptune | CCD ou transit ( $\alpha, \delta$ ) | 1914-2004           | 3898                  | 350 mas |
| Pluton  | CCD ou transit ( $\alpha, \delta$ ) | 1989-2004           | 1024                  | 200 mas |

des observations des satellites sont utilisées afin de limiter l’utilisation d’observations directes du photocentre de la planète. La description complète des méthodes d’analyses des observations et d’ajustement peuvent être retrouvées dans Fienga et al. (2008).

Dans la table 6.1, on donne en dernière colonne des estimations de la précision externe d’INPOP pour chaque type d’observations. Ces valeurs reflètent la qualité du modèle dynamique mis en place, de l’ajustement effectué et des observations utilisées.

Pour la Lune, un ajustement à la solution DE/LE405 a été effectué dans l’attente d’une solution complètement ajustée aux observations laser-Lune. Des incertitudes de quelques milliarcsecondes en longitude et latitude géocentriques et de quelques millimètres sur la distance géocentrique ont été estimées sur un siècle, par comparaison à LE405. Les différences entre les angles de libration issus de LE405 et ceux issus d’INPOP06 sont de l’ordre de quelques milliarcsecondes sur un siècle.

Au cours de l’ajustement de la partie planétaire aux observations et de la partie lunaire à LE405, plusieurs paramètres physiques liés principalement aux perturbations induites par les astéroïdes sur Mars et à la dynamique lunaire ont été déterminés. Un ajustement du taux d’aplatissement du

**Table 6.2.** Paramètres physiques ajustés dans INPOP. Comparaisons avec d'autres valeurs.

|                       | Unit                 | DE405 | EPM 04            | DE414          | INPOP06           |
|-----------------------|----------------------|-------|-------------------|----------------|-------------------|
| Masse de Crs          | $10^{-10} M_{\odot}$ | 4.64  | $4.753 \pm 0.007$ | 4.699          | $4.746 \pm 0.006$ |
| Masse de Vesta        | $10^{-10} M_{\odot}$ | 1.34  | $1.344 \pm 0.001$ | 1.358          | $1.338 \pm 0.002$ |
| Masse de Pallas       | $10^{-10} M_{\odot}$ | 1.05  | $1.027 \pm 0.003$ | 1.026          | $0.995 \pm 0.003$ |
| Masse d'Iris          | $10^{-10} M_{\odot}$ |       | $0.063 \pm 0.001$ | 0.060          | $0.089 \pm 0.002$ |
| Masse de Bamberga     | $10^{-10} M_{\odot}$ |       | $0.055 \pm 0.001$ | 0.047          | $0.060 \pm 0.002$ |
| Masse de l'anneau     | $10^{-10} M_{\odot}$ |       | $3.35 \pm 0.35$   | 0.329          | $0.34 \pm 0.15$   |
| Distance de l'anneau  | UA                   |       | $3.13 \pm 0.05$   | 2.8            | 2.8               |
| Densit de la classe C |                      | 1.8   | 1.4               | $1.6 \pm 0.22$ | $1.93 \pm 0.12$   |
| Densit de la classe S |                      | 2.4   | 3.5               | 2.07           | $2.13 \pm 0.11$   |
| Densit de la classe M |                      | 5.0   | 4.5               | $4.3 \pm 0.43$ | $4.47 \pm 0.012$  |
| J2 du Soleil          | $10^{-7}$            | 2     | $1.9 \pm 0.3$     | $2.3 \pm 2.5$  | $1.95 \pm 0.55$   |

Soleil a aussi été réalisé. L'ensemble des paramètres ajustés ainsi que les valeurs obtenues ont été rassemblés dans la table 6.2 et la table 6.3. La table 6.2 permet, de plus, la comparaison avec les valeurs provenant de DE405 (Standish, 1998), EPM 04 (Pitjeva, 2005) et DE414 (Konopliv et al., 2006).

**Table 6.3.** Paramètres physiques liés aux calculs de marées terrestres et lunaires.  $\tau_{E21}$  et  $\tau_{E22}$  sont respectivement le temps de retard de la Terre pour les harmoniques (2,1) et (2,2).  $\tau_M$  est le temps de retard dans la réponse de la Lune aux marées terrestres. Ces quantités sont exprimées en jours.

|                |  |
|----------------|--|
| $\tau_{E21}$ : | $1.296\ 450\ 346\ 419\ 947\ 8082 \times 10^{-2}$ |
| $\tau_{E22}$ : | $6.936\ 812\ 466\ 537\ 533\ 1321 \times 10^{-3}$ |
| $\tau_M$ :     | $1.667\ 744\ 540\ 482\ 935\ 7669 \times 10^{-1}$ |

#### 6.4. BIBLIOGRAPHIE

- Fienga, A., Manche, H., Laskar, J., Gastineau, M. : 2008, INPOP06 : a new numerical planetary ephemeris. *A&A* **477**, 315.
- Konopliv, A.S., Yoder, C.F., Standish, E.M., Yuan, D.-N., Sjogren, W.L. : 2006, A global solution for the Mars static and seasonal gravity, Mars orientation, Phobos and Deimos masses, and Mars ephemeris. *Icarus* **182**, 23.
- Le Poncin-Lafitte, Ch. : 2006, communication privée.
- Moyer, T.D. : 2000, Formulation for Observed and Computed Values of Deep Space Network Data Types for Navigation, Joseph H. Yuen d, John Wiley & Sons.
- Pitjeva, E.V. : 2005, High-Precision Ephemerides of Planets–EPM and Determination of Some Astronomical Constants, *Solar System Research* **39**, 176.
- Soffel, M., Klioner, S.A., Petit, G., Wolf, P., Kopeikin, S.M., Bretagnon, P., Brumberg, V.A. et 13 co-auteurs : 2003, The new IAU2000 resolutions for astrometry, celestial mechanics and metrology in the relativistic framework : explanatory supplement, *Astron. J.* **126**, 2687.
- Standish, E.M. : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides, DE405/LE405, JPLIOM **312.F**.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**, 28–40 (Errata : *ibid.* **89**, 4, 2001).

## CHAPITRE 7

# MODÈLES ORBITAUX DES SATELLITES NATURELS

---

V. LAINEY ET A. VIENNE

### 7.1. INTRODUCTION

Jusqu'au début des années quatre-vingt-dix, les modèles orbitaux des corps du système solaire étaient réalisés par des méthodes analytiques. La diversité des perturbations mises en jeu ainsi que la présence de nombreuses résonances nécessitaient de développer une théorie spécifique à chaque système de satellites. Aujourd'hui, l'avènement des méthodes numériques permet de développer de nombreux modèles à partir d'un ou de quelques outils numériques seulement. En particulier, le logiciel NOE (Numerical Orbit and Ephemerides) développé à l'IMCCE est désormais utilisé pour l'élaboration des éphémérides nouvelles et à venir. Toutefois, les méthodes analytiques restent encore utilisées lorsqu'une connaissance profonde de la dynamique du système est recherchée. Des méthodes hybrides tirant parti des points de vue analytique et numérique sont également utilisées.

La réalisation d'éphémérides se base sur l'ajustement d'un modèle dynamique du système étudié à des observations réalisées au sol ou depuis l'espace. Une éphéméride peut alors être construite par des méthodes d'interpolation ou d'approximation. Les paragraphes suivants décrivent chacune de ces étapes.

### 7.2. MODÈLE DYNAMIQUE

Le modèle dynamique comprend l'ensemble des perturbations physiques agissant sur le mouvement du(des) satellite(s) à l'étude. La force principale est l'attraction gravitationnelle de la planète.

Le corps central n'étant pas parfaitement sphérique, son potentiel gravitationnel est développé sous forme d'harmoniques sphériques :

$$U(r, \phi, \lambda) = \frac{GM}{r} \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{R_E}{r} \right)^n \sum_{p=1}^n P_n^{(p)}(\sin \phi) [c_{np} \cos p\lambda + s_{np} \sin p\lambda] \right\} \quad (7.1)$$

où  $r, \phi, \lambda$  désignent respectivement la distance, la latitude et la longitude du satellite rapportées à un repère équatorial centré sur la planète. De même,  $M$  et  $R_E$  désignent la masse et le rayon équatorial de la planète. On distingue généralement la famille des satellites proches de celle des satellites dits éloignés, suivant que la première harmonique du développement ci-dessus a un effet respectivement plus fort ou plus faible que celui induit par l'attraction du Soleil. En particulier, les satellites proches ont généralement leur plan d'orbite proche du plan de l'équateur, à la différence des satellites éloignés.

Les perturbations de moindre importance comprennent l'attraction gravitationnelle d'autres satellites, du Soleil et celle d'autres planètes. Des effets supplémentaires sont également nécessaires pour décrire avec précision la dynamique de certains systèmes satellitaires, comme l'introduction de la non-sphéricité des satellites, les effets relativistes et les effets de marées entre les satellites et la planète.

La résolution du système différentiel composé des équations du mouvement des satellites peut être obtenue de différentes manières. Si la tendance actuelle tire pleinement profit des intégrateurs numériques, les modèles plus anciens utilisent une résolution analytique basée sur une méthode d'approximations successives (théorie des perturbations). Plus récemment, des méthodes dites synthétiques tirent bénéfice des deux méthodes précédentes en intégrant analytiquement les termes à convergence rapide, et numériquement les termes à convergence plus lente, voire problématique (*cf.* 7.4).

### 7.3. AJUSTEMENT AUX OBSERVATIONS

La résolution des équations différentielles, gouvernant l'évolution des mouvements orbitaux des satellites, nécessite l'utilisation d'un certain nombre de constantes et conditions initiales du système. Les constantes correspondent en général aux valeurs des masses et coefficients caractérisant l'aplatissement des corps présents, l'orientation des pôles nord de rotation dans l'espace, etc. Les conditions initiales, elles, sont les positions et vitesses (ou leur équivalent sous forme d'éléments képlériens) à une date origine. Au départ, ces différentes valeurs sont affectées d'une erreur causant des différences importantes entre les positions prédites par le modèle et celles que l'on peut observer dans la réalité. Il est donc indispensable d'ajuster les conditions initiales et parfois

**Table 7.1.** Référence et précision globale estimée des éphémérides de satellites.

| Satellite | Références             | Précision<br>(") | globale<br>(km) |
|-----------|------------------------|------------------|-----------------|
| Phobos    | (Lainey et al. 2007)   | 0.01             | 3               |
| Deimos    |                        | 0.01             | 3               |
| Io        | (Lainey et al. 2004)   | 0.02             | 60              |
| Europe    |                        | 0.02             | 60              |
| Ganymède  |                        | 0.02             | 60              |
| Callisto  |                        | 0.02             | 60              |
| Mimas     | (Vienne & Duriez 1995) | 0.02             | 130             |
| Encelade  | (Vienne & Duriez 1995) | 0.02             | 130             |
| Téthys    | (Vienne & Duriez 1995) | 0.015            | 100             |
| Dione     | (Vienne & Duriez 1995) | 0.015            | 100             |
| Rhéa      | (Vienne & Duriez 1995) | 0.015            | 100             |
| Titan     | (Vienne & Duriez 1995) | 0.015            | 100             |
| Hypérior  | (Duriez & Vienne 1997) | 0.03             | 200             |
| Japet     | (Vienne & Duriez 1995) | 0.03             | 200             |
| Ariel     | (Lainey 2007)          | 0.10             | 120             |
| Umbriel   | (Arlot et al. 2006)    | 0.10             | 120             |
| Titania   |                        | 0.10             | 120             |
| Obéron    |                        | 0.10             | 120             |
| Miranda   |                        | 0.20             | 240             |

les valeurs des paramètres physiques, en se servant des observations astrométriques. Principalement, la méthode consiste à utiliser un développement linéaire au voisinage des valeurs de départ (ce qui suppose que celles-ci ne soient pas trop éloignées des valeurs réelles). Chaque observation à une date  $t$  fournissant une ou plusieurs coordonnées  $\gamma(t)$  (par exemple l'ascension droite ou la déclinaison), on obtient alors une relation entre la différence de la coordonnée observée et celle calculée, et les variations à apporter aux valeurs de départ, comme l'indique l'équation ci-dessous :

$$\gamma(t)^{\text{observé}} - \gamma(t)^{\text{calculé}} \approx \sum_{l=1}^N \frac{\partial \gamma}{\partial c_l}(t) \Delta c_l, \tag{7.2}$$

où  $N$  désigne le nombre maximum de conditions initiales et de paramètres à ajuster ( $c_l$ ). En règle général, le nombre d'observations dépassant largement le nombre de valeurs à ajuster, le système composé de l'ensemble des équations de la forme (7.2) est résolu par la méthode des moindres carrés. Quelques itérations par cette méthode sont nécessaires pour atteindre des valeurs optimales.

Notons que l'équation (7.2) suppose connues les valeurs des dérivées  $\frac{\partial \gamma}{\partial c_l}(t)$  aux dates d'observations. Lorsque le modèle dynamique est intégré numériquement, un système différentiel, dit variationnel et dont les solutions sont précisément les termes  $\frac{\partial \gamma}{\partial c_l}(t)$ , est fréquemment intégré en



**Table 7.2.** Principaux termes dans la longitude moyenne de Io exprimés en sinus et dans la variable en excentricité-péricentre de Ganymède exprimé en exponentielle complexe (extrait de Lainey, Duriez, Vienne, 2006).

| <i>Longitude moyenne de Io</i> |                |                  |                     | <i>Excentricité de Ganymède : <math>e_G \exp(\sqrt{-1}\varpi_G)</math></i> |                |            |                     |
|--------------------------------|----------------|------------------|---------------------|--|----------------|------------|---------------------|
| Amplitude<br>km                | Période<br>ans | Argument         | Fréquence<br>rad/an | Amplitude<br>km  | Période<br>ans | Argument   | Fréquence<br>rad/an |
| 81.3                           | 1.27           | $\nu + \varpi_2$ | 4.961862            |  |                |            |                     |
| 41.0                           | 1.32           | $\nu + \varpi_3$ | 4.760719            | 1529.9   | 135.2          | $\varpi_3$ | 0.046487            |
| 37.9                           | 5.64           | $\Psi$           | 1.114249            | 825.5  | 536.5          | $\varpi_4$ | 0.011711            |
| 23.3                           | 1.33           | $\nu + \varpi_4$ | 4.725944            | 634.4  | 1.3            | $\nu$      | 4.714232            |
| 17.6                           | 1.10           | $\nu + \varpi_1$ | 5.687351            |  |                |            |                     |
| 15.7                           | 11.86          | $L_S$            | 0.529648            |  |                |            |                     |

même temps que les équations du mouvement. Dans le cas où le modèle repose sur une intégration analytique, les solutions des équations du mouvement sont explicitement fonction des paramètres initiaux, de sorte que les dérivées partielles recherchées peuvent être obtenues par dérivation.

Ainsi, après cet ajustement aux observations, la théorie considérée est capable de fournir les éphémérides des corps correspondants. Leur précision, estimée à partir de la statistique des différences entre les positions observées et calculées, est donnée avec les références correspondantes dans la table 7.1.

Les éphémérides réalisées à partir du modèle numérique NOE sont notées *NOE – pla – an* où *pla* désigne le numéro de la planète considérée et *an* l'année de l'élaboration de l'éphéméride.

## 7.4. REPRÉSENTATION DES SOLUTIONS

L'intégration d'un modèle dynamique, après ajustement aux observations, peut donner directement les positions de chacun des corps, ou de façon équivalente, les valeurs des éléments d'orbites. Il s'agit souvent d'un simple relevé de positions pour des dates discrètes, ce qui n'est pas facilement exploitable. Par ailleurs, les dynamiciens souhaitent souvent effectuer des comparaisons entre les différents systèmes de satellites, comprendre les perturbations mises en jeu dans le système ou encore utiliser le modèle dans une autre étude théorique.

On est donc amené à représenter l'évolution temporelle de ces positions sous une forme analytique. C'est le cas des représentations du mouvement des quatre satellites galiléens de Jupiter et des huit principaux satellites de Saturne, qui ont la forme d'une théorie dite synthétique. C'est-à-dire qu'elles sont exprimées à l'aide de séries quasi-périodiques dont les arguments sont des

combinaisons linéaires entières d'arguments fondamentaux. Cette forme permet l'identification de toutes les perturbations significatives du système.

Une théorie synthétique se construit en trois étapes. Il faut d'abord définir un modèle physique et se donner un jeu de conditions initiales du système. La deuxième étape consiste à obtenir une solution (discrète) par intégration numérique des équations du mouvement. Enfin, la dernière phase est celle de l'analyse en fréquence qui permet d'écrire la solution sous une forme quasi-similaire aux théories analytiques.

Dans le cas du système de Saturne, la séparation entre le système différentiel à courte et à longue période a été faite analytiquement. La partie à courte période ne posant aucun problème, la partie à longue période de la solution est issue d'une intégration numérique. La forme quasi-périodique a ensuite été restituée grâce à une analyse en fréquence. Dans le système des satellites galiléens, la représentation possède une forme identique. Elle est entièrement synthétique puisqu'issue uniquement d'une intégration numérique des équations du mouvement. C'est encore une analyse harmonique qui a permis de retrouver la forme quasi-périodique et notamment de reconnaître les inégalités à courtes périodes, à longues périodes et le mode propre issu de la résonance laplacienne.

À titre d'exemple, nous donnons les principaux termes dans la longitude moyenne de Io et la variable en excentricité-péricentre de Ganymède ( $\lambda_I$  et  $e_G \exp(\sqrt{-1}\varpi_G)$ , table 7.2). Ces séries trigonométriques donnent pour chaque terme la combinaison entière correspondante des arguments fondamentaux du système. Nous notons par  $L_i$  la partie linéaire des longitudes moyennes des satellites et du Soleil,  $\varpi_i$  et  $\Omega_i$  les modes propres des péricentres et des nœuds,  $\nu$  la grande inégalité  $L_1 - 2L_2$  ( $= L_2 - 2L_3 + 180^\circ$ ) et  $\Psi$  l'argument de la libration de la résonance laplacienne (Lainey, Duriez, Vienne, 2006).

Enfin l'utilisateur des éphémérides n'est pas obligatoirement un mécanicien céleste. Il préfère alors une forme compacte des positions données. La solution retenue dans ce volume de la *Connaissance des Temps*, est d'utiliser une représentation à l'aide des polynômes de Tchebychev. Ce type de représentation est décrit en 8.4.2. Il a l'avantage d'être à la fois compact et d'utilisation facile.

## 7.6. BIBLIOGRAPHIE

- Arlot, J.E., Lainey, V., Thuillot, W. : 2006, Predictions of the mutual events of the uranian satellites occuring in 2006-2009, *Astron. Astrophys.*, **456**, 1173.
- Duriez L., Vienne A. : 1997, Theory of motion and ephemerides of Hyperion, *Astron. Astrophys.*, **324**, 366.
- Lainey, V. : 2008, A new dynamical model for the Uranian satellites, *P&SS* **56**, 1766.
- Lainey, V., Dehant, V., Pätzold, M. : 2007, First numerical ephemerides of the Martian moons, *Astron. Astrophys.*, **465**, 1075.
- Lainey, V., Duriez, V., Vienne, A. : 2004, New accurate ephemerides for the Galilean satellites of Jupiter. I. Numerical integration of elaborated equations of motion, *Astron. Astrophys.*, **420**, 1171.
- Lainey, V., Duriez, L., Vienne, A. : 2006, Synthetic representation of the Galilean satellites' orbital motions from L1 ephemerides , *Astron. Astrophys.*, **456**, 783.
- Laskar, J., Jacobson, R.A. : 1987, GUST86 - an analytical ephemeris of the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.*, **188**, 212.
- Laskar, J. : 1986, A general theory for the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.*, **166**, 349.
- Vienne, A., Duriez, L. : 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.*, **297**, 588.

## CHAPITRE 8

# EXPLICATIONS LIÉES AUX ÉPHÉMÉRIDES DE LA CONNAISSANCE DES TEMPS

---

J.-L. SIMON, J. NORMAND, M. BIRLAN ET D. HESTROFFER

### 8.1. PRÉSENTATION DES ÉPHÉMÉRIDES

#### 8.1.1. Introduction

À partir de l'édition 2006, les éphémérides de la *Connaissance des Temps* se présentent sous deux formes :

- les éphémérides publiées dans l'ouvrage annuel la *Connaissance des Temps*. Elles donnent les coordonnées des principaux corps du système solaire sous forme de tables de valeurs pour des dates données ;
- les éphémérides électroniques calculées à partir du logiciel présenté sur le CD-ROM qui accompagne l'ouvrage. Ce logiciel permet le calcul non seulement des coordonnées publiées dans la *Connaissance des Temps* mais aussi celui des coordonnées horizontales et des levers et couchers des astres.

Dans ce chapitre nous allons décrire ces deux types d'éphémérides et expliquer leur utilisation.

#### 8.1.2. Définitions astronomiques

Comme il a été indiqué en 3.3.2 et 5.2.1.1, les coordonnées d'un astre sont rapportées à l'un des deux *plans fondamentaux*, les plans de l'*équateur* ou de l'*écliptique*. Ces plans sont dits *moyens* lorsqu'ils ne sont affectés que de la précession ; le plan de l'équateur est dit *vrai* lorsqu'il est affecté de la précession et de la nutation. On appelle *équinoxe moyen* le nœud ascendant de l'écliptique

moyen sur l'équateur moyen et *équinoxe vrai* le nœud ascendant de l'écliptique moyen sur l'équateur vrai.

Les *coordonnées moyennes* sont rapportées aux plans fondamentaux moyens et comptées à partir de l'équinoxe moyen ; les *coordonnées vraies* sont rapportées à l'équateur vrai ou à l'écliptique moyen et comptées à partir de l'équinoxe vrai.

Les *coordonnées apparentes* d'un astre sont des coordonnées vraies de cet astre corrigées de l'aberration. Pour les corps du système solaire il s'agit de l'aberration planétaire : on tient compte, dans ce cas, du mouvement relatif de l'astre par rapport au barycentre du système solaire et des vitesses de rotation et de révolution de la Terre. On pourra aussi tenir compte de la déviation relativiste des rayons lumineux.

Les *coordonnées astrométriques* d'un corps du système solaire sont les coordonnées moyennes de ce corps corrigées de l'aberration dans laquelle on a omis l'aberration des fixes. On ne tient donc compte, dans ce cas, que du mouvement de l'astre par rapport au barycentre du système solaire. Conformément aux recommandations de l'Union Astronomique Internationale (1979) les coordonnées astrométriques ne sont plus affectées des termes constants de l'aberration des fixes, termes qui dépendent de l'orbite terrestre.

Les coordonnées apparentes sont rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date, les coordonnées moyennes et astrométriques sont rapportées à l'équateur (ou l'écliptique) et à l'équinoxe moyens de l'époque *standard* J2000 (jour julien 2 451 545.0).

### 8.1.3. Échelles de temps

Trois échelles de temps sont utilisées dans les tables de la *Connaissance des Temps* ou dans les éphémérides électroniques : le Temps terrestre TT (*cf.* 2.7.2), le Temps universel TU toujours sous sa forme UT1 (*cf.* 2.3) et le Temps universel coordonné UTC (*cf.* 2.5).

L'échelle de temps utilisée dans les théories des mouvements des corps du système solaire, sources des éphémérides, est le Temps dynamique barycentrique TDB (*cf.* 2.7.2). À la précision des éphémérides, on l'identifiera à l'échelle TT. Les éphémérides de ces corps sont donc tabulées pour des dates en TT.

Le temps sidéral est une fonction à la fois du Temps universel TU et de TT. Nous l'avons calculé par la formule (3.6.25), en prenant  $t - t_u = 66$  s. Notons qu'une erreur de 1 s sur  $t - t_u$  entraîne une erreur inférieure à  $0.2 \times 10^{-6}$  s sur le temps sidéral pour l'année 2007. L'angle de rotation de la Terre donné par (3.6.17) et l'équation des origines donnée par (5.41) sont des fonctions de TU. Ces trois quantités sont donc tabulées pour des dates en TU.

Les coordonnées du CIP X et Y et l'angle  $s$  (*cf.* 5.4.2) sont des fonctions de TT et sont donc tabulés pour des dates en TT. L'équation des équinoxes (*cf.* 3.6.6.2) qui n'est donnée que sur le CD-ROM est une fonction de TT.

Les éphémérides électroniques peuvent être calculées dans l'échelle de temps TT ou dans l'échelle UTC (sauf les coordonnées horizontales et les levers/couchers dont le calcul se fait seulement en UTC). La table 8.1 donne la relation entre TT et UTC depuis le 1 juillet 1983, d'après la relation entre TAI et UTC (*cf.* 2.5.1) publiée par l'IERS.

**Table 8.1.** TT–UTC depuis le 1 juillet 1983.

|      |                |         | TT – UTC |
|------|----------------|---------|----------|
| 1983 | Juil. 1 – 1985 | Juil. 1 | 54.184 s |
| 1985 | Juil. 1 – 1988 | Jan. 1  | 55.184 s |
| 1988 | Jan. 1 – 1990  | Jan. 1  | 56.184 s |
| 1990 | Jan. 1 – 1991  | Jan. 1  | 57.184 s |
| 1991 | Jan. 1 – 1992  | Juil. 1 | 58.184 s |
| 1992 | Juil. 1 – 1993 | Juil. 1 | 59.184 s |
| 1993 | Juil. 1 – 1994 | Juil. 1 | 60.184 s |
| 1994 | Juil. 1 – 1996 | Jan. 1  | 61.184 s |
| 1996 | Jan. 1 – 1997  | Juil. 1 | 62.184 s |
| 1997 | Juil. 1 – 1999 | Jan. 1  | 63.184 s |
| 1999 | Jan. 1 – 2006  | Jan. 1  | 64.184 s |
| 2006 | Jan. 1 – 2009  | Jan. 1  | 65.184 s |
| 2009 | Jan. 1 – 2012  | Juil. 1 | 66.184 s |
| 2012 | Juil. 1 –      |         | 67.184 s |

#### 8.1.4. Contenu de l'ouvrage

La *Connaissance des Temps* publie des tables donnant :

- Le temps sidéral vrai au méridien de Greenwich  $GST$  pour chaque jour de l'année à 0h TU, et les nutations en longitude  $\Delta\psi$  et en obliquité  $\Delta\epsilon$  pour chaque jour de l'année à 0h TT (p. II. 4 – II. 7).
- L'angle de rotation de la Terre  $ERA$  et l'équation des origines  $\mathcal{E}_0$  pour chaque jour de l'année à 0h TU (p. II. 10 – II. 13).
- Les coordonnées du CIP X et Y et l'angle  $s$  pour chaque jour de l'année à 0h TT (p. II. 16 – II. 19).
- Les éphémérides géocentriques du Soleil, pour chaque jour de l'année à 0h TT :
  - les coordonnées écliptiques du Soleil, longitude, latitude et rayon vecteur géométrique ; la longitude et la latitude sont des coordonnées moyennes rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens J2000 (p. II. 22 – II. 25) ;
  - les coordonnées équatoriales du Soleil, ascension droite et déclinaison ; ce sont des coordonnées apparentes rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date (p. II. 26 – II. 29) ;
  - le temps de passage du Soleil, en TT, au *méridien des éphémérides*, méridien situé à  $-1.002\,7379$  (TT – TU) du méridien de Greenwich, les longitudes étant comptées positivement vers l'ouest. C'est aussi le temps de passage au méridien de Greenwich en TU (p. II. 26 – II. 29) ;
  - les coordonnées rectangulaires du Soleil X, Y, Z. Ce sont des coordonnées moyennes ; le plan OX, OY est le plan de l'équateur moyen J2000, l'axe OX est dirigé vers l'équinoxe moyen J2000 (p. II. 30 – II. 33).

- Les éphémérides géocentriques de la Lune, *toutes les six heures* (TT) (p. II. 36 – II. 52) :
  - les coordonnées équatoriales de la Lune, ascension droite et déclinaison. Ce sont des coordonnées apparentes rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date ;
  - la distance à la Terre, sans correction d'aberration.
- Les éphémérides des planètes principales Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune :
  - les coordonnées héliocentriques, longitude, latitude héliocentriques et rayon vecteur. La longitude et la latitude sont des coordonnées moyennes rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens J2000. Ces coordonnées sont données à 0h TT, *chaque jour de l'année* pour Mercure (p. II. 54 – II. 57), *tous les deux jours* pour Vénus (p. II. 58 – II. 59), *tous les quatre jours* pour Mars (p. II. 60), *tous les seize jours* pour Jupiter et Saturne et *tous les trente-deux jours* pour Uranus et Neptune (p. II. 61) ;
  - les coordonnées géocentriques, ascension droite, déclinaison, distance à la Terre, *pour chaque jour de l'année* à 0h TT. L'ascension droite et la déclinaison sont des coordonnées apparentes rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date. La distance à la Terre ne comporte pas de correction d'aberration (p. II. 62 – II. 89).
- Les éphémérides de Pluton et des petites planètes Cérés, Pallas, Junon et Vesta, *tous les quatre jours* à 0h TT (p. II. 92 – II. 96) :
  - les coordonnées géocentriques, ascension droite, déclinaison, distance à la Terre. L'ascension droite et la déclinaison sont des coordonnées astrométriques rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens J2000. La distance à la Terre ne comporte pas de correction d'aberration.
- Les coordonnées tangentielles X et Y des satellites naturels, *aux heures* (TT) *les plus proches des plus grandes élongations est* pour les satellites de Mars (p. II. 98 – II. 107) et *aux heures* (TT) *les plus proches des plus grandes élongations est et ouest* pour les satellites galiléens de Jupiter (p. II. 110 – II. 116), les huit premiers satellites de Saturne (p. II. 118 – II. 135) et les cinq premiers satellites d'Uranus (p. II. 138 – II. 148).

Les coordonnées tangentielles des satellites par rapport au centre de la planète, sont, au premier ordre :

$$X = \Delta\alpha \cos \delta, \quad Y = \Delta\delta,$$

où  $\delta$  est la déclinaison de la planète et où  $\Delta\alpha$  et  $\Delta\delta$  sont les différences en ascension droite et en déclinaison entre le satellite et le centre de la planète. Ce sont des coordonnées moyennes astrométriques rapportées à l'équateur J2000 pour tous les satellites. L'axe des Y est dirigé vers le pôle de l'équateur moyen des coordonnées (nord) et l'axe des X est orienté dans le sens des ascensions droites croissantes (est).

Notons que l'approximation du premier ordre n'est pas suffisante lorsque le satellite s'éloigne beaucoup de la planète comme, par exemple, Callisto. On se reportera, à ce sujet, au paragraphe 4.3.3 de l'ouvrage *Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997).

- Un *calendrier* est publié p. II. 150 – II. 151. Il contient : D, le numéro du jour de chaque mois ; JOUR, le nom du jour de la semaine ; JJ, la date julienne à 12h ; JDA, le numéro du jour de l'année.

### 8.1.5. Contenu du CD-ROM

Le CD-ROM contient un logiciel interactif qui permet de calculer toutes les coordonnées publiées dans la *Connaissance des Temps* autres que le Temps sidéral, l'angle de rotation de la Terre et l'équation des origines, pour n'importe quelle date TT ou UTC de l'année. Le Temps sidéral ainsi que l'équation des équinoxes, l'angle de rotation de la Terre et l'équation des origines sont calculés pour n'importe quelle date UTC de l'année. Il permet aussi de calculer les *coordonnées horizontales* azimut et hauteur et les *levers* et *couchers* et *passages au méridien* des astres en des lieux terrestres de longitude et latitude quelconques.

Le logiciel de calcul utilise une représentation des coordonnées sous une forme polynomiale analogue à celle en usage dans les éditions de la *Connaissance des Temps* antérieures à l'édition 2006. La série de polynômes de Tchebychev sur le CD-ROM remonte le temps jusqu'en 1963. Cette représentation est décrite en 8.4.2.

Enfin, on trouve sur le CD-ROM, les prédictions des *phénomènes* des satellites galiléens.

## 8.2. SOURCES DES ÉPHÉMÉRIDES

### 8.2.1. Soleil, Lune, Planètes et Pluton

À partir de l'édition 2007, les éphémérides du Soleil, de la Lune, des planètes et de la planète naine Pluton (résolution B6 de l'UAI, 2006), publiées dans la *Connaissance des Temps*, sont issues de la solution INPOP06 (Fienga et al., 2008) élaborée à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides. Cette solution est présentée dans le chapitre 6.

### 8.2.2. Cérès et petits corps

Les éphémérides de la planète naine Cérès et des petits corps Pallas, Junon et Vesta sont issues d'une intégration numérique effectuée à l'IMCCE (Rocher, 1984).

### 8.2.3. Satellites

Les théories utilisées pour la construction des éphémérides sont les suivantes :

- satellites de Mars : le modèle numérique NOE-4-06 (Lainey et al, 2007) ;
- satellites galiléens : la théorie L1 (Lainey et al, 2004) ;
- huit premiers satellites de Saturne : la théorie TASS1.6 (Vienne et Duriez, 1995) pour Mimas, Encelade, Téthys, Dioné, Rhéa, Titan et Japet ; la théorie de Duriez et Vienne (1997) pour Hypériorion ;
- cinq premiers satellites d'Uranus : la théorie LA07 (Lainey, 2007, Arlot et al, 2007).



### 8.3. UTILISATION DES ÉPHÉMÉRIDES TABULÉES

Les éphémérides de précision de la *Connaissance des Temps* sont maintenant les éphémérides électroniques qui accompagnent l'ouvrage. Les éphémérides tabulées ont surtout pour but de s'assurer du bon usage du logiciel ou de connaître l'allure des variations. Néanmoins, les intervalles de tabulation choisis permettent une interpolation précise pour les éphémérides du Soleil, de la Lune et des planètes ainsi que pour le Temps sidéral, les nutations, l'angle de rotation de la Terre, l'équation des origines, les coordonnées du CIP et l'angle  $s$ .

#### 8.3.1. Interpolation par la formule de Bessel

Désignons par  $t_0, t_1, t_2, \dots$  les instants d'évaluation d'une fonction  $f(t)$  décrite dans la *Connaissance des Temps* et par  $f_0, f_1, f_2, \dots$  les valeurs correspondantes de  $f$ . Notons  $h$  le pas de tabulation,  $h = t_{k+1} - t_k$ , constant quel que soit  $k$ . Soient  $\Delta^{(1)}, \Delta^{(2)}, \Delta^{(3)}, \dots$ , les différences premières, secondes, troisièmes,  $\dots$  ; elles valent :

$$\begin{aligned} \Delta_k^{(1)} &= f_{k+1} - f_k \\ \Delta_k^{(2)} &= \Delta_{k+1}^{(1)} - \Delta_k^{(1)} \\ \Delta_k^{(3)} &= \Delta_{k+1}^{(2)} - \Delta_k^{(2)} \\ \dots & \quad \dots \quad \dots \end{aligned} \quad \{k = 0, 1, 2, \dots\}$$

Formons le tableau des différences :

$$\begin{array}{ccccccc} t_0 & f_0 & & & & & \\ & & \Delta_0^{(1)} & & & & \\ t_1 & f_1 & & \Delta_0^{(2)} & & & \\ & & \Delta_1^{(1)} & & \Delta_0^{(3)} & & \\ t_2 & f_2 & & \Delta_1^{(2)} & & & \\ & & \Delta_2^{(1)} & & & & \\ t_3 & f_3 & & & & & \\ \dots & \dots & & & & & \end{array} \tag{8.3.1}$$

Soit à calculer  $f(t)$  où  $t$  est compris entre  $t_1$  et  $t_2$ . Posons  $m = \frac{t - t_1}{h}$ .

La formule de Bessel s'écrit, en se limitant aux différences troisièmes :

$$f(t) = f_1 + m\Delta_1^{(1)} - \frac{m(1-m)}{4}(\Delta_0^{(2)} + \Delta_1^{(2)}) + \frac{m(1-m)(1-2m)}{12}\Delta_0^{(3)}. \tag{8.3.2}$$

### 8.3.2. Exemple

Calculer les coordonnées équatoriales apparentes de la Lune pour le 20 janvier 2013 à 8h 28m TT.

Formons les tableaux des différences, à partir des valeurs données page II. 36. Nous obtenons, pour les ascensions droites  $\alpha$  et les déclinaisons  $\delta$  :

| 20/01 | $\alpha$       | $\Delta^1$ (s) | $\Delta^2$ (s) | $\Delta^3$ (s) | $\delta$       | $\Delta^1$ (") | $\Delta^2$ (") | $\Delta^3$ (") |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0h    | 2h 33m 42.817s |                |                |                | 16° 14' 33.74" |                |                |                |
|       |                | 730.07         |                |                |                | 2375.88        |                |                |
| 6h    | 2h 45m 52.887s |                | 2.76           |                | 16° 54' 09.62" |                | -168.91        |                |
|       |                | 732.83         |                | 0.13           |                | 2206.97        |                | -4.97          |
| 12h   | 2h 58m 05.717s |                | 2.89           |                | 17° 30' 56.59" |                | -173.88        |                |
|       |                | 735.72         |                |                |                | 2033.09        |                |                |
| 18h   | 3h 10m 21.440s |                |                |                | 18° 04' 49.68" |                |                |                |

On a  $t_1 = 6h$  le pas de tabulation  $h$  est de 6 heures, soit 360 minutes ; la valeur de  $m$  est donc  $m = 148/360 = 0.411\ 111\ 11$ . L'application de la formule (8.3.2) au calcul de  $\alpha(t)$  et  $\delta(t)$ , pour la date  $t$  indiquée, donne :

$$\alpha(t) = 2h\ 45m\ 52.89s + 301.27s - 0.34s + 0.00s = 2h\ 50m\ 53.82s$$

$$\delta(t) = 16^\circ\ 54'\ 9.62'' + 907.31'' + 20.75'' - 0.02'' = 17^\circ\ 9'\ 37.66''$$

Les valeurs données par les éphémérides électroniques sont :

$$\alpha(t) = 2h\ 50m\ 53.82s$$

$$\delta(t) = 17^\circ\ 9'\ 37.66''$$

### 8.3.3. Utilisation de la formule de Bessel

L'utilisation de la formule de Bessel développée jusqu'aux différences troisièmes est nécessaire pour le calcul des éphémérides de la Lune et des éphémérides géocentriques de Mercure. Pour les autres coordonnées tabulées dans la *Connaissance des Temps* on peut se contenter de la formule bornée aux différences secondes et parfois même, de l'interpolation linéaire. On trouvera de plus amples informations sur l'application de la formule de Bessel aux éphémérides tabulées au paragraphe 9.1 de l'*Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997) et dans l'explication et usage de la *Connaissance des Temps* 1979 (Bureau des longitudes, 1978).

## 8.4. UTILISATION DES ÉPHÉMÉRIDES ÉLECTRONIQUES

### 8.4.1. Le logiciel de calcul eCdT

On trouvera sur le CD-ROM une documentation complète sur le logiciel de calcul et son utilisation. Nous en donnons ici un bref résumé.

#### 8.4.1.1. Description de l'interface graphique

- *Coordonnées locales*

Cette partie de la fenêtre principale (cf. fig. 8.1) permet d'indiquer les coordonnées du lieu d'observation :

- longitude en degrés, minutes et secondes ;
- latitude en degrés, minutes et secondes ;
- altitude en mètres.

Ces coordonnées ne sont nécessaires que dans le cas des calculs de l'azimut, la hauteur, le lever, le coucher ou le passage au méridien d'un astre.

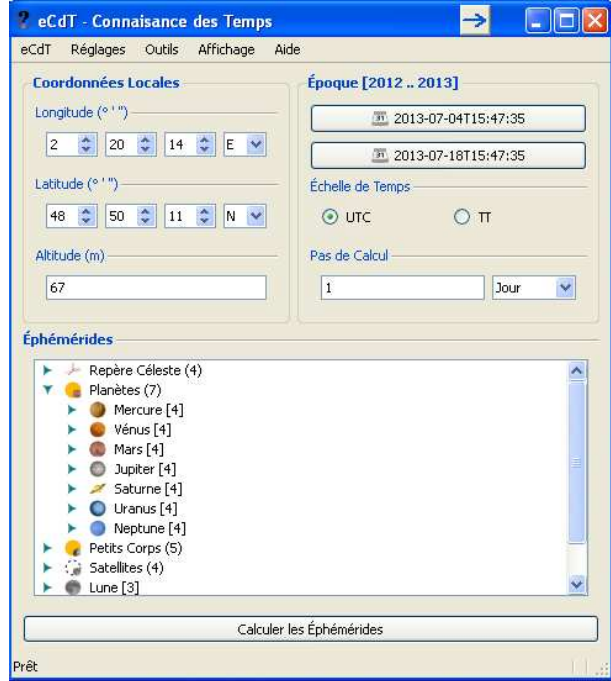


Fig. 8.1. Fenêtre principale.

- *Période de calcul*

Cette partie de la fenêtre principale (cf. fig. 8.1) permet d'indiquer :

- la date de début des calculs ;
- la date de fin des calculs ;
- l'échelle de temps à utiliser ;
- le pas de calcul.

Pour saisir les dates de début et de fin, il faut cliquer sur les boutons *Date de début* et *Date de fin*. Ces instants peuvent être saisis sous forme de date et heure ou sous forme de jours juliens. Il faut, pour cela, activer la zone de saisie correspondante (cf. fig. 8.2).

- *Liste des éphémérides disponibles*

La partie du bas de la fenêtre principale (cf. fig. 8.1) permet de choisir les éphémérides à calculer. Elles sont présentées sous la forme d'une arborescence. Pour la déployer il faut cliquer deux fois sur

les titres. Il est possible de choisir plusieurs éphémérides simultanément en maintenant la touche *Ctrl* enfoncée, ou encore l'ensemble des éphémérides pour un objet en le sélectionnant.

- *Lancement des calculs*

Le bouton *Ephémérides* (cf. fig. 8.1) permet d'obtenir les éphémérides choisies précédemment.

#### 8.4.1.2. Utilisation simple du logiciel

On utilise le logiciel de calcul d'éphémérides en effectuant les étapes suivantes :

- saisie ou sélection des coordonnées du lieu d'observation si nécessaire ;
- saisie des paramètres «Epoque de calcul» ;
- choix des éphémérides à calculer ;
- lancement des calculs.

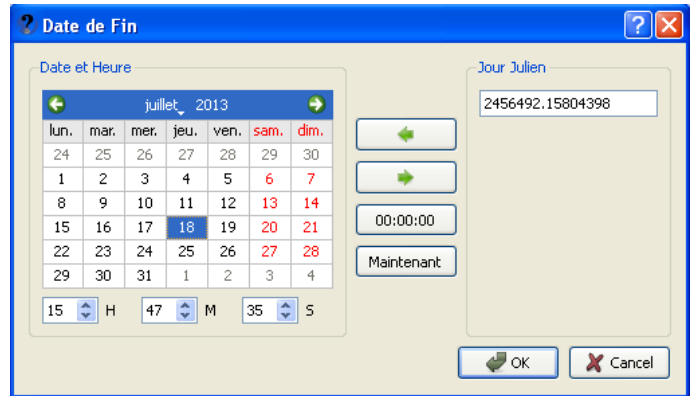


Fig. 8.2. Fenêtre pour choisir la date.

#### 8.4.1.3. Autres possibilités

Outre le simple calcul d'éphémérides, le logiciel propose :

- une visualisation des coefficients utilisés pour représenter les coordonnées (cf. 8.4.2) ;
- les prédictions des phénomènes des satellites galiléens ;
- un convertisseur jour julien / date du calendrier (grégorien après le 15/10/1582 0h, julien avant cette date) ;
- un gestionnaire de lieux (permettant de choisir les coordonnées locales dans une liste) ;
- l'impression et la sauvegarde des résultats.

#### 8.4.1.4. Disponibilité du logiciel

Actuellement le logiciel est disponible pour les systèmes d'opérations Microsoft Windows XP et Vista. Pour toute information complémentaire, ou mise à jour de fichiers et logiciel, consulter le site web de l'IMCCE à l'adresse <http://www.imcce.fr/fr/publications/logiciels/ecdt/>

### 8.4.2. Représentation des coordonnées

L'angle de rotation de la Terre est calculé à partir de la formule (3.6.17). Les autres coordonnées données sur le CD-ROM sont représentées sous formes de polynômes de Tchebychev. La représentation sous forme de polynômes de Tchebychev est utilisée pour les coordonnées du

Soleil, de la Lune, des planètes, des planètes naines, des petits corps ainsi que pour le Temps sidéral, l'équation des équinoxes, les nutations, l'angle de rotation de la Terre, l'équation des origines, les coordonnées du CIP et l'angle  $s$ . Il est possible de visualiser et d'utiliser soi-même les coefficients et il est donc utile de rappeler les caractéristiques de cette représentation.

Soient  $t$  une date julienne appartenant à l'intervalle de temps  $t_0, t_0 + DT$  et  $y$  une coordonnée d'un astre. On calcule  $y(t)$  par la formule :

$$y = a_0 + a_1 T_1(x) + \dots + a_n T_n(x), \quad (8.4.1)$$

où :

- $x$  est un paramètre compris entre  $-1$  et  $+1$  qui se déduit de  $t$  par la relation :

$$x = -1 + 2(t - t_0)/DT; \quad (8.4.2)$$

- $a_0, a_1, \dots, a_n$  sont les coefficients numériques publiés dans la *Connaissance des Temps*, valables pour l'intervalle de temps  $t_0, t_0 + DT$  contenant  $t$ ;

- $T_1(x), \dots, T_n(x)$  sont des polynômes de Tchebychev, en  $x$ , que l'on calcule :

– soit par la relation :

$$T_p(x) = \cos(p \arccos x); \quad (8.4.3)$$

– soit par la relation de récurrence :

$$T_{p+1}(x) = 2xT_p(x) - T_{p-1}(x) \quad (8.4.4)$$

avec :  $T_0(x) = 1; \quad T_1(x) = x.$

La précision des approximations en polynômes de Tchebychev données sur le CD-ROM est très grande, bien meilleure que celle des éditions antérieures de la *Connaissance des Temps*. Notons toutefois que la déviation relativiste des rayons lumineux dans le champ gravitationnel du Soleil n'est pas prise en compte dans le calcul des coordonnées apparentes des planètes, les variations angulaires produites par ce phénomène étant difficilement représentables dans une éphéméride Tchebychev. La valeur de cette déviation peut être dans certains cas de l'ordre de la seconde de degré. Nous donnons, dans les tables 8.2 et 8.3, les caractéristiques des approximations en polynômes de Tchebychev avec les précisions de représentation.

## 8.5. PRÉCISION DES ÉPHÉMÉRIDES

Pour juger de la précision globale d'une éphéméride, il faut distinguer plusieurs composantes :

a) *La précision interne* de la théorie. Elle rend compte à la fois de la précision numérique des calculs effectués pour élaborer la théorie et de la perfection du modèle physique introduit, les constantes physiques du problème (constantes d'intégration, masses, etc.) étant supposées parfaitement connues.

b) *La précision externe*. Elle représente essentiellement ce qui, dans l'écart entre la théorie et l'observation, est dû aux erreurs sur les constantes physiques et sur la définition du repère dans

lequel les coordonnées sont mesurées. Cette précision est directement liée à la précision avec laquelle ont été effectuées les observations ayant servi à déterminer les constantes physiques du problème.

c) *La précision de la représentation.* Elle traduit l'écart entre la théorie et son approximation soit en polynômes de Tchebychev (cas des planètes, du Soleil et de la Lune), soit en fonctions mixtes (cas des satellites des planètes). Elle est déterminée par le choix de la représentation.

La précision globale de l'éphéméride est la somme de ces trois composantes. Comme le montre la table 8.2, la précision de représentation est très grande pour le Soleil, la Lune et les planètes. La précision globale est du même ordre que la précision interne dans le cas de la Lune ; elle est du même ordre que la précision externe pour tous les autres corps.

La table 8.4 donne une estimation de la précision globale pour les corps dont on publie les éphémérides.

On trouvera des explications détaillées sur ces différentes précisions dans le volume *Introduction aux Éphémérides Astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997) et dans Standish (1985).

**Table 8.2.** Caractéristiques des représentations en polynômes de Tchebychev données sur le CD-ROM.

| Astre          | Coordonnées                | Nombre de coefficients | Intervalle DT (jours) | Précision de la représentation |
|----------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                | Temps sidéral              | 19                     | 16                    | $1.7 \times 10^{-5}$ s         |
|                | Équation des équinoxes     | 19                     | 16                    | $2 \times 10^{-8}$ s           |
|                | Nutations                  | 19                     | 16                    | $3 \times 10^{-7}$ ''          |
|                | Équation des origines      | 10                     | 5                     | $5 \times 10^{-7}$ ''          |
|                | Coordonnées du CIP         | 10                     | 5                     | $2 \times 10^{-7}$ ''          |
|                | <i>s</i>                   | 10                     | 5                     | $2 \times 10^{-10}$ ''         |
| <b>Soleil</b>  | Longitude                  | 15                     | 16                    | $6 \times 10^{-10}$ degré      |
|                | Latitude                   | 15                     | 16                    | $4 \times 10^{-11}$ degré      |
|                | Rayon vecteur              | 15                     | 16                    | $4 \times 10^{-12}$ ua         |
|                | Ascension droite           | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-6}$ s           |
|                | Déclinaison                | 15                     | 16                    | $7 \times 10^{-6}$ ''          |
|                | Temps de passage           | 15                     | 16                    | $1 \times 10^{-3}$ ''          |
|                | Coordonnées rectangulaires | 15                     | 16                    | $1 \times 10^{-11}$ ua         |
| <b>Lune</b>    | Ascension droite           | 9                      | 2                     | $2 \times 10^{-6}$ s           |
|                | Déclinaison                | 9                      | 2                     | $2 \times 10^{-5}$ ''          |
|                | Distance à la Terre        | 9                      | 2                     | $2 \times 10^{-5}$ km          |
| <b>Mercure</b> | Longitude                  | 15                     | 16                    | $3 \times 10^{-9}$ degré       |
|                | Latitude                   | 15                     | 16                    | $5 \times 10^{-10}$ degré      |
|                | Rayon vecteur              | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-12}$ ua         |
|                | Ascension droite           | 15                     | 16                    | $6 \times 10^{-6}$ s           |
|                | Déclinaison                | 15                     | 16                    | $5 \times 10^{-5}$ ''          |
|                | Distance à la Terre        | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-10}$ ua         |

**Table 8.2.** (fin).

| Astre             | Coordonnées         | Nombre de coefficients | Intervalle DT (jours) | Précision de la représentation |
|-------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| <b>Vénus</b>      | Longitude           | 15                     | 46                    | $7 \times 10^{-10}$ degré      |
|                   | Latitude            | 15                     | 46                    | $3 \times 10^{-11}$ degré      |
|                   | Rayon vecteur       | 15                     | 46                    | $1 \times 10^{-12}$ ua         |
|                   | Ascension droite    | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-6}$ s           |
|                   | Déclinaison         | 15                     | 16                    | $7 \times 10^{-6}$ "           |
|                   | Distance à la Terre | 15                     | 16                    | $8 \times 10^{-12}$ ua         |
| <b>Mars</b>       | Longitude           | 15                     | 46                    | $2 \times 10^{-10}$ degré      |
|                   | Latitude            | 15                     | 46                    | $4 \times 10^{-12}$ degré      |
|                   | Rayon vecteur       | 15                     | 46                    | $1 \times 10^{-12}$ ua         |
|                   | Ascension droite    | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-6}$ s           |
|                   | Déclinaison         | 15                     | 16                    | $7 \times 10^{-6}$ "           |
|                   | Distance à la Terre | 15                     | 16                    | $1 \times 10^{-11}$ ua         |
| <b>Jupiter</b>    | Longitude           | 15                     | 92                    | $2 \times 10^{-9}$ degré       |
|                   | Latitude            | 15                     | 92                    | $1 \times 10^{-11}$ degré      |
|                   | Rayon vecteur       | 15                     | 92                    | $5 \times 10^{-11}$ ua         |
|                   | Ascension droite    | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-6}$ s           |
|                   | Déclinaison         | 15                     | 16                    | $8 \times 10^{-6}$ "           |
|                   | Distance à la Terre | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-11}$ ua         |
| <b>Saturne</b>    | Longitude           | 15                     | 92                    | $2 \times 10^{-8}$ degré       |
|                   | Latitude            | 15                     | 92                    | $2 \times 10^{-10}$ degré      |
|                   | Rayon vecteur       | 15                     | 92                    | $2 \times 10^{-9}$ ua          |
|                   | Ascension droite    | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-6}$ s           |
|                   | Déclinaison         | 15                     | 16                    | $7 \times 10^{-6}$ "           |
|                   | Distance à la Terre | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-10}$ ua         |
| <b>Uranus</b>     | Longitude           | 15                     | 92                    | $3 \times 10^{-8}$ degré       |
|                   | Latitude            | 15                     | 92                    | $5 \times 10^{-10}$ degré      |
|                   | Rayon vecteur       | 15                     | 92                    | $2 \times 10^{-8}$ ua          |
|                   | Ascension droite    | 15                     | 16                    | $3 \times 10^{-6}$ s           |
|                   | Déclinaison         | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-5}$ "           |
|                   | Distance à la Terre | 15                     | 16                    | $6 \times 10^{-9}$ ua          |
| <b>Neptune</b>    | Longitude           | 15                     | 92                    | $2 \times 10^{-7}$ degré       |
|                   | Latitude            | 15                     | 92                    | $6 \times 10^{-10}$ degré      |
|                   | Rayon vecteur       | 15                     | 92                    | $8 \times 10^{-8}$ ua          |
|                   | Ascension droite    | 15                     | 16                    | $2 \times 10^{-5}$ s           |
|                   | Déclinaison         | 15                     | 16                    | $6 \times 10^{-5}$ "           |
|                   | Distance à la Terre | 15                     | 16                    | $3 \times 10^{-8}$ ua          |
| <b>Pluton</b>     | Ascension droite    | 10                     | 31                    | $3 \times 10^{-5}$ s           |
|                   | Déclinaison         | 10                     | 31                    | $8 \times 10^{-5}$ "           |
|                   | Distance à la Terre | 10                     | 31                    | $5 \times 10^{-8}$ ua          |
| <b>Astéroïdes</b> | Ascension droite    | 10                     | 31                    | $4 \times 10^{-4}$ s           |
|                   | Déclinaison         | 10                     | 31                    | $3 \times 10^{-3}$ "           |
|                   | Distance à la Terre | 10                     | 31                    | $5 \times 10^{-8}$ ua          |

**Table 8.3.** Caractéristiques des représentations en polynômes de Tchebychev pour les satellites, données sur le CD-ROM.

| Satellite       | Coordonnées          | Nombre de coefficients | Intervalle DT (jours) | Précision de la représentation |
|-----------------|----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| <b>Phobos</b>   | Tangentielles (X, Y) | 472                    | 16                    | $4.85 \times 10^{-8}$ rad      |
| <b>Déimos</b>   | "                    | 162                    | 16                    | $4.85 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Io</b>       | Tangentielles (X, Y) | 88                     | 16                    | $9.70 \times 10^{-8}$ rad      |
| <b>Europe</b>   | "                    | 24                     | 4                     | $9.70 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Ganymède</b> | "                    | 16                     | 4                     | $9.70 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Callisto</b> | "                    | 11                     | 4                     | $9.70 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Mimas</b>    | Tangentielles (X, Y) | 164                    | 16                    | $9.70 \times 10^{-8}$ rad      |
| <b>Encelade</b> | "                    | 878                    | 184                   | $9.70 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Téthys</b>   | "                    | 224                    | 64                    | $7.27 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Dioné</b>    | "                    | 45                     | 16                    | $7.27 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Rhéea</b>    | "                    | 113                    | 64                    | $7.27 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Titan</b>    | "                    | 79                     | 96                    | $7.27 \times 10^{-8}$ "        |
| <b>Hypérion</b> | "                    | 19                     | 16                    | $1.35 \times 10^{-7}$ "        |
| <b>Japet</b>    | "                    | 103                    | 64                    | $1.35 \times 10^{-7}$ "        |
| <b>Miranda</b>  | Tangentielles (X, Y) | 162                    | 16                    | $4.85 \times 10^{-7}$ rad      |
| <b>Ariel</b>    | "                    | 50                     | 8                     | $4.85 \times 10^{-7}$ "        |
| <b>Umbriel</b>  | "                    | 110                    | 64                    | $4.85 \times 10^{-7}$ "        |
| <b>Titania</b>  | "                    | 160                    | 90                    | $4.85 \times 10^{-7}$ "        |
| <b>Obéron</b>   | "                    | 40                     | 16                    | $9.70 \times 10^{-7}$ "        |

**Table 8.4.** Précision globale chap8.345.tex : des éphémérides de la Connaissance des Temps.

| Astre                           | Précision globale   |
|---------------------------------|---------------------|
| Soleil                          | 0''.05              |
| Lune                            | 0''.03              |
| Mercure                         | 0''.06              |
| Vénus                           | 0''.03              |
| Mars                            | 0''.03              |
| Jupiter                         | 0''.2               |
| Saturne                         | 0''.3               |
| Uranus                          | 0''.6               |
| Neptune                         | 0''.8               |
| Pluton et astéroïdes            | 2''                 |
| Satellites de Mars              | 0''.01              |
| Satellites galiléens de Jupiter | 0''.02              |
| Satellites de Saturne           | de 0''.015 à 0''.03 |
| Satellites d'Uranus             | de 0''.1 à 0''.2    |



## 8.6. BIBLIOGRAPHIE

- Arlot, J.-E. : 1982, New constants for Sampson-Lieske theory of the Galilean satellites of Jupiter, *Astron. Astrophys.* **107**, 305.
- Arlot, J.-E., Lainey, V., Thuillot, W. : 2006, Predictions of the mutual events of the Uranian satellites occurring in 2006-2009 *Astron. Astrophys.* **456**, 1173.
- Bureau des longitudes : 1978, *Connaissance des Temps* pour l'an 1979, Gauthier-Villars d., Paris.
- Bureau des longitudes : 1997, *Introduction aux éphémérides astronomiques (supplément explicatif à la Connaissance des Temps)*. Simon, J.-L., Chapront-Touzé, M., Morando, B., Thuillot, W. ds, EDP Sciences, Les Ulis.
- Duriez, L. , Vienne, A., : 1997, Theory of motion and ephemerides of Hyperion, *Astron. Astrophys.* **324**, 366.
- Fienga, A., Manche, H., Laskar, J., Gastineau, M. : 2008, INPOP06 : a new numerical planetary ephemeris. *Astron. Astrophys.* **477**, 315.
- Lainey, V., Arlot, J.-E., Vienne, A. : 2004, New accurate ephemerides for the Galilean satellites of Jupiter. II. Fitting the observations *Astron. Astrophys.* **427**, 371.
- Lainey, V., Dehant, V., Pätzold, M. : 2007, First numerical ephemerides of the Martian moons *Astron. Astrophys.* **465**, 1075.
- Lainey, V. : 2008, A new dynamical model for the Uranian satellites, *P&SS* **56**, 1766.
- Rocher, P. : 1990, communication privée.
- Sampson, R.A. : 1921, Theory of the four great satellites of Jupiter, *Mem. Roy. Astron. Soc.* **63**.
- Standish, E.M. : 1985, Relativity in Celestial Mechanics and Astrometry, J. Kovalevsky and V.A. Brumberg eds. (Reidel, Dordrecht, Holland), 71.
- Standish, E.M. : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides, DE405/LE405, JPLIOM **312**, **F-98-048**.
- Vienne, A., Duriez, L. : 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.* **297**, 588.

# **ÉPHÉMÉRIDES POUR L'ANNÉE 2013**



## TEMPS SIDÉRAL, NUTATION

|   |       |
|---|-------|
| <b>Temps sidéral</b> $GST$ .....  | II. 4 |
| <b>Nutation en longitude</b> $\Delta\psi$ , <b>nutation en obliquité</b> $\Delta\epsilon$ ..... | II. 4 |

## TEMPS SIDÉRAL 2013 à 0h TU, NUTATION 2013 à 0h TT

### TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

| Date  | temps sidéral |    |          | nut. long. | nut. obl. | Date     | temps sidéral |    |          | nut. long. | nut. obl. |          |          |
|-------|---------------|----|----------|------------|-----------|----------|---------------|----|----------|------------|-----------|----------|----------|
|       | h             | m  | s        | s          | s         |          | h             | m  | s        | s          | s         |          |          |
| Janv. | 0             | 6  | 39       | 18.05299   | 14.63888  | -5.97920 | Févr.         | 15 | 9        | 40         | 39.61271  | 14.84793 | -5.48071 |
|       | 1             | 6  | 43       | 14.60941   | 14.65617  | -5.94224 |               | 16 | 9        | 44         | 36.16421  | 14.78470 | -5.50276 |
|       | 2             | 6  | 47       | 11.16370   | 14.63841  | -5.90999 |               | 17 | 9        | 48         | 32.71769  | 14.75380 | -5.52541 |
|       | 3             | 6  | 51       | 7.71627    | 14.59276  | -5.88888 |               | 18 | 9        | 52         | 29.27296  | 14.75222 | -5.54296 |
|       | 4             | 6  | 55       | 4.26798    | 14.53298  | -5.88386 |               | 19 | 9        | 56         | 25.82960  | 14.77290 | -5.55098 |
|       | 5             | 6  | 59       | 0.81999    | 14.47809  | -5.89718 |               | 20 | 10       | 0          | 22.38698  | 14.80589 | -5.54659 |
|       | 6             | 7  | 2        | 57.37361   | 14.44947  | -5.92724 |               | 21 | 10       | 4          | 18.94441  | 14.83948 | -5.52865 |
|       | 7             | 7  | 6        | 53.93001   | 14.46631  | -5.96805 |               | 22 | 10       | 8          | 15.50110  | 14.86117 | -5.49790 |
|       | 8             | 7  | 10       | 50.48987   | 14.53957  | -6.00957 |               | 23 | 10       | 12         | 12.05634  | 14.85910 | -5.45717 |
|       | 9             | 7  | 14       | 47.05299   | 14.66629  | -6.03982 |               | 24 | 10       | 16         | 8.60956   | 14.82398 | -5.41137 |
|       | 10            | 7  | 18       | 43.61819   | 14.82706  | -6.04850 |               | 25 | 10       | 20         | 5.16048   | 14.75135 | -5.36709 |
|       | 11            | 7  | 22       | 40.18352   | 14.99000  | -6.03105 |               | 26 | 10       | 24         | 1.70927   | 14.64381 | -5.33167 |
|       | 12            | 7  | 26       | 36.74692   | 15.12128  | -5.99092 |               | 27 | 10       | 27         | 58.25658  | 14.51213 | -5.31166 |
|       | 13            | 7  | 30       | 33.30694   | 15.19732  | -5.93832 |               | 28 | 10       | 31         | 54.80352  | 14.37424 | -5.31101 |
| 14    | 7             | 34 | 29.86320 | 15.21209   | -5.88610  | Mars     | 1             | 10 | 35       | 51.35140   | 14.25181  | -5.32958 |          |
| 15    | 7             | 38 | 26.41638 | 15.17622   | -5.84508  | 2        | 10            | 39 | 47.90145 | 14.16486   | -5.36264  |          |          |
| 16    | 7             | 42 | 22.96770 | 15.11018   | -5.82131  | 3        | 10            | 43 | 44.45445 | 14.12609   | -5.40161  |          |          |
| 17    | 7             | 46 | 19.51856 | 15.03642   | -5.81569  | 4        | 10            | 47 | 41.01048 | 14.13687   | -5.43615  |          |          |
| 18    | 7             | 50 | 16.07010 | 14.97383   | -5.82523  | 5        | 10            | 51 | 37.56886 | 14.18613   | -5.45681  |          |          |
| 19    | 7             | 54 | 12.62311 | 14.93526   | -5.84473  | 6        | 10            | 55 | 34.12831 | 14.25276   | -5.45751  |          |          |
| 20    | 7             | 58 | 9.17799  | 14.92720   | -5.86815  | 7        | 10            | 59 | 30.68722 | 14.31075   | -5.43733  |          |          |
| 21    | 8             | 2  | 5.73479  | 14.95053   | -5.88959  | 8        | 11            | 3  | 27.24413 | 14.33595   | -5.40076  |          |          |
| 22    | 8             | 6  | 2.29326  | 15.00136   | -5.90387  | 9        | 11            | 7  | 23.79806 | 14.31246   | -5.35656  |          |          |
| 23    | 8             | 9  | 58.85295 | 15.07198   | -5.90698  | 10       | 11            | 11 | 20.34879 | 14.23673   | -5.31528  |          |          |
| 24    | 8             | 13 | 55.41320 | 15.15167   | -5.89637  | 11       | 11            | 15 | 16.89689 | 14.11787   | -5.28628  |          |          |
| 25    | 8             | 17 | 51.97322 | 15.22779   | -5.87140  | 12       | 11            | 19 | 13.44346 | 13.97412   | -5.27535  |          |          |
| 26    | 8             | 21 | 48.53222 | 15.28726   | -5.83355  | 13       | 11            | 23 | 9.98983  | 13.82701   | -5.28363  |          |          |
| 27    | 8             | 25 | 45.08950 | 15.31851   | -5.78653  | 14       | 11            | 27 | 6.53716  | 13.69561   | -5.30803  |          |          |
| 28    | 8             | 29 | 41.64458 | 15.31381   | -5.73604  | 15       | 11            | 31 | 3.08625  | 13.59280   | -5.34275  |          |          |
| 29    | 8             | 33 | 38.19735 | 15.27140   | -5.68897  | 16       | 11            | 34 | 59.63740 | 13.52395   | -5.38099  |          |          |
| 30    | 8             | 37 | 34.74816 | 15.19683   | -5.65223  | 17       | 11            | 38 | 56.19056 | 13.48776   | -5.41634  |          |          |
| 31    | 8             | 41 | 31.29779 | 15.10297   | -5.63133  | 18       | 11            | 42 | 52.74532 | 13.47782   | -5.44371  |          |          |
| Févr. | 1             | 8  | 45       | 27.84736   | 15.00822  | -5.62894 | 19            | 11 | 46       | 49.30110   | 13.48450  | -5.45968 |          |
|       | 2             | 8  | 49       | 24.39814   | 14.93322  | -5.64392 | 20            | 11 | 50       | 45.85719   | 13.49639  | -5.46268 |          |
|       | 3             | 8  | 53       | 20.95125   | 14.89634  | -5.67107 | 21            | 11 | 54       | 42.41288   | 13.50152  | -5.45295 |          |
|       | 4             | 8  | 57       | 17.50740   | 14.90895  | -5.70176 | 22            | 11 | 58       | 38.96744   | 13.48841  | -5.43261 |          |
|       | 5             | 9  | 1        | 14.06658   | 14.97136  | -5.72558 | 23            | 12 | 2        | 35.52030   | 13.44737  | -5.40564 |          |
|       | 6             | 9  | 5        | 10.62804   | 15.07088  | -5.73291 | 24            | 12 | 6        | 32.07107   | 13.37225  | -5.37777 |          |
|       | 7             | 9  | 9        | 7.19030    | 15.18348  | -5.71782 | 25            | 12 | 10       | 28.61972   | 13.26250  | -5.35598 |          |
|       | 8             | 9  | 13       | 3.75154    | 15.27959  | -5.68033 | 26            | 12 | 14       | 25.16669   | 13.12516  | -5.34738 |          |
| 9     | 9             | 17 | 0.31018  | 15.33306   | -5.62692  | 27       | 12            | 18 | 21.71291 | 12.97557   | -5.35755  |          |          |
| 10    | 9             | 20 | 56.86533 | 15.32960   | -5.56855  | 28       | 12            | 22 | 18.25970 | 12.83543   | -5.38842  |          |          |
| 11    | 9             | 24 | 53.41710 | 15.27073   | -5.51696  | 29       | 12            | 26 | 14.80849 | 12.72774   | -5.43686  |          |          |
| 12    | 9             | 28 | 49.96640 | 15.17161   | -5.48094  | 30       | 12            | 30 | 11.36030 | 12.66957   | -5.49471  |          |          |
| 13    | 9             | 32 | 46.51460 | 15.05439   | -5.46427  | 31       | 12            | 34 | 7.91544  | 12.66580   | -5.55079  |          |          |
| 14    | 9             | 36 | 43.06303 | 14.94097   | -5.46576  | Avril    | 1             | 12 | 38       | 4.47331    | 12.70664  | -5.59429 |          |

## TEMPS SIDÉRAL 2013 à 0h TU, NUTATION 2013 à 0h TT

## TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

| Date  | temps sidéral |    |          | nut. long.<br>s | nut. obl.<br>s | Date     | temps sidéral |    |          | nut. long.<br>s | nut. obl.<br>s |          |          |
|-------|---------------|----|----------|-----------------|----------------|----------|---------------|----|----------|-----------------|----------------|----------|----------|
|       | h             | m  | s        |                 |                |          | h             | m  | s        |                 |                |          |          |
| Avril | 2             | 12 | 42       | 1.03258         | 12.77046       | -5.61801 | Mai           | 18 | 15       | 43              | 22.51124       | 11.65423 | -6.53434 |
|       | 3             | 12 | 45       | 57.59161        | 12.83041       | -5.62038 |               | 19 | 15       | 47              | 19.06309       | 11.59674 | -6.53084 |
|       | 4             | 12 | 49       | 54.14891        | 12.86197       | -5.60539 |               | 20 | 15       | 51              | 15.61363       | 11.51788 | -6.53988 |
|       | 5             | 12 | 53       | 50.70348        | 12.84898       | -5.58115 |               | 21 | 15       | 55              | 12.16377       | 11.43234 | -6.56614 |
|       | 6             | 12 | 57       | 47.25504        | 12.78666       | -5.55746 |               | 22 | 15       | 59              | 8.71475        | 11.36069 | -6.61141 |
|       | 7             | 13 | 1        | 43.80398        | 12.68160       | -5.54332 |               | 23 | 16       | 3               | 5.26799        | 11.32584 | -6.67290 |
|       | 8             | 13 | 5        | 40.35123        | 12.54899       | -5.54501 |               | 24 | 16       | 7               | 1.82462        | 11.34635 | -6.74247 |
|       | 9             | 13 | 9        | 36.89800        | 12.40832       | -5.56494 |               | 25 | 16       | 10              | 58.38499       | 11.42809 | -6.80785 |
|       | 10            | 13 | 13       | 33.44544        | 12.27870       | -5.60160 |               | 26 | 16       | 14              | 54.94834       | 11.55866 | -6.85643 |
|       | 11            | 13 | 17       | 29.99446        | 12.17492       | -5.65036 |               | 27 | 16       | 18              | 51.51293       | 11.70940 | -6.88023 |
|       | 12            | 13 | 21       | 26.54556        | 12.10518       | -5.70488 |               | 28 | 16       | 22              | 48.07662       | 11.84546 | -6.87914 |
| 13    | 13            | 25 | 23.09882 | 12.07063        | -5.75851       | 29       | 16            | 26 | 44.63769 | 11.93865        | -6.86061       |          |          |
| 14    | 13            | 29 | 19.65393 | 12.06639        | -5.80551       | 30       | 16            | 30 | 41.19534 | 11.97599        | -6.83613       |          |          |
| 15    | 13            | 33 | 16.21034 | 12.08336        | -5.84175       | 31       | 16            | 34 | 37.74977 | 11.96069        | -6.81694       |          |          |
| 16    | 13            | 37 | 12.76734 | 12.11010        | -5.86508       | Juin     | 1             | 16 | 38       | 34.30189        | 11.90760       | -6.81106 |          |
| 17    | 13            | 41 | 9.32420  | 12.13450        | -5.87528       |          | 2             | 16 | 42       | 30.85293        | 11.83683       | -6.82209 |          |
| 18    | 13            | 45 | 5.88022  | 12.14512        | -5.87400       |          | 3             | 16 | 46       | 27.40411        | 11.76834       | -6.84963 |          |
| 19    | 13            | 49 | 2.43480  | 12.13226        | -5.86462       |          | 4             | 16 | 50       | 23.95642        | 11.71836       | -6.89018 |          |
| 20    | 13            | 52 | 58.98753 | 12.08917        | -5.85203       |          | 5             | 16 | 54       | 20.51052        | 11.69760       | -6.93838 |          |
| 21    | 13            | 56 | 55.53827 | 12.01352        | -5.84238       |          | 6             | 16 | 58       | 17.06668        | 11.71062       | -6.98809 |          |
| 22    | 14            | 0  | 52.08724 | 11.90901        | -5.84245       |          | 7             | 17 | 2        | 13.62483        | 11.75606       | -7.03337 |          |
| 23    | 14            | 4  | 48.63514 | 11.78685        | -5.85848       |          | 8             | 17 | 6        | 10.18458        | 11.82754       | -7.06929 |          |
| 24    | 14            | 8  | 45.18310 | 11.66576        | -5.89441       |          | 9             | 17 | 10       | 6.74529         | 11.91498       | -7.09250 |          |
| 25    | 14            | 12 | 41.73257 | 11.56927        | -5.94990       |          | 10            | 17 | 14       | 3.30624         | 12.00622       | -7.10160 |          |
| 26    | 14            | 16 | 38.28489 | 11.51940        | -6.01903       |          | 11            | 17 | 17       | 59.86666        | 12.08886       | -7.09727 |          |
| 27    | 14            | 20 | 34.84081 | 11.52839        | -6.09097       | 12       | 17            | 21 | 56.42589 | 12.15192        | -7.08208       |          |          |
| 28    | 14            | 24 | 31.40009 | 11.59224        | -6.15310       | 13       | 17            | 25 | 52.98342 | 12.18736        | -7.06022       |          |          |
| 29    | 14            | 28 | 27.96147 | 11.69055        | -6.19540       | 14       | 17            | 29 | 49.53902 | 12.19114        | -7.03696       |          |          |
| 30    | 14            | 32 | 24.52312 | 11.79336        | -6.21401       | 15       | 17            | 33 | 46.09274 | 12.16414        | -7.01811       |          |          |
| Mai   | 1             | 14 | 36       | 21.08327        | 11.87141       | -6.21207 | 16            | 17 | 37       | 42.64496        | 12.11273       | -7.00934 |          |
|       | 2             | 14 | 40       | 17.64068        | 11.90489       | -6.19791 | 17            | 17 | 41       | 39.19642        | 12.04894       | -7.01527 |          |
|       | 3             | 14 | 44       | 14.19496        | 11.88721       | -6.18191 | 18            | 17 | 45       | 35.74819        | 11.98998       | -7.03845 |          |
|       | 4             | 14 | 48       | 10.74648        | 11.82425       | -6.17354 | 19            | 17 | 49       | 32.30150        | 11.95632       | -7.07806 |          |
|       | 5             | 14 | 52       | 7.29612         | 11.73066       | -6.17939 | 20            | 17 | 53       | 28.85756        | 11.96764       | -7.12892 |          |
|       | 6             | 14 | 56       | 3.84504         | 11.62530       | -6.20233 | 21            | 17 | 57       | 25.41714        | 12.03648       | -7.18139 |          |
|       | 7             | 15 | 0        | 0.39440         | 11.52692       | -6.24156 | 22            | 18 | 1        | 21.98014        | 12.16120       | -7.22325 |          |
|       | 8             | 15 | 3        | 56.94511        | 11.45086       | -6.29335 | 23            | 18 | 5        | 18.54538        | 12.32247       | -7.24358 |          |
|       | 9             | 15 | 7        | 53.49779        | 11.40686       | -6.35203 | 24            | 18 | 9        | 15.11082        | 12.48717       | -7.23743 |          |
|       | 10            | 15 | 11       | 50.05263        | 11.39822       | -6.41122 | 25            | 18 | 13       | 11.67432        | 12.62011       | -7.20840 |          |
|       | 11            | 15 | 15       | 46.60946        | 11.42202       | -6.46494 | 26            | 18 | 17       | 8.23441         | 12.69744       | -7.16712 |          |
| 12    | 15            | 19 | 43.16779 | 11.47041        | -6.50851       | 27       | 18            | 21 | 4.79079  | 12.71397        | -7.12674       |          |          |
| 13    | 15            | 23 | 39.72694 | 11.53234        | -6.53909       | 28       | 18            | 25 | 1.34417  | 12.68150        | -7.09805       |          |          |
| 14    | 15            | 27 | 36.28617 | 11.59543        | -6.55590       | 29       | 18            | 28 | 57.89586 | 12.62136        | -7.08681       |          |          |
| 15    | 15            | 31 | 32.84474 | 11.64774        | -6.56016       | 30       | 18            | 32 | 54.44725 | 12.55634        | -7.09359       |          |          |
| 16    | 15            | 35 | 29.40202 | 11.67909        | -6.55484       | Juill.   | 1             | 18 | 36       | 50.99949        | 12.50529       | -7.11506 |          |
| 17    | 15            | 39 | 25.95759 | 11.68232        | -6.54439       |          | 2             | 18 | 40       | 47.55336        | 12.48064       | -7.14570 |          |

## TEMPS SIDÉRAL 2013 à 0h TU, NUTATION 2013 à 0h TT

## TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

| Date   | temps sidéral |    |           | nut. long. | nut. obl. | Date      | temps sidéral |    |           | nut. long. | nut. obl. |           |           |
|--------|---------------|----|-----------|------------|-----------|-----------|---------------|----|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
|        | h             | m  | s         | s          | s         |           | h             | m  | s         | s          | s         |           |           |
| Juill. | 3             | 18 | 44        | 44.109 18  | 12.488 10 | -7.179 19 | Août          | 18 | 21        | 46         | 5.677 01  | 12.829 52 | -6.791 91 |
|        | 4             | 18 | 48        | 40.666 95  | 12.527 29 | -7.209 46 |               | 19 | 21        | 50         | 2.236 09  | 12.890 29 | -6.746 01 |
|        | 5             | 18 | 52        | 37.226 33  | 12.592 91 | -7.231 43 |               | 20 | 21        | 53         | 58.792 02 | 12.899 47 | -6.689 76 |
|        | 6             | 18 | 56        | 33.786 77  | 12.675 84 | -7.241 42 |               | 21 | 21        | 57         | 55.344 36 | 12.850 02 | -6.635 55 |
|        | 7             | 19 | 0         | 30.347 57  | 12.764 64 | -7.237 58 |               | 22 | 22        | 1          | 51.893 72 | 12.751 92 | -6.594 70 |
|        | 8             | 19 | 4         | 26.907 98  | 12.846 95 | -7.219 98 |               | 23 | 22        | 5          | 48.441 46 | 12.627 08 | -6.573 75 |
|        | 9             | 19 | 8         | 23.467 27  | 12.911 19 | -7.190 71 |               | 24 | 22        | 9          | 44.989 09 | 12.500 61 | -6.573 17 |
|        | 10            | 19 | 12        | 20.024 90  | 12.948 20 | -7.153 60 |               | 25 | 22        | 13         | 41.537 88 | 12.393 01 | -6.588 51 |
|        | 11            | 19 | 16        | 16.580 55  | 12.952 72 | -7.113 79 |               | 26 | 22        | 17         | 38.088 55 | 12.316 25 | -6.612 70 |
|        | 12            | 19 | 20        | 13.134 18  | 12.924 46 | -7.077 06 |               | 27 | 22        | 21         | 34.641 31 | 12.273 53 | -6.638 29 |
|        | 13            | 19 | 24        | 9.686 14   | 12.868 69 | -7.049 11 |               | 28 | 22        | 25         | 31.195 92 | 12.261 11 | -6.658 90 |
|        | 14            | 19 | 28        | 6.237 07   | 12.796 12 | -7.034 56 |               | 29 | 22        | 29         | 27.751 88 | 12.270 73 | -6.669 88 |
| 15     | 19            | 32 | 2.787 91  | 12.722 12  | -7.036 15 | 30        | 22            | 33 | 24.308 52 | 12.291 60  | -6.668 54 |           |           |
| 16     | 19            | 35 | 59.339 78 | 12.664 94  | -7.053 76 | 31        | 22            | 37 | 20.865 13 | 12.311 94  | -6.654 12 |           |           |
| 17     | 19            | 39 | 55.893 80 | 12.642 79  | -7.083 79 | Sept. 1   | 22            | 41 | 17.421 00 | 12.320 18  | -6.627 67 |           |           |
| 18     | 19            | 43 | 52.450 80 | 12.669 52  | -7.118 94 | 2         | 22            | 45 | 13.975 51 | 12.306 12  | -6.591 96 |           |           |
| 19     | 19            | 47 | 49.011 06 | 12.749 45  | -7.149 06 | 3         | 22            | 49 | 10.528 19 | 12.262 12  | -6.551 33 |           |           |
| 20     | 19            | 51 | 45.573 99 | 12.872 94  | -7.163 43 | 4         | 22            | 53 | 7.078 81  | 12.184 62  | -6.511 33 |           |           |
| 21     | 19            | 55 | 42.138 09 | 13.015 72  | -7.154 36 | 5         | 22            | 57 | 3.627 50  | 12.075 43  | -6.478 05 |           |           |
| 22     | 19            | 59 | 38.701 34 | 13.144 62  | -7.120 74 | 6         | 23            | 1  | 0.174 74  | 11.942 58  | -6.457 12 |           |           |
| 23     | 20            | 3  | 35.261 87 | 13.229 01  | -7.069 33 | 7         | 23            | 4  | 56.721 38 | 11.799 87  | -6.452 49 |           |           |
| 24     | 20            | 7  | 31.818 66 | 13.252 34  | -7.012 47 | 8         | 23            | 8  | 53.268 50 | 11.665 06  | -6.465 27 |           |           |
| 25     | 20            | 11 | 28.371 88 | 13.217 31  | -6.963 21 | 9         | 23            | 12 | 49.817 22 | 11.556 33  | -6.492 94 |           |           |
| 26     | 20            | 15 | 24.922 65 | 13.142 09  | -6.930 71 | 10        | 23            | 16 | 46.368 42 | 11.488 11  | -6.529 53 |           |           |
| 27     | 20            | 19 | 21.472 47 | 13.051 47  | -6.918 13 | 11        | 23            | 20 | 42.922 50 | 11.466 96  | -6.566 52 |           |           |
| 28     | 20            | 23 | 18.022 75 | 12.968 26  | -6.923 26 | 12        | 23            | 24 | 39.479 22 | 11.489 02  | -6.594 74 |           |           |
| 29     | 20            | 27 | 14.574 47 | 12.908 47  | -6.940 50 | 13        | 23            | 28 | 36.037 68 | 11.539 68  | -6.606 59 |           |           |
| 30     | 20            | 31 | 11.128 10 | 12.880 03  | -6.962 98 | 14        | 23            | 32 | 32.596 51 | 11.596 24  | -6.598 21 |           |           |
| 31     | 20            | 35 | 7.683 69  | 12.883 68  | -6.984 08 | 15        | 23            | 36 | 29.154 13 | 11.633 10  | -6.570 95 |           |           |
| Août 1 | 20            | 39 | 4.240 96  | 12.914 74  | -6.998 28 | 16        | 23            | 40 | 25.709 23 | 11.628 68  | -6.531 43 |           |           |
| 2      | 20            | 43 | 0.799 38  | 12.964 70  | -7.001 59 | 17        | 23            | 44 | 22.261 12 | 11.571 94  | -6.489 93 |           |           |
| 3      | 20            | 46 | 57.358 30 | 13.022 69  | -6.991 78 | 18        | 23            | 48 | 18.810 00 | 11.465 90  | -6.457 44 |           |           |
| 4      | 20            | 50 | 53.916 97 | 13.076 75  | -6.968 47 | 19        | 23            | 52 | 15.356 84 | 11.326 46  | -6.442 25 |           |           |
| 5      | 20            | 54 | 50.474 69 | 13.115 20  | -6.933 18 | 20        | 23            | 56 | 11.903 05 | 11.176 66  | -6.447 66 |           |           |
| 6      | 20            | 58 | 47.030 85 | 13.128 08  | -6.889 24 | 21        | 0             | 0  | 8.450 01  | 11.039 21  | -6.471 63 |           |           |
| 7      | 21            | 2  | 43.585 03 | 13.108 75  | -6.841 48 | 22        | 0             | 4  | 4.998 73  | 10.930 43  | -6.508 13 |           |           |
| 8      | 21            | 6  | 40.137 13 | 13.055 32  | -6.795 73 | 23        | 0             | 8  | 1.549 64  | 10.857 55  | -6.549 46 |           |           |
| 9      | 21            | 10 | 36.687 38 | 12.971 62  | -6.757 92 | 24        | 0             | 11 | 58.102 67 | 10.819 26  | -6.588 29 |           |           |
| 10     | 21            | 14 | 33.236 37 | 12.867 36  | -6.733 09 | 25        | 0             | 15 | 54.657 35 | 10.808 07  | -6.618 95 |           |           |
| 11     | 21            | 18 | 29.785 00 | 12.757 19  | -6.724 35 | 26        | 0             | 19 | 51.213 02 | 10.813 05  | -6.637 94 |           |           |
| 12     | 21            | 22 | 26.334 34 | 12.658 66  | -6.731 97 | 27        | 0             | 23 | 47.768 94 | 10.822 02  | -6.643 95 |           |           |
| 13     | 21            | 26 | 22.885 46 | 12.589 17  | -6.752 93 | 28        | 0             | 27 | 44.324 38 | 10.823 14  | -6.637 63 |           |           |
| 14     | 21            | 30 | 19.439 18 | 12.562 27  | -6.780 93 | 29        | 0             | 31 | 40.878 70 | 10.806 01  | -6.621 32 |           |           |
| 15     | 21            | 34 | 15.995 87 | 12.583 73  | -6.807 24 | 30        | 0             | 35 | 37.431 40 | 10.762 55  | -6.598 82 |           |           |
| 16     | 21            | 38 | 12.555 19 | 12.648 42  | -6.822 31 | Oct. 1    | 0             | 39 | 33.982 21 | 10.688 05  | -6.575 18 |           |           |
| 17     | 21            | 42 | 9.116 12  | 12.739 21  | -6.818 33 | 2         | 0             | 43 | 30.531 12 | 10.582 37  | -6.556 22 |           |           |

## TEMPS SIDÉRAL 2013 à 0h TU, NUTATION 2013 à 0h TT

## TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

| Date | temps sidéral |    |           | nut. long. | nut. obl. | Date      | temps sidéral |    |           | nut. long. | nut. obl. |           |           |
|------|---------------|----|-----------|------------|-----------|-----------|---------------|----|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
|      | h             | m  | s         | s          | s         |           | h             | m  | s         | s          | s         |           |           |
| Oct. | 3             | 0  | 47        | 27.078 45  | 10.451 05 | -6.547 87 | Nov.          | 18 | 3         | 48         | 48.534 95 | 8.972 35  | -7.681 84 |
|      | 4             | 0  | 51        | 23.624 94  | 10.305 90 | -6.554 99 |               | 19 | 3         | 52         | 45.093 98 | 9.032 22  | -7.726 60 |
|      | 5             | 0  | 55        | 20.171 63  | 10.164 02 | -6.580 07 |               | 20 | 3         | 56         | 41.653 89 | 9.106 39  | -7.758 02 |
|      | 6             | 0  | 59        | 16.719 72  | 10.045 01 | -6.621 95 |               | 21 | 4         | 0          | 38.213 86 | 9.181 62  | -7.775 35 |
|      | 7             | 1  | 3         | 13.270 26  | 9.966 04  | -6.675 32 |               | 22 | 4         | 4          | 34.773 14 | 9.245 68  | -7.779 99 |
|      | 8             | 1  | 7         | 9.823 83   | 9.936 59  | -6.731 53 |               | 23 | 4         | 8          | 31.331 15 | 9.288 81  | -7.775 06 |
|      | 9             | 1  | 11        | 6.380 30   | 9.954 56  | -6.780 64 |               | 24 | 4         | 12         | 27.887 49 | 9.304 72  | -7.764 89 |
|      | 10            | 1  | 15        | 2.938 81   | 10.005 83 | -6.814 20 |               | 25 | 4         | 16         | 24.442 02 | 9.291 09  | -7.754 53 |
|      | 11            | 1  | 18        | 59.497 96  | 10.067 65 | -6.827 76 |               | 26 | 4         | 20         | 20.994 88 | 9.249 99  | -7.749 30 |
|      | 12            | 1  | 22        | 56.056 20  | 10.114 70 | -6.822 09 |               | 27 | 4         | 24         | 17.546 46 | 9.188 22  | -7.754 24 |
|      | 13            | 1  | 26        | 52.612 24  | 10.125 78 | -6.803 00 |               | 28 | 4         | 28         | 14.097 51 | 9.117 58  | -7.773 43 |
|      | 14            | 1  | 30        | 49.165 37  | 10.089 22 | -6.779 67 |               | 29 | 4         | 32         | 10.649 02 | 9.054 44  | -7.808 96 |
| 15   | 1             | 34 | 45.715 62 | 10.005 48  | -6.762 17 | 30        | 4             | 36 | 7.202 16  | 9.018 02   | -7.859 78 |           |           |
| 16   | 1             | 38 | 42.263 71 | 9.886 47   | -6.758 88 | Déc.      | 1             | 4  | 40        | 3.758 04   | 9.026 39  | -7.920 71 |           |
| 17   | 1             | 42 | 38.810 84 | 9.751 81   | -6.774 37 |           | 2             | 4  | 44        | 0.317 33   | 9.090 37  | -7.982 48 |           |
| 18   | 1             | 46 | 35.358 34 | 9.623 23   | -6.808 60 | 3         | 4             | 47 | 56.879 84 | 9.207 20   | -8.033 68 |           |           |
| 19   | 1             | 50 | 31.907 34 | 9.519 02   | -6.857 35 | 4         | 4             | 51 | 53.444 43 | 9.357 93   | -8.064 43 |           |           |
| 20   | 1             | 54 | 28.458 49 | 9.450 11   | -6.913 76 | 5         | 4             | 55 | 50.009 22 | 9.511 89   | -8.070 53 |           |           |
| 21   | 1             | 58 | 25.011 95 | 9.418 80   | -6.970 25 | 6         | 4             | 59 | 46.572 25 | 9.637 25   | -8.055 37 |           |           |
| 22   | 2             | 2  | 21.567 38 | 9.419 82   | -7.020 25 | 7         | 5             | 3  | 43.132 21 | 9.712 37   | -8.028 53 |           |           |
| 23   | 2             | 6  | 18.124 16 | 9.442 86   | -7.059 20 | 8         | 5             | 7  | 39.688 78 | 9.731 91   | -8.001 95 |           |           |
| 24   | 2             | 10 | 14.681 51 | 9.475 30   | -7.084 92 | 9         | 5             | 11 | 36.242 54 | 9.705 68   | -7.985 82 |           |           |
| 25   | 2             | 14 | 11.238 66 | 9.504 49   | -7.097 49 | 10        | 5             | 15 | 32.794 67 | 9.652 88   | -7.986 19 |           |           |
| 26   | 2             | 18 | 7.794 93  | 9.519 28   | -7.098 85 | 11        | 5             | 19 | 29.346 53 | 9.595 38   | -8.004 32 |           |           |
| 27   | 2             | 22 | 4.349 80  | 9.511 04   | -7.092 45 | 12        | 5             | 23 | 25.899 27 | 9.552 45   | -8.037 49 |           |           |
| 28   | 2             | 26 | 0.902 92  | 9.474 40   | -7.082 88 | 13        | 5             | 27 | 22.453 73 | 9.537 58   | -8.080 33 |           |           |
| 29   | 2             | 29 | 57.454 22 | 9.407 93   | -7.075 49 | 14        | 5             | 31 | 19.010 30 | 9.557 23   | -8.126 22 |           |           |
| 30   | 2             | 33 | 54.003 91 | 9.315 02   | -7.075 94 | 15        | 5             | 35 | 15.568 95 | 9.610 91   | -8.168 56 |           |           |
| 31   | 2             | 37 | 50.552 52 | 9.204 64   | -7.089 48 | 16        | 5             | 39 | 12.129 30 | 9.692 20   | -8.201 83 |           |           |
| Nov. | 1             | 2  | 41        | 47.100 97  | 9.091 47  | -7.119 79 | 17            | 5  | 43        | 8.690 68   | 9.790 47  | -8.222 30 |           |
| 2    | 2             | 45 | 43.650 41 | 8.994 59   | -7.167 66 | 18        | 5             | 47 | 5.252 31  | 9.892 93   | -8.228 42 |           |           |
| 3    | 2             | 49 | 40.202 07 | 8.933 81   | -7.229 75 | 19        | 5             | 51 | 1.813 42  | 9.986 78   | -8.220 87 |           |           |
| 4    | 2             | 53 | 36.756 83 | 8.923 82   | -7.298 33 | 20        | 5             | 54 | 58.373 33 | 10.061 11  | -8.202 26 |           |           |
| 5    | 2             | 57 | 33.314 90 | 8.967 98   | -7.362 80 | 21        | 5             | 58 | 54.931 58 | 10.108 25  | -8.176 69 |           |           |
| 6    | 3             | 1  | 29.875 60 | 9.055 11   | -7.412 73 | 22        | 6             | 2  | 51.487 96 | 10.124 72  | -8.149 11 |           |           |
| 7    | 3             | 5  | 26.437 48 | 9.161 58   | -7.441 46 | 23        | 6             | 6  | 48.042 52 | 10.111 52  | -8.124 75 |           |           |
| 8    | 3             | 9  | 22.998 79 | 9.258 70   | -7.448 42 | 24        | 6             | 10 | 44.595 60 | 10.074 23  | -8.108 54 |           |           |
| 9    | 3             | 13 | 19.558 01 | 9.321 71   | -7.439 10 | 25        | 6             | 14 | 41.147 83 | 10.022 84  | -8.104 48 |           |           |
| 10   | 3             | 17 | 16.114 28 | 9.336 63   | -7.422 94 | 26        | 6             | 18 | 37.700 04 | 9.971 22   | -8.115 04 |           |           |
| 11   | 3             | 21 | 12.667 58 | 9.302 75   | -7.410 28 | 27        | 6             | 22 | 34.253 26 | 9.936 09   | -8.140 34 |           |           |
| 12   | 3             | 25 | 9.218 56  | 9.230 99   | -7.409 67 | 28        | 6             | 26 | 30.808 55 | 9.934 82   | -8.177 40 |           |           |
| 13   | 3             | 29 | 5.768 34  | 9.139 68   | -7.426 08 | 29        | 6             | 30 | 27.366 78 | 9.981 50   | -8.219 61 |           |           |
| 14   | 3             | 33 | 2.318 19  | 9.049 50   | -7.460 28 | 30        | 6             | 34 | 23.928 27 | 10.081 57  | -8.257 24 |           |           |
| 15   | 3             | 36 | 58.869 24 | 8.978 81   | -7.509 21 | 31        | 6             | 38 | 20.492 51 | 10.226 53  | -8.279 50 |           |           |
| 16   | 3             | 40 | 55.422 25 | 8.940 24   | -7.567 10 | 32        | 6             | 42 | 17.058 03 | 10.392 48  | -8.278 36 |           |           |
| 17   | 3             | 44 | 51.977 54 | 8.938 89   | -7.626 90 | 33        | 6             | 46 | 13.622 77 | 10.545 84  | -8.252 40 |           |           |





## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE

**Angle de rotation de la Terre  $ERA$ , équation des origines  $O$  ..... II. 10**

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2013 à 0h TU

### ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE, ÉQUATION DES ORIGINES

| Date  | angle de rotation de la Terre |     |          | équation des origines |          | Date     | angle de rotation de la Terre |     |          | équation des origines |          |          |          |
|-------|-------------------------------|-----|----------|-----------------------|----------|----------|-------------------------------|-----|----------|-----------------------|----------|----------|----------|
|       | °                             | '   | "        | '                     | "        |          | °                             | '   | "        | '                     | "        |          |          |
| Janv. | 0                             | 99  | 39       | 17.84186              | -10      | 12.95301 | Févr.                         | 15  | 144      | 59                    | 35.23676 | -10      | 18.95387 |
|       | 1                             | 100 | 38       | 26.04609              | -10      | 13.09513 |                               | 16  | 145      | 58                    | 43.44100 | -10      | 19.02217 |
|       | 2                             | 101 | 37       | 34.25033              | -10      | 13.20510 |                               | 17  | 146      | 57                    | 51.64524 | -10      | 19.12012 |
|       | 3                             | 102 | 36       | 42.45457              | -10      | 13.28948 |                               | 18  | 147      | 56                    | 59.84947 | -10      | 19.24498 |
|       | 4                             | 103 | 35       | 50.65880              | -10      | 13.36092 |                               | 19  | 148      | 56                    | 8.05371  | -10      | 19.39025 |
|       | 5                             | 104 | 34       | 58.86304              | -10      | 13.43685 |                               | 20  | 149      | 55                    | 16.25795 | -10      | 19.54681 |
|       | 6                             | 105 | 34       | 7.06728               | -10      | 13.53691 |                               | 21  | 150      | 54                    | 24.46219 | -10      | 19.70391 |
|       | 7                             | 106 | 33       | 15.27152              | -10      | 13.67868 |                               | 22  | 151      | 53                    | 32.66642 | -10      | 19.85008 |
|       | 8                             | 107 | 32       | 23.47575              | -10      | 13.87222 |                               | 23  | 152      | 52                    | 40.87066 | -10      | 19.97445 |
|       | 9                             | 108 | 31       | 31.67999              | -10      | 14.11481 |                               | 24  | 153      | 51                    | 49.07490 | -10      | 20.06848 |
|       | 10                            | 109 | 30       | 39.88423              | -10      | 14.38861 |                               | 25  | 154      | 50                    | 57.27913 | -10      | 20.12810 |
|       | 11                            | 110 | 29       | 48.08846              | -10      | 14.66439 |                               | 26  | 155      | 50                    | 5.48337  | -10      | 20.15570 |
|       | 12                            | 111 | 28       | 56.29270              | -10      | 14.91109 |                               | 27  | 156      | 49                    | 13.68761 | -10      | 20.16115 |
|       | 13                            | 112 | 28       | 4.49694               | -10      | 15.10710 |                               | 28  | 157      | 48                    | 21.89185 | -10      | 20.16093 |
| 14    | 113                           | 27  | 12.70118 | -10                   | 15.24689 | Mars 1   | 158                           | 47  | 30.09608 | -10                   | 20.17491 |          |          |
| 15    | 114                           | 26  | 20.90541 | -10                   | 15.34024 | 2        | 159                           | 46  | 38.30032 | -10                   | 20.22144 |          |          |
| 16    | 115                           | 25  | 29.10965 | -10                   | 15.40592 | 3        | 160                           | 45  | 46.50456 | -10                   | 20.31220 |          |          |
| 17    | 116                           | 24  | 37.31389 | -10                   | 15.46453 | 4        | 161                           | 44  | 54.70879 | -10                   | 20.44840 |          |          |
| 18    | 117                           | 23  | 45.51812 | -10                   | 15.53340 | 5        | 162                           | 44  | 2.91303  | -10                   | 20.61991 |          |          |
| 19    | 118                           | 22  | 53.72236 | -10                   | 15.62432 | 6        | 163                           | 43  | 11.11727 | -10                   | 20.80733 |          |          |
| 20    | 119                           | 22  | 1.92660  | -10                   | 15.74324 | 7        | 164                           | 42  | 19.32151 | -10                   | 20.98681 |          |          |
| 21    | 120                           | 21  | 10.13083 | -10                   | 15.89095 | 8        | 165                           | 41  | 27.52574 | -10                   | 21.13619 |          |          |
| 22    | 121                           | 20  | 18.33507 | -10                   | 16.06389 | 9        | 166                           | 40  | 35.72998 | -10                   | 21.24088 |          |          |
| 23    | 122                           | 19  | 26.53931 | -10                   | 16.25498 | 10       | 167                           | 39  | 43.93422 | -10                   | 21.29765 |          |          |
| 24    | 123                           | 18  | 34.74355 | -10                   | 16.45438 | 11       | 168                           | 38  | 52.13845 | -10                   | 21.31486 |          |          |
| 25    | 124                           | 17  | 42.94778 | -10                   | 16.65050 | 12       | 169                           | 38  | 0.34269  | -10                   | 21.30924 |          |          |
| 26    | 125                           | 16  | 51.15202 | -10                   | 16.83133 | 13       | 170                           | 37  | 8.54693  | -10                   | 21.30055 |          |          |
| 27    | 126                           | 15  | 59.35626 | -10                   | 16.98627 | 14       | 171                           | 36  | 16.75116 | -10                   | 21.30630 |          |          |
| 28    | 127                           | 15  | 7.56049  | -10                   | 17.10822 | 15       | 172                           | 35  | 24.95540 | -10                   | 21.33827 |          |          |
| 29    | 128                           | 14  | 15.76473 | -10                   | 17.19557 | 16       | 173                           | 34  | 33.15964 | -10                   | 21.40142 |          |          |
| 30    | 129                           | 13  | 23.96897 | -10                   | 17.25341 | 17       | 174                           | 33  | 41.36388 | -10                   | 21.49452 |          |          |
| 31    | 130                           | 12  | 32.17321 | -10                   | 17.29357 | 18       | 175                           | 32  | 49.56811 | -10                   | 21.61170 |          |          |
| Févr. | 1                             | 131 | 11       | 40.37744              | -10      | 17.33293 | 19                            | 176 | 31       | 57.77235              | -10      | 21.74412 |          |
|       | 2                             | 132 | 10       | 48.58168              | -10      | 17.39042 | 20                            | 177 | 31       | 5.97659               | -10      | 21.88132 |          |
|       | 3                             | 133 | 9        | 56.78592              | -10      | 17.48291 | 21                            | 178 | 30       | 14.18082              | -10      | 22.01230 |          |
|       | 4                             | 134 | 9        | 4.99015               | -10      | 17.62080 | 22                            | 179 | 29       | 22.38506              | -10      | 22.12654 |          |
|       | 5                             | 135 | 8        | 13.19439              | -10      | 17.80438 | 23                            | 180 | 28       | 30.58930              | -10      | 22.21515 |          |
|       | 6                             | 136 | 7        | 21.39863              | -10      | 18.02200 | 24                            | 181 | 27       | 38.79354              | -10      | 22.27248 |          |
|       | 7                             | 137 | 6        | 29.60287              | -10      | 18.25158 | 25                            | 182 | 26       | 46.99777              | -10      | 22.29805 |          |
|       | 8                             | 138 | 5        | 37.80710              | -10      | 18.46603 | 26                            | 183 | 25       | 55.20201              | -10      | 22.29832 |          |
|       | 9                             | 139 | 4        | 46.01134              | -10      | 18.64134 | 27                            | 184 | 25       | 3.40625               | -10      | 22.28735 |          |
|       | 10                            | 140 | 3        | 54.21558              | -10      | 18.76441 | 28                            | 185 | 24       | 11.61048              | -10      | 22.28507 |          |
|       | 11                            | 141 | 3        | 2.41981               | -10      | 18.83664 | 29                            | 186 | 23       | 19.81472              | -10      | 22.31258 |          |
|       | 12                            | 142 | 2        | 10.62405              | -10      | 18.87196 | 30                            | 187 | 22       | 28.01896              | -10      | 22.38553 |          |
|       | 13                            | 143 | 1        | 18.82829              | -10      | 18.89070 | 31                            | 188 | 21       | 36.22320              | -10      | 22.50839 |          |
|       | 14                            | 144 | 0        | 27.03253              | -10      | 18.91293 | Avril 1                       | 189 | 20       | 44.42743              | -10      | 22.67217 |          |

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2013 à 0h TU

### ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE, ÉQUATION DES ORIGINES

| Date  | angle de rotation<br>de la Terre |     |          | équation des<br>origines |          | Date     | angle de rotation<br>de la Terre |      |          | équation des<br>origines |          |          |          |          |
|-------|----------------------------------|-----|----------|--------------------------|----------|----------|----------------------------------|------|----------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|
|       | °                                | '   | "        | '                        | "        |          | °                                | '    | "        | '                        | "        |          |          |          |
| Avril | 2                                | 190 | 19       | 52.63167                 | -10      | 22.85703 | Mai                              | 18   | 235      | 40                       | 10.02658 | -10      | 27.64195 |          |
|       | 3                                | 191 | 19       | 0.83591                  | -10      | 23.03831 |                                  | 19   | 236      | 39                       | 18.23081 | -10      | 27.71548 |          |
|       | 4                                | 192 | 18       | 9.04014                  | -10      | 23.19352 |                                  | 20   | 237      | 38                       | 26.43505 | -10      | 27.76939 |          |
|       | 5                                | 193 | 17       | 17.24438                 | -10      | 23.30785 |                                  | 21   | 238      | 37                       | 34.63929 | -10      | 27.81720 |          |
|       | 6                                | 194 | 16       | 25.44862                 | -10      | 23.37693 |                                  | 22   | 239      | 36                       | 42.84353 | -10      | 27.87776 |          |
|       | 7                                | 195 | 15       | 33.65286                 | -10      | 23.40679 |                                  | 23   | 240      | 35                       | 51.04776 | -10      | 27.97211 |          |
|       | 8                                | 196 | 14       | 41.85709                 | -10      | 23.41139 |                                  | 24   | 241      | 34                       | 59.25200 | -10      | 28.11726 |          |
|       | 9                                | 197 | 13       | 50.06133                 | -10      | 23.40861 |                                  | 25   | 242      | 34                       | 7.45624  | -10      | 28.31858 |          |
|       | 10                               | 198 | 12       | 58.26557                 | -10      | 23.41599 |                                  | 26   | 243      | 33                       | 15.66047 | -10      | 28.56469 |          |
|       | 11                               | 199 | 12       | 6.46980                  | -10      | 23.44708 |                                  | 27   | 244      | 32                       | 23.86471 | -10      | 28.82928 |          |
|       | 12                               | 200 | 11       | 14.67404                 | -10      | 23.50941 |                                  | 28   | 245      | 31                       | 32.06895 | -10      | 29.08038 |          |
|       | 13                               | 201 | 10       | 22.87828                 | -10      | 23.60401 |                                  | 29   | 246      | 30                       | 40.27319 | -10      | 29.29214 |          |
|       | 14                               | 202 | 9        | 31.08252                 | -10      | 23.72643 |                                  | 30   | 247      | 29                       | 48.47742 | -10      | 29.45264 |          |
|       | 15                               | 203 | 8        | 39.28675                 | -10      | 23.86829 |                                  | 31   | 248      | 28                       | 56.68166 | -10      | 29.56485 |          |
|       | 16                               | 204 | 7        | 47.49099                 | -10      | 24.01911 |                                  | Juin | 1        | 249                      | 28       | 4.88590  | -10      | 29.64241 |
|       | 17                               | 205 | 6        | 55.69523                 | -10      | 24.16779 |                                  |      | 2        | 250                      | 27       | 13.09013 | -10      | 29.70376 |
| 18    | 206                              | 6   | 3.89946  | -10                      | 24.30380 | 3        | 251                              |      | 26       | 21.29437                 | -10      | 29.76722 |          |          |
| 19    | 207                              | 5   | 12.10370 | -10                      | 24.41826 | 4        | 252                              |      | 25       | 29.49861                 | -10      | 29.84767 |          |          |
| 20    | 208                              | 4   | 20.30794 | -10                      | 24.50500 | 5        | 253                              |      | 24       | 37.70285                 | -10      | 29.95493 |          |          |
| 21    | 209                              | 3   | 28.51218 | -10                      | 24.56184 | 6        | 254                              |      | 23       | 45.90708                 | -10      | 30.09318 |          |          |
| 22    | 210                              | 2   | 36.71641 | -10                      | 24.59223 | 7        | 255                              |      | 22       | 54.11132                 | -10      | 30.26118 |          |          |
| 23    | 211                              | 1   | 44.92065 | -10                      | 24.60642 | 8        | 256                              |      | 22       | 2.31556                  | -10      | 30.45307 |          |          |
| 24    | 212                              | 0   | 53.12489 | -10                      | 24.62162 | 9        | 257                              |      | 21       | 10.51979                 | -10      | 30.65959 |          |          |
| 25    | 213                              | 0   | 1.32912  | -10                      | 24.65940 | 10       | 258                              |      | 20       | 18.72403                 | -10      | 30.86959 |          |          |
| 26    | 213                              | 59  | 9.53336  | -10                      | 24.73997 | 11       | 259                              | 19   | 26.92827 | -10                      | 31.07168 |          |          |          |
| 27    | 214                              | 58  | 17.73760 | -10                      | 24.87454 | 12       | 260                              | 18   | 35.13251 | -10                      | 31.25581 |          |          |          |
| 28    | 215                              | 57  | 25.94184 | -10                      | 25.05945 | 13       | 261                              | 17   | 43.33674 | -10                      | 31.41459 |          |          |          |
| 29    | 216                              | 56  | 34.14607 | -10                      | 25.27595 | 14       | 262                              | 16   | 51.54098 | -10                      | 31.54432 |          |          |          |
| 30    | 217                              | 55  | 42.35031 | -10                      | 25.49655 | 15       | 263                              | 15   | 59.74522 | -10                      | 31.64582 |          |          |          |
| Mai   | 1                                | 218 | 54       | 50.55455                 | -10      | 25.69443 | 16                               | 264  | 15       | 7.94945                  | -10      | 31.72492 |          |          |
|       | 2                                | 219 | 53       | 58.75878                 | -10      | 25.85139 | 17                               | 265  | 14       | 16.15369                 | -10      | 31.79268 |          |          |
|       | 3                                | 220 | 53       | 6.96302                  | -10      | 25.96142 | 18                               | 266  | 13       | 24.35793                 | -10      | 31.86487 |          |          |
|       | 4                                | 221 | 52       | 15.16726                 | -10      | 26.02992 | 19                               | 267  | 12       | 32.56217                 | -10      | 31.96030 |          |          |
|       | 5                                | 222 | 51       | 23.37149                 | -10      | 26.07032 | 20                               | 268  | 11       | 40.76640                 | -10      | 32.09702 |          |          |
|       | 6                                | 223 | 50       | 31.57573                 | -10      | 26.09993 | 21                               | 269  | 10       | 48.97064                 | -10      | 32.28650 |          |          |
|       | 7                                | 224 | 49       | 39.77997                 | -10      | 26.13597 | 22                               | 270  | 9        | 57.17488                 | -10      | 32.52726 |          |          |
|       | 8                                | 225 | 48       | 47.98421                 | -10      | 26.19248 | 23                               | 271  | 9        | 5.37911                  | -10      | 32.80152 |          |          |
|       | 9                                | 226 | 47       | 56.18844                 | -10      | 26.27843 | 24                               | 272  | 8        | 13.58335                 | -10      | 33.07891 |          |          |
|       | 10                               | 227 | 47       | 4.39268                  | -10      | 26.39681 | 25                               | 273  | 7        | 21.78759                 | -10      | 33.32714 |          |          |
|       | 11                               | 228 | 46       | 12.59692                 | -10      | 26.54495 | 26                               | 274  | 6        | 29.99182                 | -10      | 33.52434 |          |          |
|       | 12                               | 229 | 45       | 20.80115                 | -10      | 26.71565 | 27                               | 275  | 5        | 38.19606                 | -10      | 33.66574 |          |          |
|       | 13                               | 230 | 44       | 29.00539                 | -10      | 26.89876 | 28                               | 276  | 4        | 46.40030                 | -10      | 33.76221 |          |          |
|       | 14                               | 231 | 43       | 37.20963                 | -10      | 27.08294 | 29                               | 277  | 3        | 54.60454                 | -10      | 33.83331 |          |          |
|       | 15                               | 232 | 42       | 45.41387                 | -10      | 27.25720 | 30                               | 278  | 3        | 2.80877                  | -10      | 33.89994 |          |          |
|       | 16                               | 233 | 41       | 53.61810                 | -10      | 27.41224 | Juill.                           | 1    | 279      | 2                        | 11.01301 | -10      | 33.97941 |          |
| 17    | 234                              | 41  | 1.82234  | -10                      | 27.54146 | 2        |                                  | 280  | 1        | 19.21725                 | -10      | 34.08310 |          |          |

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2013 à 0h TU

### ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE, ÉQUATION DES ORIGINES

| Date          | angle de rotation de la Terre |     |           | équation des origines |           | Date           | angle de rotation de la Terre |    |           | équation des origines |           |     |           |
|---------------|-------------------------------|-----|-----------|-----------------------|-----------|----------------|-------------------------------|----|-----------|-----------------------|-----------|-----|-----------|
|               | °                             | '   | "         | '                     | "         |                | °                             | '  | "         | '                     | "         |     |           |
| <b>Juill.</b> | 3                             | 281 | 0         | 27.421 48             | -10       | 34.216 25      | <b>Août</b>                   | 18 | 326       | 20                    | 44.816 39 | -10 | 40.338 72 |
|               | 4                             | 281 | 59        | 35.625 72             | -10       | 34.378 52      |                               | 19 | 327       | 19                    | 53.020 63 | -10 | 40.520 74 |
|               | 5                             | 282 | 58        | 43.829 96             | -10       | 34.565 02      |                               | 20 | 328       | 19                    | 1.224 87  | -10 | 40.655 40 |
|               | 6                             | 283 | 57        | 52.034 20             | -10       | 34.767 41      |                               | 21 | 329       | 18                    | 9.429 10  | -10 | 40.736 28 |
|               | 7                             | 284 | 57        | 0.238 43              | -10       | 34.975 17      |                               | 22 | 330       | 17                    | 17.633 34 | -10 | 40.772 53 |
|               | 8                             | 285 | 56        | 8.442 67              | -10       | 35.176 97      |                               | 23 | 331       | 16                    | 25.837 58 | -10 | 40.784 26 |
|               | 9                             | 286 | 55        | 16.646 91             | -10       | 35.362 18      |                               | 24 | 332       | 15                    | 34.041 81 | -10 | 40.794 52 |
|               | 10                            | 287 | 54        | 24.851 14             | -10       | 35.522 40      |                               | 25 | 333       | 14                    | 42.246 05 | -10 | 40.822 10 |
|               | 11                            | 288 | 53        | 33.055 38             | -10       | 35.652 81      |                               | 26 | 334       | 13                    | 50.450 29 | -10 | 40.877 99 |
|               | 12                            | 289 | 52        | 41.259 62             | -10       | 35.753 14      |                               | 27 | 335       | 12                    | 58.654 53 | -10 | 40.965 10 |
|               | 13                            | 290 | 51        | 49.463 86             | -10       | 35.828 24      |                               | 28 | 336       | 12                    | 6.858 76  | -10 | 41.080 01 |
|               | 14                            | 291 | 50        | 57.668 09             | -10       | 35.887 94      |                               | 29 | 337       | 11                    | 15.063 00 | -10 | 41.215 13 |
| 15            | 292                           | 50  | 5.872 33  | -10                   | 35.946 34 | 30             | 338                           | 10 | 23.267 24 | -10                   | 41.360 57 |     |           |
| 16            | 293                           | 49  | 14.076 57 | -10                   | 36.020 18 | 31             | 339                           | 9  | 31.471 47 | -10                   | 41.505 51 |     |           |
| 17            | 294                           | 48  | 22.280 80 | -10                   | 36.126 17 | <b>Sept.</b> 1 | 340                           | 8  | 39.675 71 | -10                   | 41.639 35 |     |           |
| 18            | 295                           | 47  | 30.485 04 | -10                   | 36.277 02 | 2              | 341                           | 7  | 47.879 95 | -10                   | 41.752 71 |     |           |
| 19            | 296                           | 46  | 38.689 28 | -10                   | 36.476 68 | 3              | 342                           | 6  | 56.084 19 | -10                   | 41.838 61 |     |           |
| 20            | 297                           | 45  | 46.893 52 | -10                   | 36.716 30 | 4              | 343                           | 6  | 4.288 42  | -10                   | 41.893 76 |     |           |
| 21            | 298                           | 44  | 55.097 75 | -10                   | 36.973 59 | 5              | 344                           | 5  | 12.492 66 | -10                   | 41.919 85 |     |           |
| 22            | 299                           | 44  | 3.301 99  | -10                   | 37.218 12 | 6              | 345                           | 4  | 20.696 90 | -10                   | 41.924 23 |     |           |
| 23            | 300                           | 43  | 11.506 23 | -10                   | 37.421 79 | 7              | 346                           | 3  | 28.901 13 | -10                   | 41.919 58 |     |           |
| 24            | 301                           | 42  | 19.710 46 | -10                   | 37.569 44 | 8              | 347                           | 2  | 37.105 37 | -10                   | 41.922 18 |     |           |
| 25            | 302                           | 41  | 27.914 70 | -10                   | 37.663 55 | 9              | 348                           | 1  | 45.309 61 | -10                   | 41.948 74 |     |           |
| 26            | 303                           | 40  | 36.118 94 | -10                   | 37.720 80 | 10             | 349                           | 0  | 53.513 85 | -10                   | 42.012 46 |     |           |
| 27            | 304                           | 39  | 44.323 18 | -10                   | 37.763 94 | 11             | 350                           | 0  | 1.718 08  | -10                   | 42.119 38 |     |           |
| 28            | 305                           | 38  | 52.527 41 | -10                   | 37.813 89 | 12             | 350                           | 59 | 9.922 32  | -10                   | 42.265 93 |     |           |
| 29            | 306                           | 38  | 0.731 65  | -10                   | 37.885 34 | 13             | 351                           | 58 | 18.126 56 | -10                   | 42.438 71 |     |           |
| 30            | 307                           | 37  | 8.935 89  | -10                   | 37.985 55 | 14             | 352                           | 57 | 26.330 79 | -10                   | 42.616 88 |     |           |
| 31            | 308                           | 36  | 17.140 12 | -10                   | 38.115 21 | 15             | 353                           | 56 | 34.535 03 | -10                   | 42.776 97 |     |           |
| <b>Août</b> 1 | 309                           | 35  | 25.344 36 | -10                   | 38.270 02 | 16             | 354                           | 55 | 42.739 27 | -10                   | 42.899 17 |     |           |
| 2             | 310                           | 34  | 33.548 60 | -10                   | 38.442 15 | 17             | 355                           | 54 | 50.943 51 | -10                   | 42.973 35 |     |           |
| 3             | 311                           | 33  | 41.752 84 | -10                   | 38.621 64 | 18             | 356                           | 53 | 59.147 74 | -10                   | 43.002 32 |     |           |
| 4             | 312                           | 32  | 49.957 07 | -10                   | 38.797 52 | 19             | 357                           | 53 | 7.351 98  | -10                   | 43.000 65 |     |           |
| 5             | 313                           | 31  | 58.161 31 | -10                   | 38.959 07 | 20             | 358                           | 52 | 15.556 22 | -10                   | 42.989 50 |     |           |
| 6             | 314                           | 31  | 6.365 55  | -10                   | 39.097 16 | 21             | 359                           | 51 | 23.760 45 | -10                   | 42.989 69 |     |           |
| 7             | 315                           | 30  | 14.569 78 | -10                   | 39.205 68 | 22             | 0                             | 50 | 31.964 69 | -10                   | 43.016 19 |     |           |
| 8             | 316                           | 29  | 22.774 02 | -10                   | 39.282 92 | 23             | 1                             | 49 | 40.168 93 | -10                   | 43.075 64 |     |           |
| 9             | 317                           | 28  | 30.978 26 | -10                   | 39.332 40 | 24             | 2                             | 48 | 48.373 17 | -10                   | 43.166 81 |     |           |
| 10            | 318                           | 27  | 39.182 50 | -10                   | 39.363 02 | 25             | 3                             | 47 | 56.577 40 | -10                   | 43.282 85 |     |           |
| 11            | 319                           | 26  | 47.386 73 | -10                   | 39.388 22 | 26             | 4                             | 47 | 4.781 64  | -10                   | 43.413 71 |     |           |
| 12            | 320                           | 25  | 55.590 97 | -10                   | 39.424 12 | 27             | 5                             | 46 | 12.985 88 | -10                   | 43.548 22 |     |           |
| 13            | 321                           | 25  | 3.795 21  | -10                   | 39.486 68 | 28             | 6                             | 45 | 21.190 11 | -10                   | 43.675 53 |     |           |
| 14            | 322                           | 24  | 11.999 44 | -10                   | 39.588 31 | 29             | 7                             | 44 | 29.394 35 | -10                   | 43.786 09 |     |           |
| 15            | 323                           | 23  | 20.203 68 | -10                   | 39.734 32 | 30             | 8                             | 43 | 37.598 59 | -10                   | 43.872 48 |     |           |
| 16            | 324                           | 22  | 28.407 92 | -10                   | 39.919 99 | <b>Oct.</b> 1  | 9                             | 42 | 45.802 83 | -10                   | 43.930 39 |     |           |
| 17            | 325                           | 21  | 36.612 15 | -10                   | 40.129 58 | 2              | 10                            | 41 | 54.007 06 | -10                   | 43.959 69 |     |           |

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2013 à 0h TU

### ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE, ÉQUATION DES ORIGINES

| Date | angle de rotation de la Terre |    |        | équation des origines |     | Date   | angle de rotation de la Terre |      |      | équation des origines |        |        |        |        |        |        |    |
|------|-------------------------------|----|--------|-----------------------|-----|--------|-------------------------------|------|------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
|      | °                             | '  | "      | '                     | "   |        | °                             | '    | "    | '                     | "      |        |        |        |        |        |    |
| Oct. | 3                             | 11 | 41     | 2.211                 | 30  | -10    | 43.965                        | 48   | Nov. | 18                    | 57     | 1      | 19.606 | 21     | -10    | 48.418 | 07 |
|      | 4                             | 12 | 40     | 10.415                | 54  | -10    | 43.958                        | 57   |      | 19                    | 58     | 0      | 27.810 | 44     | -10    | 48.599 | 30 |
|      | 5                             | 13 | 39     | 18.619                | 77  | -10    | 43.954                        | 70   |      | 20                    | 58     | 59     | 36.014 | 68     | -10    | 48.793 | 64 |
|      | 6                             | 14 | 38     | 26.824                | 01  | -10    | 43.971                        | 81   |      | 21                    | 59     | 58     | 44.218 | 92     | -10    | 48.988 | 96 |
|      | 7                             | 15 | 37     | 35.028                | 25  | -10    | 44.025                        | 68   |      | 22                    | 60     | 57     | 52.423 | 16     | -10    | 49.174 | 00 |
|      | 8                             | 16 | 36     | 43.232                | 48  | -10    | 44.124                        | 98   |      | 23                    | 61     | 57     | 0.627  | 39     | -10    | 49.339 | 85 |
|      | 9                             | 17 | 35     | 51.436                | 72  | -10    | 44.267                        | 78   |      | 24                    | 62     | 56     | 8.831  | 63     | -10    | 49.480 | 71 |
|      | 10                            | 18 | 34     | 59.640                | 96  | -10    | 44.441                        | 13   |      | 25                    | 63     | 55     | 17.035 | 87     | -10    | 49.594 | 47 |
|      | 11                            | 19 | 34     | 7.845                 | 20  | -10    | 44.624                        | 14   |      | 26                    | 64     | 54     | 25.240 | 10     | -10    | 49.683 | 03 |
|      | 12                            | 20 | 33     | 16.049                | 43  | -10    | 44.793                        | 57   |      | 27                    | 65     | 53     | 33.444 | 34     | -10    | 49.752 | 63 |
|      | 13                            | 21 | 32     | 24.253                | 67  | -10    | 44.929                        | 99   |      | 28                    | 66     | 52     | 41.648 | 58     | -10    | 49.814 | 10 |
|      | 14                            | 22 | 31     | 32.457                | 91  | -10    | 45.022                        | 69   |      | 29                    | 67     | 51     | 49.852 | 81     | -10    | 49.882 | 47 |
| 15   | 23                            | 30 | 40.662 | 14                    | -10 | 45.072 | 12                            | 30   | 68   | 50                    | 58.057 | 05     | -10    | 49.975 | 37     |        |    |
| 16   | 24                            | 29 | 48.866 | 38                    | -10 | 45.089 | 20                            | Déc. | 1    | 69                    | 50     | 6.261  | 29     | -10    | 50.109 | 37     |    |
| 17   | 25                            | 28 | 57.070 | 62                    | -10 | 45.091 | 93                            |      | 2    | 70                    | 49     | 14.465 | 53     | -10    | 50.294 | 40     |    |
| 18   | 26                            | 28 | 5.274  | 86                    | -10 | 45.100 | 25                            |      | 3    | 71                    | 48     | 22.669 | 76     | -10    | 50.527 | 91     |    |
| 19   | 27                            | 27 | 13.479 | 09                    | -10 | 45.130 | 95                            |      | 4    | 72                    | 47     | 30.874 | 00     | -10    | 50.792 | 51     |    |
| 20   | 28                            | 26 | 21.683 | 33                    | -10 | 45.194 | 04                            |      | 5    | 73                    | 46     | 39.078 | 24     | -10    | 51.060 | 05     |    |
| 21   | 29                            | 25 | 29.887 | 57                    | -10 | 45.291 | 62                            |      | 6    | 74                    | 45     | 47.282 | 47     | -10    | 51.301 | 32     |    |
| 22   | 30                            | 24 | 38.091 | 80                    | -10 | 45.418 | 86                            |      | 7    | 75                    | 44     | 55.486 | 71     | -10    | 51.496 | 50     |    |
| 23   | 31                            | 23 | 46.296 | 04                    | -10 | 45.566 | 30                            | 8    | 76   | 44                    | 3.690  | 95     | -10    | 51.640 | 68     |        |    |
| 24   | 32                            | 22 | 54.500 | 28                    | -10 | 45.722 | 36                            | 9    | 77   | 43                    | 11.895 | 19     | -10    | 51.742 | 87     |        |    |
| 25   | 33                            | 22 | 2.704  | 52                    | -10 | 45.875 | 42                            | 10   | 78   | 42                    | 20.099 | 42     | -10    | 51.820 | 70     |        |    |
| 26   | 34                            | 21 | 10.908 | 75                    | -10 | 46.015 | 26                            | 11   | 79   | 41                    | 28.303 | 66     | -10    | 51.894 | 23     |        |    |
| 27   | 35                            | 20 | 19.112 | 99                    | -10 | 46.133 | 97                            | 12   | 80   | 40                    | 36.507 | 90     | -10    | 51.981 | 15     |        |    |
| 28   | 36                            | 19 | 27.317 | 23                    | -10 | 46.226 | 62                            | 13   | 81   | 39                    | 44.712 | 13     | -10    | 52.093 | 81     |        |    |
| 29   | 37                            | 18 | 35.521 | 46                    | -10 | 46.291 | 90                            | 14   | 82   | 38                    | 52.916 | 37     | -10    | 52.238 | 15     |        |    |
| 30   | 38                            | 17 | 43.725 | 70                    | -10 | 46.332 | 92                            | 15   | 83   | 38                    | 1.120  | 61     | -10    | 52.413 | 71     |        |    |
| 31   | 39                            | 16 | 51.929 | 94                    | -10 | 46.357 | 92                            | 16   | 84   | 37                    | 9.324  | 85     | -10    | 52.614 | 61     |        |    |
| Nov. | 1                             | 40 | 16     | 0.134                 | 18  | -10    | 46.380                        | 38   | 17   | 85                    | 36     | 17.529 | 08     | -10    | 52.831 | 06     |    |
|      | 2                             | 41 | 15     | 8.338                 | 41  | -10    | 46.417                        | 80   | 18   | 86                    | 35     | 25.733 | 32     | -10    | 53.051 | 35     |    |
|      | 3                             | 42 | 14     | 16.542                | 65  | -10    | 46.488                        | 35   | 19   | 87                    | 34     | 33.937 | 56     | -10    | 53.263 | 74     |    |
|      | 4                             | 43 | 13     | 24.746                | 89  | -10    | 46.605                        | 51   | 20   | 88                    | 33     | 42.141 | 79     | -10    | 53.458 | 20     |    |
|      | 5                             | 44 | 12     | 32.951                | 12  | -10    | 46.772                        | 35   | 21   | 89                    | 32     | 50.346 | 03     | -10    | 53.627 | 73     |    |
|      | 6                             | 45 | 11     | 41.155                | 36  | -10    | 46.978                        | 60   | 22   | 90                    | 31     | 58.550 | 27     | -10    | 53.769 | 10     |    |
|      | 7                             | 46 | 10     | 49.359                | 60  | -10    | 47.202                        | 58   | 23   | 91                    | 31     | 6.754  | 51     | -10    | 53.883 | 26     |    |
|      | 8                             | 47 | 9      | 57.563                | 84  | -10    | 47.417                        | 96   | 24   | 92                    | 30     | 14.958 | 74     | -10    | 53.975 | 32     |    |
|      | 9                             | 48 | 9      | 5.768                 | 07  | -10    | 47.602                        | 02   | 25   | 93                    | 29     | 23.162 | 98     | -10    | 54.054 | 45     |    |
|      | 10                            | 49 | 8      | 13.972                | 31  | -10    | 47.741                        | 96   | 26   | 94                    | 28     | 31.367 | 22     | -10    | 54.133 | 38     |    |
|      | 11                            | 50 | 7      | 22.176                | 55  | -10    | 47.837                        | 14   | 27   | 95                    | 27     | 39.571 | 45     | -10    | 54.227 | 45     |    |
| 12   | 51                            | 6  | 30.380 | 78                    | -10 | 47.897 | 56                            | 28   | 96   | 26                    | 47.775 | 69     | -10    | 54.352 | 60     |        |    |
| 13   | 52                            | 5  | 38.585 | 02                    | -10 | 47.940 | 06                            | 29   | 97   | 25                    | 55.979 | 93     | -10    | 54.521 | 76     |        |    |
| 14   | 53                            | 4  | 46.789 | 26                    | -10 | 47.983 | 61                            | 30   | 98   | 25                    | 4.184  | 17     | -10    | 54.739 | 89     |        |    |
| 15   | 54                            | 3  | 54.993 | 50                    | -10 | 48.045 | 06                            | 31   | 99   | 24                    | 12.388 | 40     | -10    | 54.999 | 21     |        |    |
| 16   | 55                            | 3  | 3.197  | 73                    | -10 | 48.135 | 98                            | 32   | 100  | 23                    | 20.592 | 64     | -10    | 55.277 | 76     |        |    |
| 17   | 56                            | 2  | 11.401 | 97                    | -10 | 48.261 | 06                            | 33   | 101  | 22                    | 28.796 | 88     | -10    | 55.544 | 74     |        |    |



## SYSTEMÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE

Coordonnées du CIP X et Y, angle  $s$  ..... II. 16



## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2013 à 0h TT

### COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE $s$

| Date         | X            | Y        | $s$     | Date         | X            | Y        | $s$     |
|--------------|--------------|----------|---------|--------------|--------------|----------|---------|
|              | "            | "        | "       |              | "            | "        | "       |
| <b>Janv.</b> | 0 266.28432  | -6.38497 | 0.00660 | <b>Févr.</b> | 15 268.89274 | -5.89429 | 0.00624 |
|              | 1 266.34617  | -6.34819 | 0.00657 |              | 16 268.92239 | -5.91643 | 0.00625 |
|              | 2 266.39407  | -6.31608 | 0.00655 |              | 17 268.96489 | -5.93921 | 0.00626 |
|              | 3 266.43084  | -6.29508 | 0.00653 |              | 18 269.01908 | -5.95692 | 0.00628 |
|              | 4 266.46194  | -6.29015 | 0.00653 |              | 19 269.08214 | -5.96513 | 0.00628 |
|              | 5 266.49494  | -6.30357 | 0.00654 |              | 20 269.15014 | -5.96095 | 0.00628 |
|              | 6 266.53833  | -6.33377 | 0.00656 |              | 21 269.21842 | -5.94321 | 0.00626 |
|              | 7 266.59977  | -6.37475 | 0.00658 |              | 22 269.28200 | -5.91266 | 0.00624 |
|              | 8 266.68365  | -6.41653 | 0.00661 |              | 23 269.33617 | -5.87209 | 0.00622 |
|              | 9 266.78882  | -6.44709 | 0.00663 |              | 24 269.37720 | -5.82642 | 0.00619 |
|              | 10 266.90760 | -6.45613 | 0.00663 |              | 25 269.40331 | -5.78222 | 0.00616 |
|              | 11 267.02732 | -6.43904 | 0.00662 |              | 26 269.41552 | -5.74683 | 0.00613 |
|              | 12 267.13452 | -6.39922 | 0.00659 |              | 27 269.41807 | -5.72683 | 0.00612 |
|              | 13 267.21979 | -6.34688 | 0.00656 |              | 28 269.41809 | -5.72617 | 0.00612 |
|              | 14 267.28068 | -6.29484 | 0.00652 | <b>Mars</b>  | 1 269.42421  | -5.74477 | 0.00613 |
|              | 15 267.32140 | -6.25394 | 0.00649 |              | 2 269.44439  | -5.77789 | 0.00615 |
|              | 16 267.35007 | -6.23025 | 0.00648 |              | 3 269.48372  | -5.81698 | 0.00618 |
|              | 17 267.37562 | -6.22471 | 0.00647 |              | 4 269.54277  | -5.85170 | 0.00620 |
|              | 18 267.40556 | -6.23435 | 0.00648 |              | 5 269.61716  | -5.87258 | 0.00621 |
|              | 19 267.44502 | -6.25396 | 0.00649 |              | 6 269.69852  | -5.87353 | 0.00621 |
|              | 20 267.49662 | -6.27753 | 0.00651 |              | 7 269.77652  | -5.85358 | 0.00620 |
|              | 21 267.56070 | -6.29917 | 0.00652 |              | 8 269.84151  | -5.81721 | 0.00617 |
|              | 22 267.63574 | -6.31368 | 0.00653 |              | 9 269.88717  | -5.77315 | 0.00614 |
|              | 23 267.71868 | -6.31703 | 0.00653 |              | 10 269.91204 | -5.73194 | 0.00612 |
|              | 24 267.80527 | -6.30669 | 0.00652 |              | 11 269.91972 | -5.70297 | 0.00610 |
|              | 25 267.89048 | -6.28197 | 0.00650 |              | 12 269.91744 | -5.69203 | 0.00609 |
|              | 26 267.96911 | -6.24435 | 0.00648 |              | 13 269.91377 | -5.70030 | 0.00610 |
|              | 27 268.03655 | -6.19754 | 0.00645 |              | 14 269.91631 | -5.72471 | 0.00611 |
|              | 28 268.08969 | -6.14721 | 0.00641 |              | 15 269.93017 | -5.75947 | 0.00613 |
|              | 29 268.12783 | -6.10025 | 0.00638 |              | 16 269.95754 | -5.79779 | 0.00616 |
|              | 30 268.15315 | -6.06359 | 0.00636 |              | 17 269.99791 | -5.83327 | 0.00618 |
|              | 31 268.17074 | -6.04274 | 0.00634 |              | 18 270.04873 | -5.86079 | 0.00620 |
| <b>Févr.</b> | 1 268.18793  | -6.04040 | 0.00634 |              | 19 270.10621 | -5.87693 | 0.00621 |
|              | 2 268.21292  | -6.05546 | 0.00635 |              | 20 270.16579 | -5.88011 | 0.00621 |
|              | 3 268.25304  | -6.08273 | 0.00637 |              | 21 270.22273 | -5.87056 | 0.00620 |
|              | 4 268.31283  | -6.11360 | 0.00639 |              | 22 270.27244 | -5.85037 | 0.00619 |
|              | 5 268.39244  | -6.13766 | 0.00640 |              | 23 270.31107 | -5.82352 | 0.00617 |
|              | 6 268.48687  | -6.14527 | 0.00641 |              | 24 270.33614 | -5.79572 | 0.00615 |
|              | 7 268.58656  | -6.13048 | 0.00639 |              | 25 270.34742 | -5.77396 | 0.00614 |
|              | 8 268.67976  | -6.09327 | 0.00637 |              | 26 270.34769 | -5.76537 | 0.00613 |
|              | 9 268.75606  | -6.04009 | 0.00633 |              | 27 270.34302 | -5.77552 | 0.00614 |
|              | 10 268.80972 | -5.98188 | 0.00629 |              | 28 270.34206 | -5.80639 | 0.00616 |
|              | 11 268.84132 | -5.93039 | 0.00626 |              | 29 270.35395 | -5.85487 | 0.00619 |
|              | 12 268.85687 | -5.89441 | 0.00624 |              | 30 270.38550 | -5.91281 | 0.00623 |
|              | 13 268.86517 | -5.87777 | 0.00623 |              | 31 270.43870 | -5.96906 | 0.00626 |
|              | 14 268.87492 | -5.87929 | 0.00623 | <b>Avril</b> | 1 270.50967  | -6.01277 | 0.00629 |

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2013 à 0h TT

COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE  $s$ 

| Date         | X             | Y         | $s$      | Date          | X             | Y         | $s$      |
|--------------|---------------|-----------|----------|---------------|---------------|-----------|----------|
|              | "             | "         | "        |               | "             | "         | "        |
| <b>Avril</b> | 2 270.589 85  | -6.036 74 | 0.006 31 | <b>Mai</b>    | 18 272.666 90 | -6.959 40 | 0.006 88 |
|              | 3 270.668 55  | -6.039 34 | 0.006 31 |               | 19 272.698 91 | -6.955 99 | 0.006 88 |
|              | 4 270.736 02  | -6.024 56 | 0.006 30 |               | 20 272.722 38 | -6.965 10 | 0.006 88 |
|              | 5 270.785 78  | -6.000 47 | 0.006 28 |               | 21 272.743 14 | -6.991 43 | 0.006 90 |
|              | 6 270.815 94  | -5.976 87 | 0.006 26 |               | 22 272.769 37 | -7.036 78 | 0.006 93 |
|              | 7 270.829 06  | -5.962 77 | 0.006 25 |               | 23 272.810 19 | -7.098 40 | 0.006 97 |
|              | 8 270.831 18  | -5.964 47 | 0.006 25 |               | 24 272.873 00 | -7.168 16 | 0.007 01 |
|              | 9 270.830 03  | -5.984 40 | 0.006 27 |               | 25 272.960 17 | -7.233 80 | 0.007 06 |
|              | 10 270.833 24 | -6.021 06 | 0.006 29 |               | 26 273.066 82 | -7.282 71 | 0.007 09 |
|              | 11 270.846 68 | -6.069 87 | 0.006 32 |               | 27 273.181 56 | -7.306 86 | 0.007 10 |
|              | 12 270.873 64 | -6.124 47 | 0.006 36 |               | 28 273.290 54 | -7.306 11 | 0.007 10 |
|              | 13 270.914 60 | -6.178 22 | 0.006 39 |               | 29 273.382 53 | -7.287 86 | 0.007 09 |
|              | 14 270.967 64 | -6.225 38 | 0.006 42 |               | 30 273.452 32 | -7.263 59 | 0.007 07 |
|              | 15 271.029 14 | -6.261 82 | 0.006 45 |               | 31 273.501 15 | -7.244 55 | 0.007 05 |
|              | 16 271.094 57 | -6.285 34 | 0.006 46 | <b>Juin</b>   | 1 273.534 92  | -7.238 77 | 0.007 05 |
|              | 17 271.159 11 | -6.295 73 | 0.006 47 |               | 2 273.561 61  | -7.249 89 | 0.007 06 |
|              | 18 271.218 20 | -6.294 64 | 0.006 47 |               | 3 273.589 15  | -7.277 51 | 0.007 07 |
|              | 19 271.267 98 | -6.285 40 | 0.006 46 |               | 4 273.624 01  | -7.318 17 | 0.007 10 |
|              | 20 271.305 75 | -6.272 93 | 0.006 45 |               | 5 273.670 47  | -7.366 51 | 0.007 13 |
|              | 21 271.330 55 | -6.263 36 | 0.006 44 |               | 6 273.730 36  | -7.416 40 | 0.007 16 |
|              | 22 271.343 85 | -6.263 47 | 0.006 44 |               | 7 273.803 16  | -7.461 91 | 0.007 19 |
|              | 23 271.350 08 | -6.279 52 | 0.006 45 |               | 8 273.886 34  | -7.498 08 | 0.007 22 |
|              | 24 271.356 68 | -6.315 47 | 0.006 48 |               | 9 273.975 91  | -7.521 56 | 0.007 23 |
|              | 25 271.373 00 | -6.371 01 | 0.006 51 |               | 10 274.067 03 | -7.530 94 | 0.007 23 |
|              | 26 271.407 82 | -6.440 24 | 0.006 56 |               | 11 274.154 77 | -7.526 88 | 0.007 23 |
|              | 27 271.466 04 | -6.512 36 | 0.006 61 |               | 12 274.234 77 | -7.511 94 | 0.007 22 |
|              | 28 271.546 11 | -6.574 73 | 0.006 65 |               | 13 274.303 79 | -7.490 29 | 0.007 20 |
|              | 29 271.639 95 | -6.617 32 | 0.006 67 |               | 14 274.360 23 | -7.467 20 | 0.007 19 |
|              | 30 271.735 64 | -6.636 22 | 0.006 68 |               | 15 274.404 42 | -7.448 49 | 0.007 17 |
| <b>Mai</b>   | 1 271.821 56  | -6.634 54 | 0.006 68 |               | 16 274.438 86 | -7.439 82 | 0.007 17 |
|              | 2 271.889 78  | -6.620 59 | 0.006 67 |               | 17 274.468 33 | -7.445 85 | 0.007 17 |
|              | 3 271.937 66  | -6.604 74 | 0.006 66 |               | 18 274.499 68 | -7.469 13 | 0.007 19 |
|              | 4 271.967 51  | -6.596 46 | 0.006 65 |               | 19 274.541 03 | -7.508 86 | 0.007 21 |
|              | 5 271.985 14  | -6.602 36 | 0.006 66 |               | 20 274.600 24 | -7.559 90 | 0.007 24 |
|              | 6 271.998 03  | -6.625 34 | 0.006 67 |               | 21 274.682 32 | -7.612 63 | 0.007 28 |
|              | 7 272.013 64  | -6.664 62 | 0.006 70 |               | 22 274.786 67 | -7.654 81 | 0.007 30 |
|              | 8 272.038 10  | -6.716 49 | 0.006 73 |               | 23 274.905 60 | -7.675 50 | 0.007 32 |
|              | 9 272.075 29  | -6.775 28 | 0.006 77 |               | 24 275.025 99 | -7.669 73 | 0.007 31 |
|              | 10 272.126 53 | -6.834 63 | 0.006 81 |               | 25 275.133 82 | -7.641 02 | 0.007 29 |
|              | 11 272.190 70 | -6.888 54 | 0.006 84 |               | 26 275.219 56 | -7.600 01 | 0.007 26 |
|              | 12 272.264 68 | -6.932 34 | 0.006 87 |               | 27 275.281 12 | -7.559 82 | 0.007 23 |
|              | 13 272.344 08 | -6.963 16 | 0.006 89 |               | 28 275.323 16 | -7.531 25 | 0.007 21 |
|              | 14 272.423 99 | -6.980 22 | 0.006 90 |               | 29 275.354 14 | -7.520 11 | 0.007 20 |
|              | 15 272.499 64 | -6.984 70 | 0.006 90 |               | 30 275.383 13 | -7.526 98 | 0.007 21 |
|              | 16 272.566 99 | -6.979 59 | 0.006 90 | <b>Juill.</b> | 1 275.417 62  | -7.548 56 | 0.007 22 |
|              | 17 272.623 17 | -6.969 31 | 0.006 89 |               | 2 275.462 59  | -7.579 34 | 0.007 24 |

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2013 à 0h TT

### COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE $s$

| Date          | X             | Y         | s        | Date         | X             | Y         | s        |
|---------------|---------------|-----------|----------|--------------|---------------|-----------|----------|
|               | "             | "         | "        |              | "             | "         | "        |
| <b>Juill.</b> | 3 275.520 31  | -7.613 00 | 0.007 26 | <b>Août</b>  | 18 278.181 04 | -7.233 97 | 0.006 96 |
|               | 4 275.590 67  | -7.643 50 | 0.007 28 |              | 19 278.260 22 | -7.188 33 | 0.006 93 |
|               | 5 275.671 56  | -7.665 71 | 0.007 29 |              | 20 278.318 91 | -7.132 26 | 0.006 89 |
|               | 6 275.759 38  | -7.675 98 | 0.007 30 |              | 21 278.354 27 | -7.078 16 | 0.006 85 |
|               | 7 275.849 57  | -7.672 41 | 0.007 30 |              | 22 278.370 25 | -7.037 36 | 0.006 82 |
|               | 8 275.937 23  | -7.655 09 | 0.007 28 |              | 23 278.375 52 | -7.016 42 | 0.006 81 |
|               | 9 276.017 73  | -7.626 07 | 0.007 26 |              | 24 278.380 09 | -7.015 85 | 0.006 81 |
|               | 10 276.087 43 | -7.589 17 | 0.007 24 |              | 25 278.392 11 | -7.031 23 | 0.006 82 |
|               | 11 276.144 21 | -7.549 53 | 0.007 21 |              | 26 278.416 38 | -7.055 51 | 0.006 83 |
|               | 12 276.187 95 | -7.512 94 | 0.007 18 |              | 27 278.454 17 | -7.081 22 | 0.006 85 |
|               | 13 276.220 72 | -7.485 09 | 0.007 16 |              | 28 278.504 03 | -7.101 97 | 0.006 86 |
|               | 14 276.246 77 | -7.470 63 | 0.007 15 |              | 29 278.562 69 | -7.113 14 | 0.006 87 |
|               | 15 276.272 19 | -7.472 29 | 0.007 15 |              | 30 278.625 85 | -7.112 00 | 0.006 87 |
|               | 16 276.304 26 | -7.490 00 | 0.007 17 |              | 31 278.688 85 | -7.097 78 | 0.006 86 |
|               | 17 276.350 22 | -7.520 17 | 0.007 18 | <b>Sept.</b> | 1 278.747 08  | -7.071 50 | 0.006 84 |
|               | 18 276.415 61 | -7.555 53 | 0.007 21 |              | 2 278.796 46  | -7.035 95 | 0.006 82 |
|               | 19 276.502 17 | -7.585 92 | 0.007 23 |              | 3 278.833 95  | -6.995 43 | 0.006 79 |
|               | 20 276.606 11 | -7.600 61 | 0.007 23 |              | 4 278.858 11  | -6.955 51 | 0.006 76 |
|               | 21 276.717 78 | -7.591 88 | 0.007 23 |              | 5 278.869 66  | -6.922 27 | 0.006 74 |
|               | 22 276.824 02 | -7.558 59 | 0.007 20 |              | 6 278.871 75  | -6.901 35 | 0.006 72 |
|               | 23 276.912 60 | -7.507 45 | 0.007 17 |              | 7 278.869 87  | -6.896 72 | 0.006 72 |
|               | 24 276.976 92 | -7.450 79 | 0.007 13 |              | 8 278.871 08  | -6.909 49 | 0.006 73 |
|               | 25 277.018 00 | -7.401 66 | 0.007 09 |              | 9 278.882 61  | -6.937 21 | 0.006 75 |
|               | 26 277.043 05 | -7.369 24 | 0.007 07 |              | 10 278.910 23 | -6.973 88 | 0.006 77 |
|               | 27 277.061 91 | -7.356 72 | 0.007 06 |              | 11 278.956 57 | -7.011 02 | 0.006 80 |
|               | 28 277.083 67 | -7.361 91 | 0.007 06 |              | 12 279.020 12 | -7.039 43 | 0.006 81 |
|               | 29 277.114 70 | -7.379 25 | 0.007 08 |              | 13 279.095 09 | -7.051 51 | 0.006 82 |
|               | 30 277.158 18 | -7.401 86 | 0.007 09 |              | 14 279.172 48 | -7.043 38 | 0.006 81 |
|               | 31 277.214 43 | -7.423 14 | 0.007 10 |              | 15 279.242 08 | -7.016 34 | 0.006 79 |
| <b>Août</b>   | 1 277.281 61  | -7.437 55 | 0.007 11 |              | 16 279.295 32 | -6.976 98 | 0.006 77 |
|               | 2 277.356 33  | -7.441 09 | 0.007 11 |              | 17 279.327 74 | -6.935 59 | 0.006 74 |
|               | 3 277.434 29  | -7.431 52 | 0.007 11 |              | 18 279.340 53 | -6.903 14 | 0.006 72 |
|               | 4 277.510 72  | -7.408 45 | 0.007 09 |              | 19 279.339 99 | -6.887 94 | 0.006 71 |
|               | 5 277.580 99  | -7.373 38 | 0.007 06 |              | 20 279.335 26 | -6.893 34 | 0.006 71 |
|               | 6 277.641 11  | -7.329 62 | 0.007 03 |              | 21 279.335 38 | -6.917 31 | 0.006 73 |
|               | 7 277.688 44  | -7.282 02 | 0.007 00 |              | 22 279.346 87 | -6.953 85 | 0.006 75 |
|               | 8 277.722 19  | -7.236 37 | 0.006 97 |              | 23 279.372 62 | -6.995 26 | 0.006 78 |
|               | 9 277.743 89  | -7.198 63 | 0.006 94 |              | 24 279.412 13 | -7.034 21 | 0.006 80 |
|               | 10 277.757 36 | -7.173 84 | 0.006 93 |              | 25 279.462 45 | -7.065 03 | 0.006 82 |
|               | 11 277.768 44 | -7.165 13 | 0.006 92 |              | 26 279.519 23 | -7.084 20 | 0.006 84 |
|               | 12 277.784 09 | -7.172 80 | 0.006 93 |              | 27 279.577 65 | -7.090 39 | 0.006 84 |
|               | 13 277.811 25 | -7.193 85 | 0.006 94 |              | 28 279.632 98 | -7.084 25 | 0.006 83 |
|               | 14 277.855 33 | -7.221 99 | 0.006 96 |              | 29 279.681 08 | -7.068 08 | 0.006 82 |
|               | 15 277.918 65 | -7.248 49 | 0.006 97 |              | 30 279.718 73 | -7.045 71 | 0.006 81 |
|               | 16 277.999 19 | -7.263 82 | 0.006 98 | <b>Oct.</b>  | 1 279.744 04  | -7.022 14 | 0.006 79 |
|               | 17 278.090 18 | -7.260 12 | 0.006 98 |              | 2 279.756 93  | -7.003 23 | 0.006 78 |

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2013 à 0h TT

COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE  $s$ 

| Date          | X         | Y        | $s$     | Date           | X         | Y        | $s$     |
|---------------|-----------|----------|---------|----------------|-----------|----------|---------|
|               | "         | "        | "       |                | "         | "        | "       |
| <b>Oct.</b> 3 | 279.75959 | -6.99488 | 0.00677 | <b>Nov.</b> 18 | 281.69168 | -8.13495 | 0.00751 |
| 4             | 279.75670 | -7.00199 | 0.00678 | 19             | 281.77021 | -8.17995 | 0.00754 |
| 5             | 279.75507 | -7.02707 | 0.00679 | 20             | 281.85447 | -8.21164 | 0.00756 |
| 6             | 279.76246 | -7.06898 | 0.00682 | 21             | 281.93920 | -8.22924 | 0.00757 |
| 7             | 279.78576 | -7.12242 | 0.00686 | 22             | 282.01952 | -8.23413 | 0.00757 |
| 8             | 279.82873 | -7.17876 | 0.00689 | 23             | 282.09156 | -8.22943 | 0.00757 |
| 9             | 279.89059 | -7.22806 | 0.00693 | 24             | 282.15278 | -8.21945 | 0.00756 |
| 10            | 279.96574 | -7.26187 | 0.00695 | 25             | 282.20226 | -8.20924 | 0.00755 |
| 11            | 280.04515 | -7.27567 | 0.00696 | 26             | 282.24079 | -8.20413 | 0.00755 |
| 12            | 280.11874 | -7.27023 | 0.00695 | 27             | 282.27107 | -8.20917 | 0.00755 |
| 13            | 280.17807 | -7.25133 | 0.00694 | 28             | 282.29778 | -8.22845 | 0.00756 |
| 14            | 280.21847 | -7.22812 | 0.00692 | 29             | 282.32742 | -8.26407 | 0.00759 |
| 15            | 280.24008 | -7.21070 | 0.00691 | 30             | 282.36764 | -8.31502 | 0.00762 |
| 16            | 280.24762 | -7.20742 | 0.00691 | <b>Déc.</b> 1  | 282.42564 | -8.37613 | 0.00766 |
| 17            | 280.24888 | -7.22292 | 0.00692 | 2              | 282.50575 | -8.43816 | 0.00770 |
| 18            | 280.25250 | -7.25716 | 0.00694 | 3              | 282.60692 | -8.48967 | 0.00774 |
| 19            | 280.26577 | -7.30596 | 0.00697 | 4              | 282.72163 | -8.52079 | 0.00775 |
| 20            | 280.29305 | -7.36245 | 0.00701 | 5              | 282.83771 | -8.52726 | 0.00776 |
| 21            | 280.33528 | -7.41908 | 0.00705 | 6              | 282.94247 | -8.51242 | 0.00774 |
| 22            | 280.39040 | -7.46925 | 0.00708 | 7              | 283.02730 | -8.48586 | 0.00772 |
| 23            | 280.45430 | -7.50840 | 0.00711 | 8              | 283.09002 | -8.45947 | 0.00770 |
| 24            | 280.52199 | -7.53433 | 0.00712 | 9              | 283.13450 | -8.44349 | 0.00769 |
| 25            | 280.58842 | -7.54711 | 0.00713 | 10             | 283.16836 | -8.44396 | 0.00769 |
| 26            | 280.64916 | -7.54866 | 0.00713 | 11             | 283.20030 | -8.46219 | 0.00770 |
| 27            | 280.70077 | -7.54243 | 0.00713 | 12             | 283.23799 | -8.49549 | 0.00773 |
| 28            | 280.74109 | -7.53298 | 0.00712 | 13             | 283.28680 | -8.53849 | 0.00775 |
| 29            | 280.76954 | -7.52568 | 0.00711 | 14             | 283.34933 | -8.58457 | 0.00778 |
| 30            | 280.78745 | -7.52619 | 0.00711 | 15             | 283.42541 | -8.62715 | 0.00781 |
| 31            | 280.79837 | -7.53976 | 0.00712 | 16             | 283.51250 | -8.66070 | 0.00783 |
| <b>Nov.</b> 1 | 280.80813 | -7.57011 | 0.00714 | 17             | 283.60638 | -8.68147 | 0.00785 |
| 2             | 280.82432 | -7.61803 | 0.00717 | 18             | 283.70197 | -8.68789 | 0.00785 |
| 3             | 280.85481 | -7.68021 | 0.00722 | 19             | 283.79419 | -8.68063 | 0.00784 |
| 4             | 280.90549 | -7.74895 | 0.00726 | 20             | 283.87867 | -8.66229 | 0.00783 |
| 5             | 280.97771 | -7.81365 | 0.00731 | 21             | 283.95236 | -8.63695 | 0.00781 |
| 6             | 281.06707 | -7.86386 | 0.00734 | 22             | 284.01386 | -8.60957 | 0.00779 |
| 7             | 281.16419 | -7.89289 | 0.00736 | 23             | 284.06355 | -8.58537 | 0.00777 |
| 8             | 281.25766 | -7.90015 | 0.00736 | 24             | 284.10364 | -8.56929 | 0.00776 |
| 9             | 281.33761 | -7.89108 | 0.00735 | 25             | 284.13807 | -8.56534 | 0.00776 |
| 10            | 281.39846 | -7.87511 | 0.00734 | 26             | 284.17237 | -8.57600 | 0.00776 |
| 11            | 281.43989 | -7.86259 | 0.00733 | 27             | 284.21319 | -8.60143 | 0.00778 |
| 12            | 281.46621 | -7.86206 | 0.00733 | 28             | 284.26742 | -8.63866 | 0.00780 |
| 13            | 281.48471 | -7.87853 | 0.00734 | 29             | 284.34072 | -8.68111 | 0.00783 |
| 14            | 281.50360 | -7.91279 | 0.00736 | 30             | 284.43526 | -8.71904 | 0.00785 |
| 15            | 281.53020 | -7.96180 | 0.00740 | 31             | 284.54771 | -8.74166 | 0.00787 |
| 16            | 281.56954 | -8.01981 | 0.00743 | 32             | 284.66857 | -8.74090 | 0.00786 |
| 17            | 281.62367 | -8.07979 | 0.00747 | 33             | 284.78451 | -8.71531 | 0.00784 |



## SOLEIL

|  |        |
|--|--------|
| <b>Longitude, latitude, rayon vecteur</b> .....                        | II. 22 |
| <b>Ascension droite et déclinaison apparentes, temps de passage</b> .. | II. 26 |
| <b>Coordonnées rectangulaires (X, Y, Z)</b> .....                      | II. 30 |

(1) Temps de passage au méridien des éphémérides (*cf.* § 8.1.3) dans l'échelle TT ou temps de passage au méridien de Greenwich dans l'échelle TU.

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  | longitude    | latitude     | rayon v.     | Date         | longitude    | latitude     | rayon v.     |              |              |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|       | ° ' "        | "            | ua           |              | ° ' "        | "            | ua           |              |              |
| Janv. | 0            | 279 31 49.40 | +5.59        | 0.983 305 00 | Févr.        | 15           | 326 16 59.81 | +3.58        | 0.987 764 71 |
|       | 1            | 280 32 57.37 | +5.55        | 0.983 294 74 |              | 16           | 327 17 35.96 | +3.37        | 0.987 958 41 |
|       | 2            | 281 34 5.60  | +5.53        | 0.983 290 58 |              | 17           | 328 18 10.37 | +3.15        | 0.988 155 27 |
|       | 3            | 282 35 14.10 | +5.54        | 0.983 292 38 |              | 18           | 329 18 43.00 | +2.93        | 0.988 355 48 |
|       | 4            | 283 36 22.87 | +5.58        | 0.983 299 90 |              | 19           | 330 19 13.84 | +2.71        | 0.988 559 19 |
|       | 5            | 284 37 31.90 | +5.65        | 0.983 312 89 |              | 20           | 331 19 42.86 | +2.50        | 0.988 766 59 |
|       | 6            | 285 38 41.16 | +5.73        | 0.983 331 06 |              | 21           | 332 20 10.06 | +2.31        | 0.988 977 82 |
|       | 7            | 286 39 50.63 | +5.83        | 0.983 354 07 |              | 22           | 333 20 35.44 | +2.14        | 0.989 193 01 |
|       | 8            | 287 41 0.26  | +5.93        | 0.983 381 59 |              | 23           | 334 20 59.00 | +1.99        | 0.989 412 30 |
|       | 9            | 288 42 9.97  | +6.03        | 0.983 413 27 |              | 24           | 335 21 20.76 | +1.86        | 0.989 635 80 |
|       | 10           | 289 43 19.68 | +6.12        | 0.983 448 81 |              | 25           | 336 21 40.75 | +1.76        | 0.989 863 57 |
|       | 11           | 290 44 29.27 | +6.19        | 0.983 487 99 |              | 26           | 337 21 59.00 | +1.70        | 0.990 095 66 |
|       | 12           | 291 45 38.64 | +6.24        | 0.983 530 68 |              | 27           | 338 22 15.54 | +1.66        | 0.990 332 04 |
|       | 13           | 292 46 47.65 | +6.25        | 0.983 576 84 |              | 28           | 339 22 30.43 | +1.64        | 0.990 572 63 |
| 14    | 293 47 56.21 | +6.23        | 0.983 626 56 | Mars         | 1            | 340 22 43.71 | +1.65        | 0.990 817 27 |              |
| 15    | 294 49 4.19  | +6.17        | 0.983 680 01 | 2            | 341 22 55.42 | +1.67        | 0.991 065 74 |              |              |
| 16    | 295 50 11.52 | +6.08        | 0.983 737 39 | 3            | 342 23 5.59  | +1.70        | 0.991 317 73 |              |              |
| 17    | 296 51 18.11 | +5.97        | 0.983 798 96 | 4            | 343 23 14.25 | +1.73        | 0.991 572 91 |              |              |
| 18    | 297 52 23.92 | +5.82        | 0.983 864 98 | 5            | 344 23 21.40 | +1.75        | 0.991 830 85 |              |              |
| 19    | 298 53 28.90 | +5.66        | 0.983 935 68 | 6            | 345 23 27.03 | +1.75        | 0.992 091 16 |              |              |
| 20    | 299 54 33.01 | +5.48        | 0.984 011 29 | 7            | 346 23 31.12 | +1.74        | 0.992 353 40 |              |              |
| 21    | 300 55 36.22 | +5.30        | 0.984 092 04 | 8            | 347 23 33.63 | +1.69        | 0.992 617 18 |              |              |
| 22    | 301 56 38.52 | +5.11        | 0.984 178 10 | 9            | 348 23 34.50 | +1.62        | 0.992 882 13 |              |              |
| 23    | 302 57 39.90 | +4.93        | 0.984 269 65 | 10           | 349 23 33.66 | +1.51        | 0.993 147 96 |              |              |
| 24    | 303 58 40.35 | +4.75        | 0.984 366 84 | 11           | 350 23 31.03 | +1.37        | 0.993 414 43 |              |              |
| 25    | 304 59 39.88 | +4.60        | 0.984 469 78 | 12           | 351 23 26.54 | +1.21        | 0.993 681 39 |              |              |
| 26    | 306 0 38.48  | +4.46        | 0.984 578 58 | 13           | 352 23 20.09 | +1.01        | 0.993 948 77 |              |              |
| 27    | 307 1 36.18  | +4.34        | 0.984 693 29 | 14           | 353 23 11.64 | +0.80        | 0.994 216 57 |              |              |
| 28    | 308 2 32.99  | +4.25        | 0.984 813 93 | 15           | 354 23 1.09  | +0.57        | 0.994 484 82 |              |              |
| 29    | 309 3 28.93  | +4.18        | 0.984 940 46 | 16           | 355 22 48.42 | +0.34        | 0.994 753 63 |              |              |
| 30    | 310 4 24.03  | +4.14        | 0.985 072 81 | 17           | 356 22 33.56 | +0.10        | 0.995 023 09 |              |              |
| 31    | 311 5 18.32  | +4.13        | 0.985 210 83 | 18           | 357 22 16.48 | -0.13        | 0.995 293 33 |              |              |
| Févr. | 1            | 312 6 11.80  | +4.15        | 0.985 354 30 | 19           | 358 21 57.16 | -0.36        | 0.995 564 51 |              |
|       | 2            | 313 7 4.50   | +4.18        | 0.985 502 99 | 20           | 359 21 35.58 | -0.56        | 0.995 836 75 |              |
|       | 3            | 314 7 56.41  | +4.23        | 0.985 656 56 | 21           | 0 21 11.74   | -0.75        | 0.996 110 22 |              |
|       | 4            | 315 8 47.52  | +4.28        | 0.985 814 68 | 22           | 1 20 45.62   | -0.91        | 0.996 385 05 |              |
|       | 5            | 316 9 37.82  | +4.33        | 0.985 976 95 | 23           | 2 20 17.24   | -1.05        | 0.996 661 40 |              |
|       | 6            | 317 10 27.26 | +4.38        | 0.986 142 98 | 24           | 3 19 46.61   | -1.16        | 0.996 939 42 |              |
|       | 7            | 318 11 15.77 | +4.41        | 0.986 312 40 | 25           | 4 19 13.77   | -1.24        | 0.997 219 24 |              |
|       | 8            | 319 12 3.29  | +4.41        | 0.986 484 86 | 26           | 5 18 38.76   | -1.29        | 0.997 500 99 |              |
|       | 9            | 320 12 49.72 | +4.39        | 0.986 660 09 | 27           | 6 18 1.61    | -1.31        | 0.997 784 72 |              |
|       | 10           | 321 13 34.96 | +4.33        | 0.986 837 88 | 28           | 7 17 22.41   | -1.30        | 0.998 070 47 |              |
|       | 11           | 322 14 18.90 | +4.24        | 0.987 018 14 | 29           | 8 16 41.21   | -1.28        | 0.998 358 17 |              |
|       | 12           | 323 15 1.44  | +4.11        | 0.987 200 86 | 30           | 9 15 58.08   | -1.25        | 0.998 647 68 |              |
|       | 13           | 324 15 42.49 | +3.96        | 0.987 386 11 | 31           | 10 15 13.10  | -1.22        | 0.998 938 77 |              |
|       | 14           | 325 16 21.97 | +3.78        | 0.987 574 01 | Avril        | 1            | 11 14 26.31  | -1.19        | 0.999 231 11 |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

| Date  | longitude |    |       | latitude | rayon v.     | Date         | longitude |     |       | latitude | rayon v.     |              |              |
|-------|-----------|----|-------|----------|--------------|--------------|-----------|-----|-------|----------|--------------|--------------|--------------|
|       | °         | '  | "     | "        | ua           |              | °         | '   | "     | "        | ua           |              |              |
| Avril | 2         | 12 | 13    | 37.77    | -1.18        | 0.999 524 33 | Mai       | 18  | 57    | 2        | 27.55        | -6.03        | 1.011 472 63 |
|       | 3         | 13 | 12    | 47.50    | -1.19        | 0.999 818 02 |           | 19  | 58    | 0        | 14.36        | -6.05        | 1.011 670 39 |
|       | 4         | 14 | 11    | 55.51    | -1.22        | 1.000 111 73 |           | 20  | 58    | 57       | 59.52        | -6.03        | 1.011 864 94 |
|       | 5         | 15 | 11    | 1.79     | -1.29        | 1.000 405 06 |           | 21  | 59    | 55       | 43.04        | -5.99        | 1.012 056 52 |
|       | 6         | 16 | 10    | 6.32     | -1.38        | 1.000 697 59 |           | 22  | 60    | 53       | 24.97        | -5.92        | 1.012 245 37 |
|       | 7         | 17 | 9     | 9.07     | -1.51        | 1.000 988 98 |           | 23  | 61    | 51       | 5.37         | -5.84        | 1.012 431 74 |
|       | 8         | 18 | 8     | 9.98     | -1.67        | 1.001 278 93 |           | 24  | 62    | 48       | 44.32        | -5.75        | 1.012 615 80 |
|       | 9         | 19 | 7     | 9.02     | -1.85        | 1.001 567 19 |           | 25  | 63    | 46       | 21.92        | -5.65        | 1.012 797 72 |
|       | 10        | 20 | 6     | 6.12     | -2.05        | 1.001 853 61 |           | 26  | 64    | 43       | 58.27        | -5.56        | 1.012 977 52 |
|       | 11        | 21 | 5     | 1.24     | -2.27        | 1.002 138 06 |           | 27  | 65    | 41       | 33.47        | -5.49        | 1.013 155 14 |
|       | 12        | 22 | 3     | 54.32    | -2.50        | 1.002 420 51 |           | 28  | 66    | 39       | 7.63         | -5.44        | 1.013 330 39 |
| 13    | 23        | 2  | 45.31 | -2.73    | 1.002 700 94 | 29           | 67        | 36  | 40.86 | -5.42    | 1.013 502 99 |              |              |
| 14    | 24        | 1  | 34.19 | -2.95    | 1.002 979 39 | 30           | 68        | 34  | 13.21 | -5.43    | 1.013 672 60 |              |              |
| 15    | 25        | 0  | 20.91 | -3.17    | 1.003 255 94 | 31           | 69        | 31  | 44.75 | -5.47    | 1.013 838 82 |              |              |
| 16    | 25        | 59 | 5.45  | -3.37    | 1.003 530 68 | Juin         | 1         | 70  | 29    | 15.52    | -5.54        | 1.014 001 28 |              |
| 17    | 26        | 57 | 47.80 | -3.55    | 1.003 803 73 |              | 2         | 71  | 26    | 45.53    | -5.64        | 1.014 159 61 |              |
| 18    | 27        | 56 | 27.95 | -3.71    | 1.004 075 23 |              | 3         | 72  | 24    | 14.81    | -5.76        | 1.014 313 50 |              |
| 19    | 28        | 55 | 5.89  | -3.84    | 1.004 345 31 |              | 4         | 73  | 21    | 43.34    | -5.90        | 1.014 462 63 |              |
| 20    | 29        | 53 | 41.64 | -3.94    | 1.004 614 16 |              | 5         | 74  | 19    | 11.13    | -6.04        | 1.014 606 77 |              |
| 21    | 30        | 52 | 15.20 | -4.01    | 1.004 881 94 |              | 6         | 75  | 16    | 38.16    | -6.19        | 1.014 745 72 |              |
| 22    | 31        | 50 | 46.61 | -4.05    | 1.005 148 84 | 7            | 76        | 14  | 4.41  | -6.34    | 1.014 879 31 |              |              |
| 23    | 32        | 49 | 15.89 | -4.06    | 1.005 415 04 | 8            | 77        | 11  | 29.87 | -6.49    | 1.015 007 42 |              |              |
| 24    | 33        | 47 | 43.12 | -4.04    | 1.005 680 72 | 9            | 78        | 8   | 54.52 | -6.62    | 1.015 129 98 |              |              |
| 25    | 34        | 46 | 8.34  | -4.00    | 1.005 946 01 | 10           | 79        | 6   | 18.33 | -6.73    | 1.015 246 96 |              |              |
| 26    | 35        | 44 | 31.65 | -3.95    | 1.006 210 98 | 11           | 80        | 3   | 41.30 | -6.82    | 1.015 358 36 |              |              |
| 27    | 36        | 42 | 53.12 | -3.89    | 1.006 475 62 | 12           | 81        | 1   | 3.40  | -6.88    | 1.015 464 24 |              |              |
| 28    | 37        | 41 | 12.87 | -3.84    | 1.006 739 82 | 13           | 81        | 58  | 24.63 | -6.92    | 1.015 564 67 |              |              |
| 29    | 38        | 39 | 30.97 | -3.79    | 1.007 003 35 | 14           | 82        | 55  | 44.97 | -6.93    | 1.015 659 78 |              |              |
| 30    | 39        | 37 | 47.50 | -3.77    | 1.007 265 91 | 15           | 83        | 53  | 4.42  | -6.90    | 1.015 749 72 |              |              |
| Mai   | 1         | 40 | 36    | 2.52     | -3.77        | 1.007 527 12 | 16        | 84  | 50    | 22.98    | -6.85        | 1.015 834 68 |              |
|       | 2         | 41 | 34    | 16.09    | -3.80        | 1.007 786 57 | 17        | 85  | 47    | 40.66    | -6.78        | 1.015 914 88 |              |
|       | 3         | 42 | 32    | 28.22    | -3.86        | 1.008 043 84 | 18        | 86  | 44    | 57.48    | -6.67        | 1.015 990 59 |              |
|       | 4         | 43 | 30    | 38.93    | -3.95        | 1.008 298 52 | 19        | 87  | 42    | 13.48    | -6.55        | 1.016 062 09 |              |
|       | 5         | 44 | 28    | 48.21    | -4.07        | 1.008 550 25 | 20        | 88  | 39    | 28.69    | -6.42        | 1.016 129 67 |              |
|       | 6         | 45 | 26    | 56.04    | -4.22        | 1.008 798 69 | 21        | 89  | 36    | 43.19    | -6.28        | 1.016 193 65 |              |
| 7     | 46        | 25 | 2.41  | -4.39    | 1.009 043 58 | 22           | 90        | 33  | 57.05 | -6.14    | 1.016 254 27 |              |              |
| 8     | 47        | 23 | 7.28  | -4.58    | 1.009 284 69 | 23           | 91        | 31  | 10.37 | -6.02    | 1.016 311 74 |              |              |
| 9     | 48        | 21 | 10.63 | -4.77    | 1.009 521 84 | 24           | 92        | 28  | 23.27 | -5.92    | 1.016 366 16 |              |              |
| 10    | 49        | 19 | 12.41 | -4.97    | 1.009 754 91 | 25           | 93        | 25  | 35.86 | -5.84    | 1.016 417 51 |              |              |
| 11    | 50        | 17 | 12.61 | -5.16    | 1.009 983 83 | 26           | 94        | 22  | 48.26 | -5.79    | 1.016 465 65 |              |              |
| 12    | 51        | 15 | 11.18 | -5.35    | 1.010 208 58 | 27           | 95        | 20  | 0.56  | -5.78    | 1.016 510 35 |              |              |
| 13    | 52        | 13 | 8.12  | -5.52    | 1.010 429 18 | 28           | 96        | 17  | 12.85 | -5.79    | 1.016 551 31 |              |              |
| 14    | 53        | 11 | 3.38  | -5.68    | 1.010 645 66 | 29           | 97        | 14  | 25.18 | -5.84    | 1.016 588 20 |              |              |
| 15    | 54        | 8  | 56.96 | -5.81    | 1.010 858 13 | 30           | 98        | 11  | 37.62 | -5.90    | 1.016 620 70 |              |              |
| 16    | 55        | 6  | 48.85 | -5.91    | 1.011 066 68 | Juill.       | 1         | 99  | 8     | 50.18    | -5.99        | 1.016 648 49 |              |
| 17    | 56        | 4  | 39.05 | -5.99    | 1.011 271 46 |              | 2         | 100 | 6     | 2.88     | -6.08        | 1.016 671 29 |              |



## SOLEIL 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

| Date   | longitude |     |       | latitude | rayon v.   | Date       | longitude |       |       | latitude | rayon v.   |            |            |            |
|--------|-----------|-----|-------|----------|------------|------------|-----------|-------|-------|----------|------------|------------|------------|------------|
|        | °         | '   | "     | "        | ua         |            | °         | '     | "     | "        | ua         |            |            |            |
| Juill. | 3         | 101 | 3     | 15.75    | -6.18      | 1.01668884 | Août      | 18    | 145   | 2        | 17.38      | -3.01      | 1.01223051 |            |
|        | 4         | 102 | 0     | 28.78    | -6.28      | 1.01670094 |           | 19    | 145   | 59       | 59.20      | -2.87      | 1.01203235 |            |
|        | 5         | 102 | 57    | 41.97    | -6.37      | 1.01670739 |           | 20    | 146   | 57       | 42.20      | -2.77      | 1.01183207 |            |
|        | 6         | 103 | 54    | 55.31    | -6.45      | 1.01670806 |           | 21    | 147   | 55       | 26.48      | -2.69      | 1.01162984 |            |
|        | 7         | 104 | 52    | 8.79     | -6.52      | 1.01670283 |           | 22    | 148   | 53       | 12.14      | -2.65      | 1.01142576 |            |
|        | 8         | 105 | 49    | 22.41    | -6.56      | 1.01669164 |           | 23    | 149   | 50       | 59.29      | -2.63      | 1.01121981 |            |
|        | 9         | 106 | 46    | 36.13    | -6.58      | 1.01667444 |           | 24    | 150   | 48       | 48.02      | -2.64      | 1.01101190 |            |
|        | 10        | 107 | 43    | 49.95    | -6.58      | 1.01665125 |           | 25    | 151   | 46       | 38.39      | -2.66      | 1.01080187 |            |
|        | 11        | 108 | 41    | 3.86     | -6.54      | 1.01662211 |           | 26    | 152   | 44       | 30.47      | -2.68      | 1.01058953 |            |
|        | 12        | 109 | 38    | 17.82    | -6.48      | 1.01658712 |           | 27    | 153   | 42       | 24.31      | -2.71      | 1.01037468 |            |
|        | 13        | 110 | 35    | 31.84    | -6.38      | 1.01654641 |           | 28    | 154   | 40       | 19.95      | -2.74      | 1.01015712 |            |
|        | 14        | 111 | 32    | 45.90    | -6.26      | 1.01650017 |           | 29    | 155   | 38       | 17.40      | -2.75      | 1.00993665 |            |
|        | 15        | 112 | 29    | 60.00    | -6.12      | 1.01644860 |           | 30    | 156   | 36       | 16.69      | -2.75      | 1.00971310 |            |
|        | 16        | 113 | 27    | 14.14    | -5.96      | 1.01639199 |           | 31    | 157   | 34       | 17.82      | -2.73      | 1.00948630 |            |
|        | 17        | 114 | 24    | 28.34    | -5.79      | 1.01633062 |           | Sept. | 1     | 158      | 32         | 20.79      | -2.68      | 1.00925610 |
|        | 18        | 115 | 21    | 42.62    | -5.61      | 1.01626485 |           | 2     | 159   | 30       | 25.60      | -2.61      | 1.00902237 |            |
|        | 19        | 116 | 18    | 57.03    | -5.43      | 1.01619501 |           | 3     | 160   | 28       | 32.23      | -2.51      | 1.00878501 |            |
| 20     | 117       | 16  | 11.63 | -5.26    | 1.01612147 | 4          | 161       | 26    | 40.66 | -2.39    | 1.00854392 |            |            |            |
| 21     | 118       | 13  | 26.50 | -5.11    | 1.01604454 | 5          | 162       | 24    | 50.87 | -2.23    | 1.00829907 |            |            |            |
| 22     | 119       | 10  | 41.74 | -4.98    | 1.01596447 | 6          | 163       | 23    | 2.81  | -2.05    | 1.00805043 |            |            |            |
| 23     | 120       | 7   | 57.46 | -4.89    | 1.01588141 | 7          | 164       | 21    | 16.46 | -1.85    | 1.00779805 |            |            |            |
| 24     | 121       | 5   | 13.78 | -4.82    | 1.01579538 | 8          | 165       | 19    | 31.77 | -1.63    | 1.00754203 |            |            |            |
| 25     | 122       | 2   | 30.80 | -4.78    | 1.01570633 | 9          | 166       | 17    | 48.69 | -1.40    | 1.00728254 |            |            |            |
| 26     | 122       | 59  | 48.62 | -4.78    | 1.01561407 | 10         | 167       | 16    | 7.20  | -1.16    | 1.00701981 |            |            |            |
| 27     | 123       | 57  | 7.32  | -4.80    | 1.01551838 | 11         | 168       | 14    | 27.25 | -0.92    | 1.00675412 |            |            |            |
| 28     | 124       | 54  | 26.97 | -4.83    | 1.01541899 | 12         | 169       | 12    | 48.83 | -0.69    | 1.00648584 |            |            |            |
| 29     | 125       | 51  | 47.63 | -4.88    | 1.01531565 | 13         | 170       | 11    | 11.93 | -0.48    | 1.00621534 |            |            |            |
| 30     | 126       | 49  | 9.31  | -4.94    | 1.01520808 | 14         | 171       | 9     | 36.56 | -0.29    | 1.00594304 |            |            |            |
| 31     | 127       | 46  | 32.06 | -4.99    | 1.01509606 | 15         | 172       | 8     | 2.74  | -0.13    | 1.00566937 |            |            |            |
| Août   | 1         | 128 | 43    | 55.89    | -5.04      | 1.01497937 | 16        | 173   | 6     | 30.52    | +0.00      | 1.00539474 |            |            |
| 2      | 129       | 41  | 20.80 | -5.08    | 1.01485783 | 17         | 174       | 4     | 59.95 | +0.10    | 1.00511952 |            |            |            |
| 3      | 130       | 38  | 46.79 | -5.11    | 1.01473126 | 18         | 175       | 3     | 31.10 | +0.16    | 1.00484399 |            |            |            |
| 4      | 131       | 36  | 13.87 | -5.11    | 1.01459955 | 19         | 176       | 2     | 4.06  | +0.19    | 1.00456839 |            |            |            |
| 5      | 132       | 33  | 42.02 | -5.09    | 1.01446259 | 20         | 177       | 0     | 38.91 | +0.20    | 1.00429284 |            |            |            |
| 6      | 133       | 31  | 11.23 | -5.04    | 1.01432029 | 21         | 177       | 59    | 15.73 | +0.20    | 1.00401739 |            |            |            |
| 7      | 134       | 28  | 41.47 | -4.97    | 1.01417263 | 22         | 178       | 57    | 54.60 | +0.18    | 1.00374200 |            |            |            |
| 8      | 135       | 26  | 12.74 | -4.87    | 1.01401961 | 23         | 179       | 56    | 35.57 | +0.16    | 1.00346660 |            |            |            |
| 9      | 136       | 23  | 45.00 | -4.74    | 1.01386128 | 24         | 180       | 55    | 18.70 | +0.14    | 1.00319106 |            |            |            |
| 10     | 137       | 21  | 18.22 | -4.58    | 1.01369773 | 25         | 181       | 54    | 4.03  | +0.12    | 1.00291524 |            |            |            |
| 11     | 138       | 18  | 52.39 | -4.40    | 1.01352913 | 26         | 182       | 52    | 51.58 | +0.13    | 1.00263899 |            |            |            |
| 12     | 139       | 16  | 27.48 | -4.21    | 1.01335568 | 27         | 183       | 51    | 41.39 | +0.15    | 1.00236215 |            |            |            |
| 13     | 140       | 14  | 3.48  | -4.00    | 1.01317764 | 28         | 184       | 50    | 33.45 | +0.19    | 1.00208456 |            |            |            |
| 14     | 141       | 11  | 40.39 | -3.78    | 1.01299530 | 29         | 185       | 49    | 27.78 | +0.26    | 1.00180609 |            |            |            |
| 15     | 142       | 9   | 18.20 | -3.57    | 1.01280904 | 30         | 186       | 48    | 24.37 | +0.36    | 1.00152657 |            |            |            |
| 16     | 143       | 6   | 56.94 | -3.36    | 1.01261922 | Oct.       | 1         | 187   | 47    | 23.20    | +0.49      | 1.00124588 |            |            |
| 17     | 144       | 4   | 36.65 | -3.18    | 1.01242625 | 2          | 188       | 46    | 24.25 | +0.64    | 1.00096388 |            |            |            |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date | longitude |     |       | latitude | rayon v.     | Date         | longitude |     |       | latitude | rayon v.     |              |              |
|------|-----------|-----|-------|----------|--------------|--------------|-----------|-----|-------|----------|--------------|--------------|--------------|
|      | °         | '   | "     | "        | ua           |              | °         | '   | "     | "        | ua           |              |              |
| Oct. | 3         | 189 | 45    | 27.50    | +0.82        | 1.000 680 46 | Nov.      | 18  | 235   | 36       | 44.87        | +5.14        | 0.988 510 13 |
|      | 4         | 190 | 44    | 32.89    | +1.03        | 1.000 395 54 |           | 19  | 236   | 37       | 14.76        | +5.08        | 0.988 301 53 |
|      | 5         | 191 | 43    | 40.39    | +1.25        | 1.000 109 08 |           | 20  | 237   | 37       | 46.25        | +5.04        | 0.988 097 65 |
|      | 6         | 192 | 42    | 49.92    | +1.49        | 0.999 821 10 |           | 21  | 238   | 38       | 19.36        | +5.01        | 0.987 898 44 |
|      | 7         | 193 | 42    | 1.43     | +1.73        | 0.999 531 68 |           | 22  | 239   | 38       | 54.10        | +5.01        | 0.987 703 84 |
|      | 8         | 194 | 41    | 14.85    | +1.97        | 0.999 240 98 |           | 23  | 240   | 39       | 30.50        | +5.03        | 0.987 513 74 |
|      | 9         | 195 | 40    | 30.12    | +2.21        | 0.998 949 24 |           | 24  | 241   | 40       | 8.54         | +5.08        | 0.987 328 01 |
|      | 10        | 196 | 39    | 47.19    | +2.42        | 0.998 656 79 |           | 25  | 242   | 40       | 48.23        | +5.16        | 0.987 146 52 |
|      | 11        | 197 | 39    | 6.01     | +2.62        | 0.998 363 99 |           | 26  | 243   | 41       | 29.56        | +5.26        | 0.986 969 11 |
|      | 12        | 198 | 38    | 26.57    | +2.78        | 0.998 071 25 |           | 27  | 244   | 42       | 12.50        | +5.39        | 0.986 795 58 |
|      | 13        | 199 | 37    | 48.84    | +2.91        | 0.997 779 02 |           | 28  | 245   | 42       | 57.03        | +5.54        | 0.986 625 74 |
|      | 14        | 200 | 37    | 12.85    | +3.01        | 0.997 487 73 |           | 29  | 246   | 43       | 43.11        | +5.70        | 0.986 459 38 |
| 15   | 201       | 36  | 38.60 | +3.07    | 0.997 197 76 | 30           | 247       | 44  | 30.69 | +5.88    | 0.986 296 26 |              |              |
| 16   | 202       | 36  | 6.16  | +3.11    | 0.996 909 49 | Déc.         | 1         | 248 | 45    | 19.69    | +6.06        | 0.986 136 20 |              |
| 17   | 203       | 35  | 35.55 | +3.11    | 0.996 623 21 |              | 2         | 249 | 46    | 10.04    | +6.23        | 0.985 978 99 |              |
| 18   | 204       | 35  | 6.84  | +3.10    | 0.996 339 15 |              | 3         | 250 | 47    | 1.63     | +6.39        | 0.985 824 54 |              |
| 19   | 205       | 34  | 40.09 | +3.07    | 0.996 057 47 |              | 4         | 251 | 47    | 54.37    | +6.53        | 0.985 672 81 |              |
| 20   | 206       | 34  | 15.35 | +3.03    | 0.995 778 26 |              | 5         | 252 | 48    | 48.12    | +6.65        | 0.985 523 89 |              |
| 21   | 207       | 33  | 52.68 | +2.99    | 0.995 501 54 |              | 6         | 253 | 49    | 42.78    | +6.73        | 0.985 377 97 |              |
| 22   | 208       | 33  | 32.12 | +2.96    | 0.995 227 27 |              | 7         | 254 | 50    | 38.26    | +6.77        | 0.985 235 32 |              |
| 23   | 209       | 33  | 13.71 | +2.94    | 0.994 955 39 |              | 8         | 255 | 51    | 34.47    | +6.77        | 0.985 096 29 |              |
| 24   | 210       | 32  | 57.48 | +2.94    | 0.994 685 81 |              | 9         | 256 | 52    | 31.35    | +6.74        | 0.984 961 26 |              |
| 25   | 211       | 32  | 43.44 | +2.96    | 0.994 418 40 |              | 10        | 257 | 53    | 28.86    | +6.69        | 0.984 830 61 |              |
| 26   | 212       | 32  | 31.62 | +3.00    | 0.994 153 04 |              | 11        | 258 | 54    | 26.97    | +6.60        | 0.984 704 70 |              |
| 27   | 213       | 32  | 22.00 | +3.07    | 0.993 889 58 |              | 12        | 259 | 55    | 25.66    | +6.50        | 0.984 583 86 |              |
| 28   | 214       | 32  | 14.60 | +3.17    | 0.993 627 88 | 13           | 260       | 56  | 24.93 | +6.39    | 0.984 468 38 |              |              |
| 29   | 215       | 32  | 9.39  | +3.30    | 0.993 367 78 | 14           | 261       | 57  | 24.79 | +6.27    | 0.984 358 51 |              |              |
| 30   | 216       | 32  | 6.35  | +3.45    | 0.993 109 12 | 15           | 262       | 58  | 25.24 | +6.15    | 0.984 254 42 |              |              |
| 31   | 217       | 32  | 5.46  | +3.63    | 0.992 851 72 | 16           | 263       | 59  | 26.30 | +6.05    | 0.984 156 28 |              |              |
| Nov. | 1         | 218 | 32    | 6.66     | +3.82        | 0.992 595 45 | 17        | 265 | 0     | 27.98    | +5.95        | 0.984 064 18 |              |
|      | 2         | 219 | 32    | 9.91     | +4.04        | 0.992 340 15 | 18        | 266 | 1     | 30.30    | +5.87        | 0.983 978 17 |              |
|      | 3         | 220 | 32    | 15.13    | +4.26        | 0.992 085 74 | 19        | 267 | 2     | 33.28    | +5.82        | 0.983 898 27 |              |
|      | 4         | 221 | 32    | 22.24    | +4.48        | 0.991 832 17 | 20        | 268 | 3     | 36.92    | +5.78        | 0.983 824 44 |              |
|      | 5         | 222 | 32    | 31.15    | +4.70        | 0.991 579 49 | 21        | 269 | 4     | 41.23    | +5.78        | 0.983 756 62 |              |
|      | 6         | 223 | 32    | 41.77    | +4.90        | 0.991 327 83 | 22        | 270 | 5     | 46.22    | +5.79        | 0.983 694 70 |              |
|      | 7         | 224 | 32    | 54.01    | +5.08        | 0.991 077 43 | 23        | 271 | 6     | 51.89    | +5.84        | 0.983 638 56 |              |
|      | 8         | 225 | 33    | 7.80     | +5.22        | 0.990 828 61 | 24        | 272 | 7     | 58.24    | +5.90        | 0.983 588 02 |              |
|      | 9         | 226 | 33    | 23.08    | +5.34        | 0.990 581 73 | 25        | 273 | 9     | 5.24     | +5.99        | 0.983 542 90 |              |
|      | 10        | 227 | 33    | 39.79    | +5.42        | 0.990 337 21 | 26        | 274 | 10    | 12.89    | +6.10        | 0.983 502 98 |              |
|      | 11        | 228 | 33    | 57.92    | +5.46        | 0.990 095 47 | 27        | 275 | 11    | 21.16    | +6.21        | 0.983 467 99 |              |
|      | 12        | 229 | 34    | 17.44    | +5.47        | 0.989 856 92 | 28        | 276 | 12    | 30.00    | +6.33        | 0.983 437 68 |              |
| 13   | 230       | 34  | 38.37 | +5.45    | 0.989 621 93 | 29           | 277       | 13  | 39.37 | +6.45    | 0.983 411 73 |              |              |
| 14   | 231       | 35  | 0.72  | +5.41    | 0.989 390 84 | 30           | 278       | 14  | 49.19 | +6.56    | 0.983 389 87 |              |              |
| 15   | 232       | 35  | 24.51 | +5.35    | 0.989 163 92 | 31           | 279       | 15  | 59.37 | +6.65    | 0.983 371 83 |              |              |
| 16   | 233       | 35  | 49.78 | +5.28    | 0.988 941 40 | 32           | 280       | 17  | 9.81  | +6.71    | 0.983 357 40 |              |              |
| 17   | 234       | 36  | 16.56 | +5.21    | 0.988 723 43 | 33           | 281       | 18  | 20.40 | +6.74    | 0.983 346 46 |              |              |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |     |       | t. passage |    |       | Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | t. passage |       |       |       |       |
|-------|-------------|----|--------|-------------|-----|-------|------------|----|-------|-------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
|       | h           | m  | s      | °           | '   | "     | h          | m  | s     |       | h           | m  | s      | °           | '      | "     | h          | m     | s     |       |       |
| Janv. | 0           | 18 | 42     | 15.467      | -23 | 4     | 50.43      | 12 | 3     | 11.72 | Févr.       | 15 | 21     | 54          | 47.178 | -12   | 41         | 33.16 | 12    | 14    | 6.04  |
|       | 1           | 18 | 46     | 40.428      | -23 | 0     | 9.20       | 12 | 3     | 39.98 |             | 16 | 21     | 58          | 40.567 | -12   | 20         | 51.25 | 12    | 14    | 2.51  |
|       | 2           | 18 | 51     | 5.083       | -22 | 55    | 0.41       | 12 | 4     | 7.93  |             | 17 | 22     | 2           | 33.229 | -11   | 59         | 57.56 | 12    | 13    | 58.25 |
|       | 3           | 18 | 55     | 29.406      | -22 | 49    | 24.18      | 12 | 4     | 35.53 |             | 18 | 22     | 6           | 25.177 | -11   | 38         | 52.50 | 12    | 13    | 53.28 |
|       | 4           | 18 | 59     | 53.369      | -22 | 43    | 20.68      | 12 | 5     | 2.76  |             | 19 | 22     | 10          | 16.423 | -11   | 17         | 36.50 | 12    | 13    | 47.62 |
|       | 5           | 19 | 4      | 16.948      | -22 | 36    | 50.06      | 12 | 5     | 29.59 |             | 20 | 22     | 14          | 6.983  | -10   | 56         | 9.96  | 12    | 13    | 41.28 |
|       | 6           | 19 | 8      | 40.115      | -22 | 29    | 52.52      | 12 | 5     | 55.99 |             | 21 | 22     | 17          | 56.869 | -10   | 34         | 33.29 | 12    | 13    | 34.27 |
|       | 7           | 19 | 13     | 2.845       | -22 | 22    | 28.26      | 12 | 6     | 21.94 |             | 22 | 22     | 21          | 46.097 | -10   | 12         | 46.89 | 12    | 13    | 26.62 |
|       | 8           | 19 | 17     | 25.111      | -22 | 14    | 37.51      | 12 | 6     | 47.41 |             | 23 | 22     | 25          | 34.685 | -9    | 50         | 51.16 | 12    | 13    | 18.33 |
|       | 9           | 19 | 21     | 46.884      | -22 | 6     | 20.51      | 12 | 7     | 12.36 |             | 24 | 22     | 29          | 22.650 | -9    | 28         | 46.51 | 12    | 13    | 9.43  |
|       | 10          | 19 | 26     | 8.135       | -21 | 57    | 37.53      | 12 | 7     | 36.78 |             | 25 | 22     | 33          | 10.010 | -9    | 6          | 33.30 | 12    | 12    | 59.95 |
|       | 11          | 19 | 30     | 28.831      | -21 | 48    | 28.84      | 12 | 8     | 0.63  |             | 26 | 22     | 36          | 56.785 | -8    | 44         | 11.93 | 12    | 12    | 49.89 |
|       | 12          | 19 | 34     | 48.942      | -21 | 38    | 54.72      | 12 | 8     | 23.88 |             | 27 | 22     | 40          | 42.998 | -8    | 21         | 42.76 | 12    | 12    | 39.27 |
|       | 13          | 19 | 39     | 8.439       | -21 | 28    | 55.45      | 12 | 8     | 46.50 |             | 28 | 22     | 44          | 28.670 | -7    | 59         | 6.17  | 12    | 12    | 28.13 |
| 14    | 19          | 43 | 27.294 | -21         | 18  | 31.34 | 12         | 9  | 8.47  | Mars  | 1           | 22 | 48     | 13.825      | -7     | 36    | 22.54      | 12    | 12    | 16.49 |       |
| 15    | 19          | 47 | 45.483 | -21         | 7   | 42.68 | 12         | 9  | 29.77 | 2     | 22          | 51 | 58.486 | -7          | 13     | 32.23 | 12         | 12    | 4.36  |       |       |
| 16    | 19          | 52 | 2.986  | -20         | 56  | 29.77 | 12         | 9  | 50.37 | 3     | 22          | 55 | 42.675 | -6          | 50     | 35.62 | 12         | 11    | 51.76 |       |       |
| 17    | 19          | 56 | 19.784 | -20         | 44  | 52.92 | 12         | 10 | 10.26 | 4     | 22          | 59 | 26.414 | -6          | 27     | 33.10 | 12         | 11    | 38.72 |       |       |
| 18    | 20          | 0  | 35.860 | -20         | 32  | 52.48 | 12         | 10 | 29.41 | 5     | 23          | 3  | 9.722  | -6          | 4      | 25.06 | 12         | 11    | 25.26 |       |       |
| 19    | 20          | 4  | 51.200 | -20         | 20  | 28.76 | 12         | 10 | 47.82 | 6     | 23          | 6  | 52.618 | -5          | 41     | 11.91 | 12         | 11    | 11.40 |       |       |
| 20    | 20          | 9  | 5.789  | -20         | 7   | 42.12 | 12         | 11 | 5.48  | 7     | 23          | 10 | 35.119 | -5          | 17     | 54.04 | 12         | 10    | 57.15 |       |       |
| 21    | 20          | 13 | 19.616 | -19         | 54  | 32.88 | 12         | 11 | 22.36 | 8     | 23          | 14 | 17.241 | -4          | 54     | 31.88 | 12         | 10    | 42.53 |       |       |
| 22    | 20          | 17 | 32.670 | -19         | 41  | 1.42  | 12         | 11 | 38.46 | 9     | 23          | 17 | 59.000 | -4          | 31     | 5.82  | 12         | 10    | 27.56 |       |       |
| 23    | 20          | 21 | 44.940 | -19         | 27  | 8.07  | 12         | 11 | 53.77 | 10    | 23          | 21 | 40.413 | -4          | 7      | 36.27 | 12         | 10    | 12.26 |       |       |
| 24    | 20          | 25 | 56.419 | -19         | 12  | 53.21 | 12         | 12 | 8.29  | 11    | 23          | 25 | 21.495 | -3          | 44     | 3.63  | 12         | 9     | 56.64 |       |       |
| 25    | 20          | 30 | 7.100  | -18         | 58  | 17.20 | 12         | 12 | 22.00 | 12    | 23          | 29 | 2.264  | -3          | 20     | 28.29 | 12         | 9     | 40.71 |       |       |
| 26    | 20          | 34 | 16.977 | -18         | 43  | 20.39 | 12         | 12 | 34.91 | 13    | 23          | 32 | 42.737 | -2          | 56     | 50.66 | 12         | 9     | 24.50 |       |       |
| 27    | 20          | 38 | 26.047 | -18         | 28  | 3.16  | 12         | 12 | 47.01 | 14    | 23          | 36 | 22.932 | -2          | 33     | 11.11 | 12         | 9     | 8.01  |       |       |
| 28    | 20          | 42 | 34.307 | -18         | 12  | 25.88 | 12         | 12 | 58.31 | 15    | 23          | 40 | 2.867  | -2          | 9      | 30.04 | 12         | 8     | 51.28 |       |       |
| 29    | 20          | 46 | 41.756 | -17         | 56  | 28.91 | 12         | 13 | 8.80  | 16    | 23          | 43 | 42.558 | -1          | 45     | 47.83 | 12         | 8     | 34.30 |       |       |
| 30    | 20          | 50 | 48.396 | -17         | 40  | 12.62 | 12         | 13 | 18.48 | 17    | 23          | 47 | 22.025 | -1          | 22     | 4.85  | 12         | 8     | 17.11 |       |       |
| 31    | 20          | 54 | 54.229 | -17         | 23  | 37.39 | 12         | 13 | 27.35 | 18    | 23          | 51 | 1.285  | -0          | 58     | 21.49 | 12         | 7     | 59.72 |       |       |
| Févr. | 1           | 20 | 58     | 59.259      | -17 | 6     | 43.60      | 12 | 13    | 35.42 | 19          | 23 | 54     | 40.358      | -0     | 34    | 38.12      | 12    | 7     | 42.16 |       |
|       | 2           | 21 | 3      | 3.489       | -16 | 49    | 31.63      | 12 | 13    | 42.70 | 20          | 23 | 58     | 19.262      | -0     | 10    | 55.10      | 12    | 7     | 24.43 |       |
|       | 3           | 21 | 7      | 6.925       | -16 | 32    | 1.89       | 12 | 13    | 49.18 | 21          | 0  | 1      | 58.017      | 0      | 12    | 47.20      | 12    | 7     | 6.57  |       |
|       | 4           | 21 | 11     | 9.571       | -16 | 14    | 14.77      | 12 | 13    | 54.86 | 22          | 0  | 5      | 36.642      | 0      | 36    | 28.41      | 12    | 6     | 48.58 |       |
|       | 5           | 21 | 15     | 11.430      | -15 | 56    | 10.70      | 12 | 13    | 59.76 | 23          | 0  | 9      | 15.158      | 1      | 0     | 8.19       | 12    | 6     | 30.50 |       |
|       | 6           | 21 | 19     | 12.504      | -15 | 37    | 50.10      | 12 | 14    | 3.88  | 24          | 0  | 12     | 53.587      | 1      | 23    | 46.18      | 12    | 6     | 12.35 |       |
|       | 7           | 21 | 23     | 12.796      | -15 | 19    | 13.42      | 12 | 14    | 7.21  | 25          | 0  | 16     | 31.950      | 1      | 47    | 22.03      | 12    | 5     | 54.15 |       |
|       | 8           | 21 | 27     | 12.305      | -15 | 0     | 21.08      | 12 | 14    | 9.76  | 26          | 0  | 20     | 10.271      | 2      | 10    | 55.42      | 12    | 5     | 35.91 |       |
|       | 9           | 21 | 31     | 11.032      | -14 | 41    | 13.53      | 12 | 14    | 11.53 | 27          | 0  | 23     | 48.574      | 2      | 34    | 26.00      | 12    | 5     | 17.67 |       |
|       | 10          | 21 | 35     | 8.979       | -14 | 21    | 51.21      | 12 | 14    | 12.53 | 28          | 0  | 27     | 26.885      | 2      | 57    | 53.45      | 12    | 4     | 59.45 |       |
|       | 11          | 21 | 39     | 6.149       | -14 | 2     | 14.55      | 12 | 14    | 12.75 | 29          | 0  | 31     | 5.230       | 3      | 21    | 17.46      | 12    | 4     | 41.28 |       |
|       | 12          | 21 | 43     | 2.546       | -13 | 42    | 23.99      | 12 | 14    | 12.21 | 30          | 0  | 34     | 43.633      | 3      | 44    | 37.70      | 12    | 4     | 23.17 |       |
|       | 13          | 21 | 46     | 58.178      | -13 | 22    | 19.96      | 12 | 14    | 10.90 | 31          | 0  | 38     | 22.119      | 4      | 7     | 53.83      | 12    | 4     | 5.15  |       |
|       | 14          | 21 | 50     | 53.052      | -13 | 2     | 2.87       | 12 | 14    | 8.85  | Avril       | 1  | 0      | 42          | 0.710  | 4     | 31         | 5.53  | 12    | 3     | 47.25 |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | t. passage |    |       | Date   | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | t. passage |       |       |       |       |
|-------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|------------|----|-------|--------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
|       | h           | m  | s      | °           | '  | "     | h          | m  | s     |        | h           | m  | s      | °           | '      | "     | h          | m     | s     |       |       |
| Avril | 2           | 0  | 45     | 39.428      | 4  | 54    | 12.44      | 12 | 3     | 29.49  | Mai         | 18 | 3      | 39          | 46.114 | 19    | 32         | 10.65 | 11    | 56    | 24.80 |
|       | 3           | 0  | 49     | 18.291      | 5  | 17    | 14.22      | 12 | 3     | 11.87  |             | 19 | 3      | 43          | 45.198 | 19    | 45         | 12.86 | 11    | 56    | 27.59 |
|       | 4           | 0  | 52     | 57.318      | 5  | 40    | 10.49      | 12 | 2     | 54.44  |             | 20 | 3      | 47          | 44.809 | 19    | 57         | 54.83 | 11    | 56    | 30.91 |
|       | 5           | 0  | 56     | 36.526      | 6  | 3     | 0.91       | 12 | 2     | 37.19  |             | 21 | 3      | 51          | 44.941 | 20    | 10         | 16.32 | 11    | 56    | 34.75 |
|       | 6           | 1  | 0      | 15.932      | 6  | 25    | 45.10      | 12 | 2     | 20.16  |             | 22 | 3      | 55          | 45.589 | 20    | 22         | 17.07 | 11    | 56    | 39.10 |
|       | 7           | 1  | 3      | 55.551      | 6  | 48    | 22.72      | 12 | 2     | 3.34   |             | 23 | 3      | 59          | 46.750 | 20    | 33         | 56.86 | 11    | 56    | 43.96 |
|       | 8           | 1  | 7      | 35.401      | 7  | 10    | 53.39      | 12 | 1     | 46.77  |             | 24 | 4      | 3           | 48.419 | 20    | 45         | 15.47 | 11    | 56    | 49.33 |
|       | 9           | 1  | 11     | 15.496      | 7  | 33    | 16.77      | 12 | 1     | 30.45  |             | 25 | 4      | 7           | 50.591 | 20    | 56         | 12.67 | 11    | 56    | 55.18 |
|       | 10          | 1  | 14     | 55.852      | 7  | 55    | 32.50      | 12 | 1     | 14.40  |             | 26 | 4      | 11          | 53.259 | 21    | 6          | 48.25 | 11    | 57    | 1.53  |
|       | 11          | 1  | 18     | 36.482      | 8  | 17    | 40.23      | 12 | 0     | 58.62  |             | 27 | 4      | 15          | 56.417 | 21    | 17         | 2.01  | 11    | 57    | 8.37  |
|       | 12          | 1  | 22     | 17.400      | 8  | 39    | 39.61      | 12 | 0     | 43.14  |             | 28 | 4      | 20          | 0.055  | 21    | 26         | 53.73 | 11    | 57    | 15.68 |
| 13    | 1           | 25 | 58.620 | 9           | 1  | 30.28 | 12         | 0  | 27.97 | 29     | 4           | 24 | 4.162  | 21          | 36     | 23.19 | 11         | 57    | 23.46 |       |       |
| 14    | 1           | 29 | 40.154 | 9           | 23 | 11.91 | 12         | 0  | 13.11 | 30     | 4           | 28 | 8.728  | 21          | 45     | 30.17 | 11         | 57    | 31.69 |       |       |
| 15    | 1           | 33 | 22.015 | 9           | 44 | 44.13 | 11         | 59 | 58.58 | 31     | 4           | 32 | 13.741 | 21          | 54     | 14.48 | 11         | 57    | 40.37 |       |       |
| 16    | 1           | 37 | 4.214  | 10          | 6  | 6.61  | 11         | 59 | 44.40 | Juin   | 1           | 4  | 36     | 19.187      | 22     | 2     | 35.92      | 11    | 57    | 49.48 |       |
| 17    | 1           | 40 | 46.765 | 10          | 27 | 19.00 | 11         | 59 | 30.58 |        | 2           | 4  | 40     | 25.051      | 22     | 10    | 34.31      | 11    | 57    | 58.99 |       |
| 18    | 1           | 44 | 29.681 | 10          | 48 | 20.96 | 11         | 59 | 17.13 |        | 3           | 4  | 44     | 31.316      | 22     | 18    | 9.48       | 11    | 58    | 8.90  |       |
| 19    | 1           | 48 | 12.973 | 11          | 9  | 12.16 | 11         | 59 | 4.06  |        | 4           | 4  | 48     | 37.965      | 22     | 25    | 21.25      | 11    | 58    | 19.18 |       |
| 20    | 1           | 51 | 56.655 | 11          | 29 | 52.25 | 11         | 58 | 51.39 |        | 5           | 4  | 52     | 44.978      | 22     | 32    | 9.49       | 11    | 58    | 29.81 |       |
| 21    | 1           | 55 | 40.740 | 11          | 50 | 20.91 | 11         | 58 | 39.14 |        | 6           | 4  | 56     | 52.333      | 22     | 38    | 34.04      | 11    | 58    | 40.78 |       |
| 22    | 1           | 59 | 25.242 | 12          | 10 | 37.82 | 11         | 58 | 27.31 | 7      | 5           | 1  | 0.007  | 22          | 44     | 34.77 | 11         | 58    | 52.04 |       |       |
| 23    | 2           | 3  | 10.177 | 12          | 30 | 42.65 | 11         | 58 | 15.92 | 8      | 5           | 5  | 7.978  | 22          | 50     | 11.55 | 11         | 59    | 3.59  |       |       |
| 24    | 2           | 6  | 55.559 | 12          | 50 | 35.09 | 11         | 58 | 4.98  | 9      | 5           | 9  | 16.220 | 22          | 55     | 24.26 | 11         | 59    | 15.40 |       |       |
| 25    | 2           | 10 | 41.406 | 13          | 10 | 14.84 | 11         | 57 | 54.52 | 10     | 5           | 13 | 24.708 | 23          | 0      | 12.79 | 11         | 59    | 27.45 |       |       |
| 26    | 2           | 14 | 27.734 | 13          | 29 | 41.59 | 11         | 57 | 44.54 | 11     | 5           | 17 | 33.417 | 23          | 4      | 37.04 | 11         | 59    | 39.70 |       |       |
| 27    | 2           | 18 | 14.559 | 13          | 48 | 55.05 | 11         | 57 | 35.06 | 12     | 5           | 21 | 42.321 | 23          | 8      | 36.90 | 11         | 59    | 52.13 |       |       |
| 28    | 2           | 22 | 1.896  | 14          | 7  | 54.92 | 11         | 57 | 26.09 | 13     | 5           | 25 | 51.395 | 23          | 12     | 12.29 | 12         | 0     | 4.73  |       |       |
| 29    | 2           | 25 | 49.757 | 14          | 26 | 40.89 | 11         | 57 | 17.66 | 14     | 5           | 30 | 0.612  | 23          | 15     | 23.14 | 12         | 0     | 17.45 |       |       |
| 30    | 2           | 29 | 38.154 | 14          | 45 | 12.64 | 11         | 57 | 9.77  | 15     | 5           | 34 | 9.947  | 23          | 18     | 9.38  | 12         | 0     | 30.29 |       |       |
| Mai   | 1           | 2  | 33     | 27.096      | 15 | 3     | 29.84      | 11 | 57    | 2.43   | 16          | 5  | 38     | 19.377      | 23     | 20    | 30.94      | 12    | 0     | 43.21 |       |
|       | 2           | 2  | 37     | 16.592      | 15 | 21    | 32.18      | 11 | 56    | 55.65  | 17          | 5  | 42     | 28.877      | 23     | 22    | 27.79      | 12    | 0     | 56.18 |       |
|       | 3           | 2  | 41     | 6.648       | 15 | 39    | 19.32      | 11 | 56    | 49.43  | 18          | 5  | 46     | 38.424      | 23     | 23    | 59.88      | 12    | 1     | 9.19  |       |
|       | 4           | 2  | 44     | 57.271      | 15 | 56    | 50.94      | 11 | 56    | 43.79  | 19          | 5  | 50     | 47.997      | 23     | 25    | 7.19       | 12    | 1     | 22.22 |       |
|       | 5           | 2  | 48     | 48.466      | 16 | 14    | 6.72       | 11 | 56    | 38.72  | 20          | 5  | 54     | 57.573      | 23     | 25    | 49.70      | 12    | 1     | 35.23 |       |
|       | 6           | 2  | 52     | 40.237      | 16 | 31    | 6.35       | 11 | 56    | 34.23  | 21          | 5  | 59     | 7.133       | 23     | 26    | 7.43       | 12    | 1     | 48.22 |       |
| 7     | 2           | 56 | 32.587 | 16          | 47 | 49.50 | 11         | 56 | 30.32 | 22     | 6           | 3  | 16.656 | 23          | 26     | 0.37  | 12         | 2     | 1.15  |       |       |
| 8     | 3           | 0  | 25.516 | 17          | 4  | 15.88 | 11         | 56 | 26.98 | 23     | 6           | 7  | 26.123 | 23          | 25     | 28.55 | 12         | 2     | 14.02 |       |       |
| 9     | 3           | 4  | 19.024 | 17          | 20 | 25.17 | 11         | 56 | 24.23 | 24     | 6           | 11 | 35.513 | 23          | 24     | 31.98 | 12         | 2     | 26.80 |       |       |
| 10    | 3           | 8  | 13.110 | 17          | 36 | 17.07 | 11         | 56 | 22.04 | 25     | 6           | 15 | 44.806 | 23          | 23     | 10.69 | 12         | 2     | 39.48 |       |       |
| 11    | 3           | 12 | 7.771  | 17          | 51 | 51.28 | 11         | 56 | 20.43 | 26     | 6           | 19 | 53.982 | 23          | 21     | 24.70 | 12         | 2     | 52.03 |       |       |
| 12    | 3           | 16 | 3.004  | 18          | 7  | 7.50  | 11         | 56 | 19.39 | 27     | 6           | 24 | 3.024  | 23          | 19     | 14.04 | 12         | 3     | 4.45  |       |       |
| 13    | 3           | 19 | 58.803 | 18          | 22 | 5.42  | 11         | 56 | 18.91 | 28     | 6           | 28 | 11.912 | 23          | 16     | 38.76 | 12         | 3     | 16.70 |       |       |
| 14    | 3           | 23 | 55.164 | 18          | 36 | 44.77 | 11         | 56 | 18.99 | 29     | 6           | 32 | 20.628 | 23          | 13     | 38.92 | 12         | 3     | 28.77 |       |       |
| 15    | 3           | 27 | 52.082 | 18          | 51 | 5.25  | 11         | 56 | 19.62 | 30     | 6           | 36 | 29.152 | 23          | 10     | 14.60 | 12         | 3     | 40.64 |       |       |
| 16    | 3           | 31 | 49.550 | 19          | 5  | 6.58  | 11         | 56 | 20.81 | Juill. | 1           | 6  | 40     | 37.462      | 23     | 6     | 25.89      | 12    | 3     | 52.29 |       |
| 17    | 3           | 35 | 47.563 | 19          | 18 | 48.47 | 11         | 56 | 22.53 |        | 2           | 6  | 44     | 45.538      | 23     | 2     | 12.88      | 12    | 4     | 3.68  |       |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date          | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | t. passage | Date | asc. droite |              |              | déclinaison  |        |        | t. passage |        |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|------------|------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               | h           | m  | s      | °           | '  | "     | h          | m    | s           | h            | m            | s            | °      | '      | "          | h      | m     | s     |       |       |       |       |
| <b>Juill.</b> | 3           | 6  | 48     | 53.356      | 22 | 57    | 35.70      | 12   | 4           | 14.81        | <b> Août</b> | 18           | 9      | 50     | 0.145      | 13     | 6     | 38.53 | 12    | 3     | 47.70 |       |
|               | 4           | 6  | 53     | 0.894       | 22 | 52    | 34.47      | 12   | 4           | 25.64        |              | 19           | 9      | 53     | 43.104     | 12     | 47    | 11.36 | 12    | 3     | 33.84 |       |
|               | 5           | 6  | 57     | 8.129       | 22 | 47    | 9.33       | 12   | 4           | 36.15        |              | 20           | 9      | 57     | 25.560     | 12     | 27    | 32.11 | 12    | 3     | 19.50 |       |
|               | 6           | 7  | 1      | 15.037      | 22 | 41    | 20.41      | 12   | 4           | 46.33        |              | 21           | 10     | 1      | 7.530      | 12     | 7     | 41.07 | 12    | 3     | 4.69  |       |
|               | 7           | 7  | 5      | 21.595      | 22 | 35    | 7.88       | 12   | 4           | 56.14        |              | 22           | 10     | 4      | 49.031     | 11     | 47    | 38.50 | 12    | 2     | 49.41 |       |
|               | 8           | 7  | 9      | 27.780      | 22 | 28    | 31.88      | 12   | 5           | 5.57         |              | 23           | 10     | 8      | 30.083     | 11     | 27    | 24.71 | 12    | 2     | 33.70 |       |
|               | 9           | 7  | 13     | 33.570      | 22 | 21    | 32.59      | 12   | 5           | 14.60        |              | 24           | 10     | 12     | 10.705     | 11     | 6     | 59.98 | 12    | 2     | 17.57 |       |
|               | 10          | 7  | 17     | 38.944      | 22 | 14    | 10.18      | 12   | 5           | 23.20        |              | 25           | 10     | 15     | 50.916     | 10     | 46    | 24.61 | 12    | 2     | 1.04  |       |
|               | 11          | 7  | 21     | 43.880      | 22 | 6     | 24.82      | 12   | 5           | 31.35        |              | 26           | 10     | 19     | 30.733     | 10     | 25    | 38.91 | 12    | 1     | 44.11 |       |
|               | 12          | 7  | 25     | 48.359      | 21 | 58    | 16.71      | 12   | 5           | 39.04        |              | 27           | 10     | 23     | 10.174     | 10     | 4     | 43.20 | 12    | 1     | 26.82 |       |
|               | 13          | 7  | 29     | 52.363      | 21 | 49    | 46.04      | 12   | 5           | 46.25        |              | 28           | 10     | 26     | 49.253     | 9      | 43    | 37.79 | 12    | 1     | 9.17  |       |
|               | 14          | 7  | 33     | 55.874      | 21 | 40    | 53.00      | 12   | 5           | 52.95        |              | 29           | 10     | 30     | 27.987     | 9      | 22    | 23.02 | 12    | 0     | 51.19 |       |
|               | 15          | 7  | 37     | 58.879      | 21 | 31    | 37.80      | 12   | 5           | 59.15        |              | 30           | 10     | 34     | 6.390      | 9      | 0     | 59.22 | 12    | 0     | 32.88 |       |
|               | 16          | 7  | 42     | 1.361       | 21 | 22    | 0.65       | 12   | 6           | 4.81         |              | 31           | 10     | 37     | 44.476     | 8      | 39    | 26.72 | 12    | 0     | 14.26 |       |
|               | 17          | 7  | 46     | 3.310       | 21 | 12    | 1.77       | 12   | 6           | 9.93         |              | <b>Sept.</b> | 1      | 10     | 41         | 22.260 | 8     | 17    | 45.85 | 11    | 59    | 55.35 |
|               | 18          | 7  | 50     | 4.715       | 21 | 1     | 41.39      | 12   | 6           | 14.50        |              | 2            | 10     | 44     | 59.756     | 7      | 55    | 56.95 | 11    | 59    | 36.15 |       |
|               | 19          | 7  | 54     | 5.565       | 20 | 50    | 59.73      | 12   | 6           | 18.50        |              | 3            | 10     | 48     | 36.980     | 7      | 34    | 0.35  | 11    | 59    | 16.70 |       |
| 20            | 7           | 58 | 5.852  | 20          | 39 | 57.04 | 12         | 6    | 21.94       | 4            | 10           | 52           | 13.945 | 7      | 11         | 56.40  | 11    | 58    | 57.00 |       |       |       |
| 21            | 8           | 2  | 5.568  | 20          | 28 | 33.54 | 12         | 6    | 24.80       | 5            | 10           | 55           | 50.667 | 6      | 49         | 45.43  | 11    | 58    | 37.06 |       |       |       |
| 22            | 8           | 6  | 4.708  | 20          | 16 | 49.48 | 12         | 6    | 27.09       | 6            | 10           | 59           | 27.160 | 6      | 27         | 27.78  | 11    | 58    | 16.90 |       |       |       |
| 23            | 8           | 10 | 3.266  | 20          | 4  | 45.08 | 12         | 6    | 28.79       | 7            | 11           | 3            | 3.440  | 6      | 5          | 3.79   | 11    | 57    | 56.54 |       |       |       |
| 24            | 8           | 14 | 1.241  | 19          | 52 | 20.56 | 12         | 6    | 29.92       | 8            | 11           | 6            | 39.522 | 5      | 42         | 33.80  | 11    | 57    | 35.99 |       |       |       |
| 25            | 8           | 17 | 58.631 | 19          | 39 | 36.17 | 12         | 6    | 30.46       | 9            | 11           | 10           | 15.423 | 5      | 19         | 58.14  | 11    | 57    | 15.26 |       |       |       |
| 26            | 8           | 21 | 55.437 | 19          | 26 | 32.13 | 12         | 6    | 30.42       | 10           | 11           | 13           | 51.159 | 4      | 57         | 17.15  | 11    | 56    | 54.37 |       |       |       |
| 27            | 8           | 25 | 51.660 | 19          | 13 | 8.70  | 12         | 6    | 29.80       | 11           | 11           | 17           | 26.745 | 4      | 34         | 31.18  | 11    | 56    | 33.34 |       |       |       |
| 28            | 8           | 29 | 47.299 | 18          | 59 | 26.13 | 12         | 6    | 28.60       | 12           | 11           | 21           | 2.200  | 4      | 11         | 40.56  | 11    | 56    | 12.18 |       |       |       |
| 29            | 8           | 33 | 42.355 | 18          | 45 | 24.70 | 12         | 6    | 26.80       | 13           | 11           | 24           | 37.539 | 3      | 48         | 45.62  | 11    | 55    | 50.92 |       |       |       |
| 30            | 8           | 37 | 36.825 | 18          | 31 | 4.70  | 12         | 6    | 24.42       | 14           | 11           | 28           | 12.781 | 3      | 25         | 46.71  | 11    | 55    | 29.56 |       |       |       |
| 31            | 8           | 41 | 30.709 | 18          | 16 | 26.40 | 12         | 6    | 21.45       | 15           | 11           | 31           | 47.943 | 3      | 2          | 44.16  | 11    | 55    | 8.14  |       |       |       |
| <b> Août</b>  | 1           | 8  | 45     | 24.005      | 18 | 1     | 30.10      | 12   | 6           | 17.89        | 16           | 11           | 35     | 23.046 | 2          | 39     | 38.29 | 11    | 54    | 46.67 |       |       |
| 2             | 8           | 49 | 16.709 | 17          | 46 | 16.11 | 12         | 6    | 13.74       | 17           | 11           | 38           | 58.111 | 2      | 16         | 29.41  | 11    | 54    | 25.19 |       |       |       |
| 3             | 8           | 53 | 8.822  | 17          | 30 | 44.72 | 12         | 6    | 9.00        | 18           | 11           | 42           | 33.164 | 1      | 53         | 17.83  | 11    | 54    | 3.70  |       |       |       |
| 4             | 8           | 57 | 0.341  | 17          | 14 | 56.25 | 12         | 6    | 3.66        | 19           | 11           | 46           | 8.228  | 1      | 30         | 3.87   | 11    | 53    | 42.24 |       |       |       |
| 5             | 9           | 0  | 51.266 | 16          | 58 | 51.00 | 12         | 5    | 57.73       | 20           | 11           | 49           | 43.330 | 1      | 6          | 47.81  | 11    | 53    | 20.83 |       |       |       |
| 6             | 9           | 4  | 41.596 | 16          | 42 | 29.27 | 12         | 5    | 51.20       | 21           | 11           | 53           | 18.497 | 0      | 43         | 29.97  | 11    | 52    | 59.49 |       |       |       |
| 7             | 9           | 8  | 31.330 | 16          | 25 | 51.40 | 12         | 5    | 44.08       | 22           | 11           | 56           | 53.753 | 0      | 20         | 10.65  | 11    | 52    | 38.26 |       |       |       |
| 8             | 9           | 12 | 20.471 | 16          | 8  | 57.67 | 12         | 5    | 36.38       | 23           | 12           | 0            | 29.123 | -      | 0          | 3      | 9.82  | 11    | 52    | 17.14 |       |       |
| 9             | 9           | 16 | 9.019  | 15          | 51 | 48.43 | 12         | 5    | 28.08       | 24           | 12           | 4            | 4.630  | -      | 0          | 26     | 31.10 | 11    | 51    | 56.18 |       |       |
| 10            | 9           | 19 | 56.979 | 15          | 34 | 23.96 | 12         | 5    | 19.19       | 25           | 12           | 7            | 40.295 | -      | 0          | 49     | 52.88 | 11    | 51    | 35.38 |       |       |
| 11            | 9           | 23 | 44.353 | 15          | 16 | 44.60 | 12         | 5    | 9.73        | 26           | 12           | 11           | 16.141 | -      | 1          | 13     | 14.79 | 11    | 51    | 14.77 |       |       |
| 12            | 9           | 27 | 31.148 | 14          | 58 | 50.66 | 12         | 4    | 59.68       | 27           | 12           | 14           | 52.188 | -      | 1          | 36     | 36.50 | 11    | 50    | 54.37 |       |       |
| 13            | 9           | 31 | 17.368 | 14          | 40 | 42.45 | 12         | 4    | 49.07       | 28           | 12           | 18           | 28.456 | -      | 1          | 59     | 57.65 | 11    | 50    | 34.21 |       |       |
| 14            | 9           | 35 | 3.022  | 14          | 22 | 20.29 | 12         | 4    | 37.89       | 29           | 12           | 22           | 4.965  | -      | 2          | 23     | 17.89 | 11    | 50    | 14.29 |       |       |
| 15            | 9           | 38 | 48.118 | 14          | 3  | 44.51 | 12         | 4    | 26.15       | 30           | 12           | 25           | 41.734 | -      | 2          | 46     | 36.86 | 11    | 49    | 54.65 |       |       |
| 16            | 9           | 42 | 32.663 | 13          | 44 | 55.41 | 12         | 4    | 13.86       | <b> Oct.</b> | 1            | 12           | 29     | 18.782 | -          | 3      | 9     | 54.19 | 11    | 49    | 35.30 |       |
| 17            | 9           | 46 | 16.669 | 13          | 25 | 53.31 | 12         | 4    | 1.04        | 2            | 12           | 32           | 56.128 | -      | 3          | 33     | 9.53  | 11    | 49    | 16.25 |       |       |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date | asc. droite  | déclinaison  | t. passage   | Date        | asc. droite  | déclinaison  | t. passage   |              |              |             |
|------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
|      | h m s        | ° ' "        | h m s        |             | h m s        | ° ' "        | h m s        |              |              |             |
| Oct. | 3            | 12 36 33.790 | - 3 56 22.50 | 11 48 57.54 | Nov.         | 18           | 15 33 54.189 | -19 12 19.54 | 11 45 11.81  |             |
|      | 4            | 12 40 11.786 | - 4 19 32.73 | 11 48 39.16 |              | 19           | 15 38 3.533  | -19 26 28.31 | 11 45 25.00  |             |
|      | 5            | 12 43 50.134 | - 4 42 39.87 | 11 48 21.15 |              | 20           | 15 42 13.705 | -19 40 16.09 | 11 45 39.02  |             |
|      | 6            | 12 47 28.852 | - 5 5 43.52  | 11 48 3.51  |              | 21           | 15 46 24.699 | -19 53 42.51 | 11 45 53.86  |             |
|      | 7            | 12 51 7.957  | - 5 28 43.33 | 11 47 46.26 |              | 22           | 15 50 36.507 | -20 6 47.22  | 11 46 9.51   |             |
|      | 8            | 12 54 47.463 | - 5 51 38.91 | 11 47 29.41 |              | 23           | 15 54 49.121 | -20 19 29.85 | 11 46 25.96  |             |
|      | 9            | 12 58 27.386 | - 6 14 29.88 | 11 47 12.99 |              | 24           | 15 59 2.531  | -20 31 50.05 | 11 46 43.20  |             |
|      | 10           | 13 2 7.742   | - 6 37 15.86 | 11 46 57.01 |              | 25           | 16 3 16.726  | -20 43 47.46 | 11 47 1.23   |             |
|      | 11           | 13 5 48.545  | - 6 59 56.47 | 11 46 41.48 |              | 26           | 16 7 31.693  | -20 55 21.76 | 11 47 20.02  |             |
|      | 12           | 13 9 29.811  | - 7 22 31.31 | 11 46 26.43 |              | 27           | 16 11 47.419 | -21 6 32.59  | 11 47 39.57  |             |
|      | 13           | 13 13 11.557 | - 7 45 0.02  | 11 46 11.86 |              | 28           | 16 16 3.887  | -21 17 19.64 | 11 47 59.85  |             |
|      | 14           | 13 16 53.801 | - 8 7 22.21  | 11 45 57.81 |              | 29           | 16 20 21.082 | -21 27 42.58 | 11 48 20.85  |             |
|      | 15           | 13 20 36.563 | - 8 29 37.51 | 11 45 44.29 |              | 30           | 16 24 38.985 | -21 37 41.11 | 11 48 42.54  |             |
|      | 16           | 13 24 19.864 | - 8 51 45.57 | 11 45 31.31 |              | Déc.         | 1            | 16 28 57.574 | -21 47 14.94 | 11 49 4.91  |
|      | 17           | 13 28 3.726  | - 9 13 46.03 | 11 45 18.91 |              |              | 2            | 16 33 16.825 | -21 56 23.78 | 11 49 27.92 |
|      | 18           | 13 31 48.173 | - 9 35 38.52 | 11 45 7.11  |              | 3            | 16 37 36.712 | -22 5 7.36   | 11 49 51.55  |             |
|      | 19           | 13 35 33.226 | - 9 57 22.68 | 11 44 55.92 |              | 4            | 16 41 57.206 | -22 13 25.42 | 11 50 15.78  |             |
| 20   | 13 39 18.907 | -10 18 58.16 | 11 44 45.36  | 5           | 16 46 18.273 | -22 21 17.68 | 11 50 40.56  |              |              |             |
| 21   | 13 43 5.236  | -10 40 24.58 | 11 44 35.46  | 6           | 16 50 39.881 | -22 28 43.90 | 11 51 5.87   |              |              |             |
| 22   | 13 46 52.231 | -11 1 41.56  | 11 44 26.23  | 7           | 16 55 1.999  | -22 35 43.84 | 11 51 31.67  |              |              |             |
| 23   | 13 50 39.911 | -11 22 48.72 | 11 44 17.70  | 8           | 16 59 24.595 | -22 42 17.24 | 11 51 57.95  |              |              |             |
| 24   | 13 54 28.293 | -11 43 45.66 | 11 44 9.87   | 9           | 17 3 47.642  | -22 48 23.91 | 11 52 24.66  |              |              |             |
| 25   | 13 58 17.391 | -12 4 32.00  | 11 44 2.77   | 10          | 17 8 11.110  | -22 54 3.63  | 11 52 51.79  |              |              |             |
| 26   | 14 2 7.220   | -12 25 7.32  | 11 43 56.41  | 11          | 17 12 34.974 | -22 59 16.22 | 11 53 19.29  |              |              |             |
| 27   | 14 5 57.795  | -12 45 31.24 | 11 43 50.80  | 12          | 17 16 59.205 | -23 4 1.52   | 11 53 47.15  |              |              |             |
| 28   | 14 9 49.128  | -13 5 43.34  | 11 43 45.95  | 13          | 17 21 23.777 | -23 8 19.38  | 11 54 15.34  |              |              |             |
| 29   | 14 13 41.232 | -13 25 43.21 | 11 43 41.89  | 14          | 17 25 48.662 | -23 12 9.66  | 11 54 43.82  |              |              |             |
| 30   | 14 17 34.117 | -13 45 30.44 | 11 43 38.61  | 15          | 17 30 13.830 | -23 15 32.22 | 11 55 12.57  |              |              |             |
| 31   | 14 21 27.796 | -14 5 4.63   | 11 43 36.13  | 16          | 17 34 39.253 | -23 18 26.97 | 11 55 41.55  |              |              |             |
| Nov. | 1            | 14 25 22.276 | -14 24 25.36 | 11 43 34.46 | 17           | 17 39 4.901  | -23 20 53.79 | 11 56 10.75  |              |             |
|      | 2            | 14 29 17.566 | -14 43 32.21 | 11 43 33.60 | 18           | 17 43 30.743 | -23 22 52.60 | 11 56 40.13  |              |             |
|      | 3            | 14 33 13.672 | -15 2 24.79  | 11 43 33.55 | 19           | 17 47 56.749 | -23 24 23.32 | 11 57 9.65   |              |             |
|      | 4            | 14 37 10.599 | -15 21 2.67  | 11 43 34.32 | 20           | 17 52 22.887 | -23 25 25.89 | 11 57 39.30  |              |             |
|      | 5            | 14 41 8.350  | -15 39 25.44 | 11 43 35.92 | 21           | 17 56 49.127 | -23 26 0.25  | 11 58 9.03   |              |             |
|      | 6            | 14 45 6.924  | -15 57 32.69 | 11 43 38.33 | 22           | 18 1 15.436  | -23 26 6.37  | 11 58 38.81  |              |             |
|      | 7            | 14 49 6.322  | -16 15 23.99 | 11 43 41.57 | 23           | 18 5 41.783  | -23 25 44.22 | 11 59 8.62   |              |             |
|      | 8            | 14 53 6.541  | -16 32 58.93 | 11 43 45.63 | 24           | 18 10 8.137  | -23 24 53.80 | 11 59 38.43  |              |             |
|      | 9            | 14 57 7.582  | -16 50 17.08 | 11 43 50.51 | 25           | 18 14 34.466 | -23 23 35.12 | 12 0 8.19    |              |             |
|      | 10           | 15 1 9.445   | -17 7 18.04  | 11 43 56.22 | 26           | 18 19 0.738  | -23 21 48.19 | 12 0 37.88   |              |             |
|      | 11           | 15 5 12.130  | -17 24 1.39  | 11 44 2.76  | 27           | 18 23 26.920 | -23 19 33.08 | 12 1 7.46    |              |             |
|      | 12           | 15 9 15.641  | -17 40 26.75 | 11 44 10.13 | 28           | 18 27 52.981 | -23 16 49.83 | 12 1 36.90   |              |             |
|      | 13           | 15 13 19.981 | -17 56 33.71 | 11 44 18.33 | 29           | 18 32 18.886 | -23 13 38.53 | 12 2 6.17    |              |             |
|      | 14           | 15 17 25.152 | -18 12 21.91 | 11 44 27.36 | 30           | 18 36 44.602 | -23 9 59.28  | 12 2 35.22   |              |             |
|      | 15           | 15 21 31.158 | -18 27 50.96 | 11 44 37.22 | 31           | 18 41 10.090 | -23 5 52.21  | 12 3 4.02    |              |             |
|      | 16           | 15 25 37.999 | -18 43 0.49  | 11 44 47.92 | 32           | 18 45 35.313 | -23 1 17.44  | 12 3 32.54   |              |             |
|      | 17           | 15 29 45.677 | -18 57 50.14 | 11 44 59.45 | 33           | 18 50 0.230  | -22 56 15.13 | 12 4 0.74    |              |             |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  | X            | Y             | Z             | Date          | X            | Y             | Z             |               |               |
|-------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|       | ua           | ua            | ua            |               | ua           | ua            | ua            |               |               |
| Janv. | 0            | 0.162 806 51  | -0.889 723 55 | -0.385 713 33 | Févr.        | 15            | 0.821 614 97  | -0.503 058 12 | -0.218 083 69 |
|       | 1            | 0.180 022 56  | -0.886 917 42 | -0.384 496 95 |              | 16            | 0.831 315 44  | -0.489 787 58 | -0.212 331 32 |
|       | 2            | 0.197 183 78  | -0.883 836 21 | -0.383 161 16 |              | 17            | 0.840 759 57  | -0.476 367 58 | -0.206 514 18 |
|       | 3            | 0.214 285 04  | -0.880 480 63 | -0.381 706 27 |              | 18            | 0.849 944 87  | -0.462 802 54 | -0.200 634 17 |
|       | 4            | 0.231 321 18  | -0.876 851 42 | -0.380 132 61 |              | 19            | 0.858 868 94  | -0.449 096 86 | -0.194 693 16 |
|       | 5            | 0.248 286 97  | -0.872 949 37 | -0.378 440 53 |              | 20            | 0.867 529 50  | -0.435 254 95 | -0.188 693 04 |
|       | 6            | 0.265 177 14  | -0.868 775 33 | -0.376 630 43 |              | 21            | 0.875 924 35  | -0.421 281 20 | -0.182 635 69 |
|       | 7            | 0.281 986 35  | -0.864 330 25 | -0.374 702 75 |              | 22            | 0.884 051 42  | -0.407 179 99 | -0.176 522 97 |
|       | 8            | 0.298 709 17  | -0.859 615 16 | -0.372 657 97 |              | 23            | 0.891 908 71  | -0.392 955 66 | -0.170 356 75 |
|       | 9            | 0.315 340 09  | -0.854 631 22 | -0.370 496 63 |              | 24            | 0.899 494 29  | -0.378 612 54 | -0.164 138 90 |
|       | 10           | 0.331 873 56  | -0.849 379 77 | -0.368 219 38 |              | 25            | 0.906 806 34  | -0.364 154 94 | -0.157 871 26 |
|       | 11           | 0.348 303 96  | -0.843 862 35 | -0.365 826 91 |              | 26            | 0.913 843 06  | -0.349 587 11 | -0.151 555 69 |
|       | 12           | 0.364 625 71  | -0.838 080 69 | -0.363 320 02 |              | 27            | 0.920 602 70  | -0.334 913 29 | -0.145 194 01 |
|       | 13           | 0.380 833 30  | -0.832 036 78 | -0.360 699 60 |              | 28            | 0.927 083 53  | -0.320 137 68 | -0.138 788 08 |
| 14    | 0.396 921 32 | -0.825 732 77 | -0.357 966 58 | Mars          | 1            | 0.933 283 80  | -0.305 264 48 | -0.132 339 73 |               |
| 15    | 0.412 884 50 | -0.819 170 99 | -0.355 122 00 | 2             | 0.939 201 78 | -0.290 297 92 | -0.125 850 82 |               |               |
| 16    | 0.428 717 74 | -0.812 353 89 | -0.352 166 88 | 3             | 0.944 835 72 | -0.275 242 24 | -0.119 323 23 |               |               |
| 17    | 0.444 416 08 | -0.805 283 99 | -0.349 102 33 | 4             | 0.950 183 84 | -0.260 101 77 | -0.112 758 88 |               |               |
| 18    | 0.459 974 70 | -0.797 963 91 | -0.345 929 42 | 5             | 0.955 244 42 | -0.244 880 91 | -0.106 159 71 |               |               |
| 19    | 0.475 388 89 | -0.790 396 28 | -0.342 649 30 | 6             | 0.960 015 73 | -0.229 584 19 | -0.099 527 74 |               |               |
| 20    | 0.490 654 07 | -0.782 583 78 | -0.339 263 08 | 7             | 0.964 496 13 | -0.214 216 22 | -0.092 864 99 |               |               |
| 21    | 0.505 765 72 | -0.774 529 14 | -0.335 771 93 | 8             | 0.968 684 06 | -0.198 781 75 | -0.086 173 55 |               |               |
| 22    | 0.520 719 44 | -0.766 235 11 | -0.332 177 00 | 9             | 0.972 578 08 | -0.183 285 66 | -0.079 455 56 |               |               |
| 23    | 0.535 510 88 | -0.757 704 49 | -0.328 479 47 | 10            | 0.976 176 90 | -0.167 732 90 | -0.072 713 18 |               |               |
| 24    | 0.550 135 79 | -0.748 940 08 | -0.324 680 53 | 11            | 0.979 479 41 | -0.152 128 54 | -0.065 948 58 |               |               |
| 25    | 0.564 589 98 | -0.739 944 73 | -0.320 781 39 | 12            | 0.982 484 70 | -0.136 477 67 | -0.059 163 98 |               |               |
| 26    | 0.578 869 35 | -0.730 721 29 | -0.316 783 27 | 13            | 0.985 192 02 | -0.120 785 41 | -0.052 361 57 |               |               |
| 27    | 0.592 969 83 | -0.721 272 66 | -0.312 687 40 | 14            | 0.987 600 84 | -0.105 056 89 | -0.045 543 54 |               |               |
| 28    | 0.606 887 42 | -0.711 601 69 | -0.308 495 00 | 15            | 0.989 710 79 | -0.089 297 21 | -0.038 712 07 |               |               |
| 29    | 0.620 618 14 | -0.701 711 30 | -0.304 207 32 | 16            | 0.991 521 66 | -0.073 511 40 | -0.031 869 33 |               |               |
| 30    | 0.634 158 03 | -0.691 604 39 | -0.299 825 63 | 17            | 0.993 033 36 | -0.057 704 49 | -0.025 017 43 |               |               |
| 31    | 0.647 503 17 | -0.681 283 86 | -0.295 351 18 | 18            | 0.994 245 96 | -0.041 881 41 | -0.018 158 51 |               |               |
| Févr. | 1            | 0.660 649 58  | -0.670 752 68 | -0.290 785 28 | 19           | 0.995 159 62  | -0.026 047 05 | -0.011 294 65 |               |
|       | 2            | 0.673 593 32  | -0.660 013 82 | -0.286 129 24 | 20           | 0.995 774 61  | -0.010 206 26 | -0.004 427 92 |               |
|       | 3            | 0.686 330 37  | -0.649 070 33 | -0.281 384 41 | 21           | 0.996 091 28  | 0.005 636 18  | 0.002 439 63  |               |
|       | 4            | 0.698 856 74  | -0.637 925 33 | -0.276 552 18 | 22           | 0.996 110 12  | 0.021 475 56  | 0.009 305 98  |               |
|       | 5            | 0.711 168 37  | -0.626 582 05 | -0.271 633 99 | 23           | 0.995 831 65  | 0.037 307 20  | 0.016 169 12  |               |
|       | 6            | 0.723 261 22  | -0.615 043 84 | -0.266 631 33 | 24           | 0.995 256 51  | 0.053 126 54  | 0.023 027 07  |               |
|       | 7            | 0.735 131 24  | -0.603 314 20 | -0.261 545 76 | 25           | 0.994 385 40  | 0.068 929 03  | 0.029 877 87  |               |
|       | 8            | 0.746 774 45  | -0.591 396 80 | -0.256 378 90 | 26           | 0.993 219 04  | 0.084 710 26  | 0.036 719 62  |               |
| 9     | 0.758 186 90 | -0.579 295 47 | -0.251 132 46 | 27            | 0.991 758 20 | 0.100 465 86  | 0.043 550 39  |               |               |
| 10    | 0.769 364 81 | -0.567 014 22 | -0.245 808 19 | 28            | 0.990 003 65 | 0.116 191 53  | 0.050 368 31  |               |               |
| 11    | 0.780 304 52 | -0.554 557 22 | -0.240 407 89 | 29            | 0.987 956 14 | 0.131 883 00  | 0.057 171 50  |               |               |
| 12    | 0.791 002 58 | -0.541 928 74 | -0.234 933 41 | 30            | 0.985 616 40 | 0.147 536 04  | 0.063 958 08  |               |               |
| 13    | 0.801 455 70 | -0.529 133 12 | -0.229 386 63 | 31            | 0.982 985 11 | 0.163 146 37  | 0.070 726 16  |               |               |
| 14    | 0.811 660 81 | -0.516 174 77 | -0.223 769 43 | Avril         | 1            | 0.980 062 99  | 0.178 709 69  | 0.077 473 83  |               |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  | X            | Y            | Z            | Date         | X             | Y             | Z            |              |              |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|       | ua           | ua           | ua           |              | ua            | ua            | ua           |              |              |
| Avril | 2            | 0.976 850 74 | 0.194 221 61 | 0.084 199 13 | Mai           | 18            | 0.550 280 53 | 0.778 666 11 | 0.337 560 82 |
|       | 3            | 0.973 349 13 | 0.209 677 65 | 0.090 900 10 |               | 19            | 0.536 043 88 | 0.787 195 34 | 0.341 258 61 |
|       | 4            | 0.969 559 01 | 0.225 073 26 | 0.097 574 73 |               | 20            | 0.521 655 51 | 0.795 498 98 | 0.344 858 76 |
|       | 5            | 0.965 481 37 | 0.240 403 81 | 0.104 220 99 |               | 21            | 0.507 119 76 | 0.803 575 12 | 0.348 360 41 |
|       | 6            | 0.961 117 30 | 0.255 664 61 | 0.110 836 85 |               | 22            | 0.492 440 95 | 0.811 421 94 | 0.351 762 77 |
|       | 7            | 0.956 468 08 | 0.270 850 93 | 0.117 420 25 |               | 23            | 0.477 623 32 | 0.819 037 72 | 0.355 065 06 |
|       | 8            | 0.951 535 15 | 0.285 958 03 | 0.123 969 15 |               | 24            | 0.462 671 04 | 0.826 420 82 | 0.358 266 53 |
|       | 9            | 0.946 320 11 | 0.300 981 17 | 0.130 481 51 |               | 25            | 0.447 588 18 | 0.833 569 64 | 0.361 366 43 |
|       | 10           | 0.940 824 75 | 0.315 915 64 | 0.136 955 32 |               | 26            | 0.432 378 74 | 0.840 482 57 | 0.364 364 02 |
|       | 11           | 0.935 050 99 | 0.330 756 80 | 0.143 388 59 |               | 27            | 0.417 046 66 | 0.847 157 95 | 0.367 258 54 |
|       | 12           | 0.929 000 93 | 0.345 500 06 | 0.149 779 37 |               | 28            | 0.401 595 87 | 0.853 594 07 | 0.370 049 19 |
| 13    | 0.922 676 78 | 0.360 140 91 | 0.156 125 74 | 29           | 0.386 030 36  | 0.859 789 14  | 0.372 735 19 |              |              |
| 14    | 0.916 080 89 | 0.374 674 94 | 0.162 425 82 | 30           | 0.370 354 18  | 0.865 741 31  | 0.375 315 72 |              |              |
| 15    | 0.909 215 69 | 0.389 097 83 | 0.168 677 76 | 31           | 0.354 571 53  | 0.871 448 75  | 0.377 789 97 |              |              |
| 16    | 0.902 083 71 | 0.403 405 35 | 0.174 879 76 | Juin         | 1             | 0.338 686 71  | 0.876 909 60 | 0.380 157 15 |              |
| 17    | 0.894 687 56 | 0.417 593 36 | 0.181 030 05 | 2            | 0.322 704 17  | 0.882 122 08  | 0.382 416 50 |              |              |
| 18    | 0.887 029 94 | 0.431 657 81 | 0.187 126 90 | 3            | 0.306 628 45  | 0.887 084 46  | 0.384 567 31 |              |              |
| 19    | 0.879 113 59 | 0.445 594 77 | 0.193 168 62 | 4            | 0.290 464 22  | 0.891 795 12  | 0.386 608 90 |              |              |
| 20    | 0.870 941 32 | 0.459 400 36 | 0.199 153 54 | 5            | 0.274 216 20  | 0.896 252 51  | 0.388 540 63 |              |              |
| 21    | 0.862 516 00 | 0.473 070 85 | 0.205 080 04 | 6            | 0.257 889 23  | 0.900 455 22  | 0.390 361 91 |              |              |
| 22    | 0.853 840 54 | 0.486 602 58 | 0.210 946 55 | 7            | 0.241 488 16  | 0.904 401 93  | 0.392 072 21 |              |              |
| 23    | 0.844 917 85 | 0.499 992 01 | 0.216 751 52 | 8            | 0.225 017 95  | 0.908 091 46  | 0.393 671 04 |              |              |
| 24    | 0.835 750 85 | 0.513 235 71 | 0.222 493 45 | 9            | 0.208 483 55  | 0.911 522 71  | 0.395 157 98 |              |              |
| 25    | 0.826 342 44 | 0.526 330 32 | 0.228 170 85 | 10           | 0.191 889 96  | 0.914 694 76  | 0.396 532 62 |              |              |
| 26    | 0.816 695 46 | 0.539 272 58 | 0.233 782 28 | 11           | 0.175 242 20  | 0.917 606 77  | 0.397 794 65 |              |              |
| 27    | 0.806 812 70 | 0.552 059 22 | 0.239 326 27 | 12           | 0.158 545 30  | 0.920 258 05  | 0.398 943 77 |              |              |
| 28    | 0.796 696 90 | 0.564 687 00 | 0.244 801 37 | 13           | 0.141 804 27  | 0.922 648 01  | 0.399 979 74 |              |              |
| 29    | 0.786 350 76 | 0.577 152 62 | 0.250 206 11 | 14           | 0.125 024 13  | 0.924 776 21  | 0.400 902 38 |              |              |
| 30    | 0.775 777 01 | 0.589 452 70 | 0.255 538 97 | 15           | 0.108 209 87  | 0.926 642 30  | 0.401 711 54 |              |              |
| Mai   | 1            | 0.764 978 41 | 0.601 583 83 | 0.260 798 45 | 16            | 0.091 366 45  | 0.928 246 07 | 0.402 407 13 |              |
| 2     | 0.753 957 85 | 0.613 542 49 | 0.265 983 00 | 17           | 0.074 498 78  | 0.929 587 42  | 0.402 989 10 |              |              |
| 3     | 0.742 718 30 | 0.625 325 14 | 0.271 091 07 | 18           | 0.057 611 71  | 0.930 666 36  | 0.403 457 43 |              |              |
| 4     | 0.731 262 89 | 0.636 928 25 | 0.276 121 14 | 19           | 0.040 710 04  | 0.931 483 02  | 0.403 812 14 |              |              |
| 5     | 0.719 594 92 | 0.648 348 27 | 0.281 071 66 | 20           | 0.023 798 46  | 0.932 037 60  | 0.404 053 29 |              |              |
| 6     | 0.707 717 78 | 0.659 581 69 | 0.285 941 15 | 21           | 0.006 881 54  | 0.932 330 37  | 0.404 180 97 |              |              |
| 7     | 0.695 635 05 | 0.670 625 07 | 0.290 728 14 | 22           | -0.010 036 26 | 0.932 361 63  | 0.404 195 25 |              |              |
| 8     | 0.683 350 41 | 0.681 475 03 | 0.295 431 18 | 23           | -0.026 950 56 | 0.932 131 68  | 0.404 096 21 |              |              |
| 9     | 0.670 867 68 | 0.692 128 28 | 0.300 048 88 | 24           | -0.043 857 09 | 0.931 640 76  | 0.403 883 93 |              |              |
| 10    | 0.658 190 77 | 0.702 581 64 | 0.304 579 91 | 25           | -0.060 751 59 | 0.930 889 03  | 0.403 558 43 |              |              |
| 11    | 0.645 323 69 | 0.712 832 02 | 0.309 022 94 | 26           | -0.077 629 76 | 0.929 876 61  | 0.403 119 74 |              |              |
| 12    | 0.632 270 54 | 0.722 876 45 | 0.313 376 73 | 27           | -0.094 487 25 | 0.928 603 55  | 0.402 567 88 |              |              |
| 13    | 0.619 035 48 | 0.732 712 07 | 0.317 640 07 | 28           | -0.111 319 57 | 0.927 069 90  | 0.401 902 87 |              |              |
| 14    | 0.605 622 72 | 0.742 336 14 | 0.321 811 78 | 29           | -0.128 122 16 | 0.925 275 74  | 0.401 124 78 |              |              |
| 15    | 0.592 036 53 | 0.751 746 04 | 0.325 890 77 | 30           | -0.144 890 33 | 0.923 221 23  | 0.400 233 68 |              |              |
| 16    | 0.578 281 21 | 0.760 939 24 | 0.329 875 94 | Juill.       | 1             | -0.161 619 32 | 0.920 906 61 | 0.399 229 72 |              |
| 17    | 0.564 361 09 | 0.769 913 36 | 0.333 766 29 | 2            | -0.178 304 31 | 0.918 332 22  | 0.398 113 08 |              |              |



## SOLEIL 2013 à 0h TT

## COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date   | X             | Y             | Z            | Date         | X             | Y             | Z             |              |              |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|        | ua            | ua            | ua           |              | ua            | ua            | ua            |              |              |
| Juill. | 3             | -0.194 940 43 | 0.915 498 52 | 0.396 883 98 | Août          | 18            | -0.829 557 19 | 0.532 181 43 | 0.230 712 79 |
|        | 4             | -0.211 522 77 | 0.912 406 09 | 0.395 542 72 |               | 19            | -0.839 010 64 | 0.519 231 26 | 0.225 098 94 |
|        | 5             | -0.228 046 41 | 0.909 055 63 | 0.394 089 61 |               | 20            | -0.848 225 41 | 0.506 134 43 | 0.219 421 34 |
|        | 6             | -0.244 506 43 | 0.905 447 94 | 0.392 525 05 |               | 21            | -0.857 199 12 | 0.492 894 34 | 0.213 681 46 |
|        | 7             | -0.260 897 89 | 0.901 583 96 | 0.390 849 47 |               | 22            | -0.865 929 35 | 0.479 514 35 | 0.207 880 76 |
|        | 8             | -0.277 215 87 | 0.897 464 75 | 0.389 063 33 |               | 23            | -0.874 413 63 | 0.465 997 80 | 0.202 020 71 |
|        | 9             | -0.293 455 48 | 0.893 091 47 | 0.387 167 18 |               | 24            | -0.882 649 41 | 0.452 348 07 | 0.196 102 81 |
|        | 10            | -0.309 611 84 | 0.888 465 43 | 0.385 161 59 |               | 25            | -0.890 634 12 | 0.438 568 59 | 0.190 128 57 |
|        | 11            | -0.325 680 13 | 0.883 588 05 | 0.383 047 17 |               | 26            | -0.898 365 17 | 0.424 662 89 | 0.184 099 57 |
|        | 12            | -0.341 655 57 | 0.878 460 85 | 0.380 824 61 |               | 27            | -0.905 839 95 | 0.410 634 60 | 0.178 017 41 |
|        | 13            | -0.357 533 45 | 0.873 085 50 | 0.378 494 60 |               | 28            | -0.913 055 91 | 0.396 487 43 | 0.171 883 74 |
|        | 14            | -0.373 309 12 | 0.867 463 74 | 0.376 057 91 |               | 29            | -0.920 010 52 | 0.382 225 21 | 0.165 700 24 |
|        | 15            | -0.388 978 02 | 0.861 597 45 | 0.373 515 32 |               | 30            | -0.926 701 30 | 0.367 851 85 | 0.159 468 64 |
|        | 16            | -0.404 535 71 | 0.855 488 57 | 0.370 867 67 |               | 31            | -0.933 125 86 | 0.353 371 36 | 0.153 190 70 |
|        | 17            | -0.419 977 83 | 0.849 139 16 | 0.368 115 79 |               | Sept. 1       | -0.939 281 86 | 0.338 787 83 | 0.146 868 20 |
|        | 18            | -0.435 300 16 | 0.842 551 31 | 0.365 260 58 |               | 2             | -0.945 167 04 | 0.324 105 43 | 0.140 502 98 |
|        | 19            | -0.450 498 61 | 0.835 727 18 | 0.362 302 91 |               | 3             | -0.950 779 22 | 0.309 328 44 | 0.134 096 90 |
| 20     | -0.465 569 21 | 0.828 668 90  | 0.359 243 68 | 4            | -0.956 116 34 | 0.294 461 20  | 0.127 651 84  |              |              |
| 21     | -0.480 508 12 | 0.821 378 61  | 0.356 083 77 | 5            | -0.961 176 42 | 0.279 508 15  | 0.121 169 72  |              |              |
| 22     | -0.495 311 58 | 0.813 858 37  | 0.352 824 03 | 6            | -0.965 957 60 | 0.264 473 80  | 0.114 652 49  |              |              |
| 23     | -0.509 975 87 | 0.806 110 19  | 0.349 465 31 | 7            | -0.970 458 17 | 0.249 362 74  | 0.108 102 13  |              |              |
| 24     | -0.524 497 25 | 0.798 135 99  | 0.346 008 44 | 8            | -0.974 676 57 | 0.234 179 62  | 0.101 520 62  |              |              |
| 25     | -0.538 871 94 | 0.789 937 65  | 0.342 454 21 | 9            | -0.978 611 39 | 0.218 929 14  | 0.094 909 97  |              |              |
| 26     | -0.553 096 06 | 0.781 517 05  | 0.338 803 47 | 10           | -0.982 261 39 | 0.203 616 01  | 0.088 272 19  |              |              |
| 27     | -0.567 165 65 | 0.772 876 10  | 0.335 057 07 | 11           | -0.985 625 50 | 0.188 244 94  | 0.081 609 28  |              |              |
| 28     | -0.581 076 69 | 0.764 016 79  | 0.331 215 89 | 12           | -0.988 702 83 | 0.172 820 62  | 0.074 923 24  |              |              |
| 29     | -0.594 825 09 | 0.754 941 19  | 0.327 280 87 | 13           | -0.991 492 60 | 0.157 347 69  | 0.068 216 03  |              |              |
| 30     | -0.608 406 74 | 0.745 651 51  | 0.323 253 01 | 14           | -0.993 994 20 | 0.141 830 72  | 0.061 489 60  |              |              |
| 31     | -0.621 817 53 | 0.736 150 05  | 0.319 133 32 | 15           | -0.996 207 11 | 0.126 274 20  | 0.054 745 88  |              |              |
| Août 1 | -0.635 053 34 | 0.726 439 22  | 0.314 922 90 | 16           | -0.998 130 87 | 0.110 682 53  | 0.047 986 74  |              |              |
| 2      | -0.648 110 10 | 0.716 521 56  | 0.310 622 86 | 17           | -0.999 765 09 | 0.095 060 00  | 0.041 214 06  |              |              |
| 3      | -0.660 983 74 | 0.706 399 71  | 0.306 234 37 | 18           | -1.001 109 36 | 0.079 410 86  | 0.034 429 67  |              |              |
| 4      | -0.673 670 25 | 0.696 076 40  | 0.301 758 66 | 19           | -1.002 163 28 | 0.063 739 29  | 0.027 635 39  |              |              |
| 5      | -0.686 165 66 | 0.685 554 51  | 0.297 196 98 | 20           | -1.002 926 39 | 0.048 049 44  | 0.020 833 07  |              |              |
| 6      | -0.698 466 04 | 0.674 837 00  | 0.292 550 62 | 21           | -1.003 398 22 | 0.032 345 49  | 0.014 024 53  |              |              |
| 7      | -0.710 567 55 | 0.663 926 95  | 0.287 820 93 | 22           | -1.003 578 29 | 0.016 631 65  | 0.007 211 64  |              |              |
| 8      | -0.722 466 42 | 0.652 827 53  | 0.283 009 30 | 23           | -1.003 466 11 | 0.000 912 18  | 0.000 396 30  |              |              |
| 9      | -0.734 158 94 | 0.641 542 04  | 0.278 117 14 | 24           | -1.003 061 22 | -0.014 808 55 | -0.006 419 58 |              |              |
| 10     | -0.745 641 55 | 0.630 073 87  | 0.273 145 92 | 25           | -1.002 363 21 | -0.030 526 15 | -0.013 234 05 |              |              |
| 11     | -0.756 910 77 | 0.618 426 49  | 0.268 097 12 | 26           | -1.001 371 74 | -0.046 236 12 | -0.020 045 13 |              |              |
| 12     | -0.767 963 26 | 0.606 603 46  | 0.262 972 26 | 27           | -1.000 086 55 | -0.061 933 90 | -0.026 850 84 |              |              |
| 13     | -0.778 795 80 | 0.594 608 40  | 0.257 772 89 | 28           | -0.998 507 45 | -0.077 614 90 | -0.033 649 15 |              |              |
| 14     | -0.789 405 34 | 0.582 444 98  | 0.252 500 56 | 29           | -0.996 634 37 | -0.093 274 46 | -0.040 438 03 |              |              |
| 15     | -0.799 788 96 | 0.570 116 90  | 0.247 156 82 | 30           | -0.994 467 32 | -0.108 907 84 | -0.047 215 41 |              |              |
| 16     | -0.809 943 87 | 0.557 627 84  | 0.241 743 25 | Oct. 1       | -0.992 006 42 | -0.124 510 29 | -0.053 979 24 |              |              |
| 17     | -0.819 867 46 | 0.544 981 47  | 0.236 261 40 | 2            | -0.989 251 89 | -0.140 076 99 | -0.060 727 42 |              |              |

## SOLEIL 2013 à 0h TT

## COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date | X             | Y             | Z             | Date          | X             | Y             | Z             |               |               |               |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|      | ua            | ua            | ua            |               | ua            | ua            | ua            |               |               |               |
| Oct. | 3             | -0.986 204 09 | -0.155 603 07 | -0.067 457 84 | Nov.          | 18            | -0.558 298 16 | -0.748 449 94 | -0.324 465 92 |               |
|      | 4             | -0.982 863 51 | -0.171 083 62 | -0.074 168 41 |               | 19            | -0.543 741 88 | -0.757 187 95 | -0.328 254 62 |               |
|      | 5             | -0.979 230 80 | -0.186 513 69 | -0.080 856 98 |               | 20            | -0.529 019 39 | -0.765 695 21 | -0.331 943 21 |               |
|      | 6             | -0.975 306 79 | -0.201 888 31 | -0.087 521 44 |               | 21            | -0.514 134 79 | -0.773 969 02 | -0.335 530 48 |               |
|      | 7             | -0.971 092 48 | -0.217 202 51 | -0.094 159 67 |               | 22            | -0.499 092 24 | -0.782 006 69 | -0.339 015 25 |               |
|      | 8             | -0.966 589 05 | -0.232 451 35 | -0.100 769 58 |               | 23            | -0.483 895 95 | -0.789 805 56 | -0.342 396 36 |               |
|      | 9             | -0.961 797 88 | -0.247 629 95 | -0.107 349 07 |               | 24            | -0.468 550 25 | -0.797 362 96 | -0.345 672 64 |               |
|      | 10            | -0.956 720 51 | -0.262 733 53 | -0.113 896 13 |               | 25            | -0.453 059 49 | -0.804 676 30 | -0.348 842 97 |               |
|      | 11            | -0.951 358 61 | -0.277 757 39 | -0.120 408 76 |               | 26            | -0.437 428 16 | -0.811 742 97 | -0.351 906 21 |               |
|      | 12            | -0.945 713 96 | -0.292 696 99 | -0.126 885 01 |               | 27            | -0.421 660 78 | -0.818 560 43 | -0.354 861 29 |               |
|      | 13            | -0.939 788 42 | -0.307 547 87 | -0.133 322 97 |               | 28            | -0.405 762 02 | -0.825 126 15 | -0.357 707 11 |               |
|      | 14            | -0.933 583 89 | -0.322 305 73 | -0.139 720 77 |               | 29            | -0.389 736 62 | -0.831 437 66 | -0.360 442 63 |               |
|      | 15            | -0.927 102 31 | -0.336 966 34 | -0.146 076 59 |               | 30            | -0.373 589 45 | -0.837 492 52 | -0.363 066 82 |               |
|      | 16            | -0.920 345 59 | -0.351 525 57 | -0.152 388 63 |               | Déc.          | 1             | -0.357 325 53 | -0.843 288 37 | -0.365 578 70 |
|      | 17            | -0.913 315 65 | -0.365 979 37 | -0.158 655 09 |               |               | 2             | -0.340 950 02 | -0.848 822 92 | -0.367 977 31 |
|      | 18            | -0.906 014 39 | -0.380 323 71 | -0.164 874 21 |               | 3             | -0.324 468 23 | -0.854 094 03 | -0.370 261 78 |               |
|      | 19            | -0.898 443 70 | -0.394 554 56 | -0.171 044 20 |               | 4             | -0.307 885 62 | -0.859 099 70 | -0.372 431 27 |               |
| 20   | -0.890 605 45 | -0.408 667 90 | -0.177 163 28 | 5             | -0.291 207 72 | -0.863 838 15 | -0.374 485 06 |               |               |               |
| 21   | -0.882 501 55 | -0.422 659 70 | -0.183 229 67 | 6             | -0.274 440 13 | -0.868 307 81 | -0.376 422 49 |               |               |               |
| 22   | -0.874 133 93 | -0.436 525 86 | -0.189 241 56 | 7             | -0.257 588 46 | -0.872 507 34 | -0.378 242 99 |               |               |               |
| 23   | -0.865 504 59 | -0.450 262 27 | -0.195 197 13 | 8             | -0.240 658 27 | -0.876 435 56 | -0.379 946 06 |               |               |               |
| 24   | -0.856 615 60 | -0.463 864 80 | -0.201 094 56 | 9             | -0.223 655 03 | -0.880 091 48 | -0.381 531 25 |               |               |               |
| 25   | -0.847 469 09 | -0.477 329 27 | -0.206 932 03 | 10            | -0.206 584 15 | -0.883 474 24 | -0.382 998 16 |               |               |               |
| 26   | -0.838 067 31 | -0.490 651 50 | -0.212 707 69 | 11            | -0.189 450 95 | -0.886 583 05 | -0.384 346 44 |               |               |               |
| 27   | -0.828 412 58 | -0.503 827 28 | -0.218 419 73 | 12            | -0.172 260 69 | -0.889 417 22 | -0.385 575 73 |               |               |               |
| 28   | -0.818 507 33 | -0.516 852 41 | -0.224 066 30 | 13            | -0.155 018 56 | -0.891 976 11 | -0.386 685 74 |               |               |               |
| 29   | -0.808 354 11 | -0.529 722 65 | -0.229 645 58 | 14            | -0.137 729 70 | -0.894 259 13 | -0.387 676 16 |               |               |               |
| 30   | -0.797 955 56 | -0.542 433 79 | -0.235 155 74 | 15            | -0.120 399 24 | -0.896 265 71 | -0.388 546 73 |               |               |               |
| 31   | -0.787 314 46 | -0.554 981 59 | -0.240 594 95 | 16            | -0.103 032 26 | -0.897 995 34 | -0.389 297 19 |               |               |               |
| Nov. | 1             | -0.776 433 70 | -0.567 361 81 | -0.245 961 40 | 17            | -0.085 633 86 | -0.899 447 53 | -0.389 927 28 |               |               |
|      | 2             | -0.765 316 36 | -0.579 570 22 | -0.251 253 28 | 18            | -0.068 209 11 | -0.900 621 82 | -0.390 436 81 |               |               |
|      | 3             | -0.753 965 65 | -0.591 602 62 | -0.256 468 80 | 19            | -0.050 763 10 | -0.901 517 77 | -0.390 825 55 |               |               |
|      | 4             | -0.742 385 00 | -0.603 454 85 | -0.261 606 20 | 20            | -0.033 300 96 | -0.902 135 01 | -0.391 093 33 |               |               |
|      | 5             | -0.730 577 99 | -0.615 122 84 | -0.266 663 77 | 21            | -0.015 827 81 | -0.902 473 18 | -0.391 239 98 |               |               |
|      | 6             | -0.718 548 40 | -0.626 602 64 | -0.271 639 83 | 22            | 0.001 651 17  | -0.902 531 96 | -0.391 265 38 |               |               |
|      | 7             | -0.706 300 13 | -0.637 890 45 | -0.276 532 77 | 23            | 0.019 130 77  | -0.902 311 10 | -0.391 169 40 |               |               |
|      | 8             | -0.693 837 20 | -0.648 982 64 | -0.281 341 06 | 24            | 0.036 605 76  | -0.901 810 39 | -0.390 951 97 |               |               |
|      | 9             | -0.681 163 69 | -0.659 875 76 | -0.286 063 22 | 25            | 0.054 070 83  | -0.901 029 66 | -0.390 613 03 |               |               |
|      | 10            | -0.668 283 70 | -0.670 566 52 | -0.290 697 83 | 26            | 0.071 520 65  | -0.899 968 82 | -0.390 152 56 |               |               |
|      | 11            | -0.655 201 34 | -0.681 051 76 | -0.295 243 52 | 27            | 0.088 949 81  | -0.898 627 84 | -0.389 570 58 |               |               |
|      | 12            | -0.641 920 70 | -0.691 328 48 | -0.299 698 97 | 28            | 0.106 352 84  | -0.897 006 74 | -0.388 867 12 |               |               |
|      | 13            | -0.628 445 82 | -0.701 393 73 | -0.304 062 90 | 29            | 0.123 724 17  | -0.895 105 66 | -0.388 042 29 |               |               |
|      | 14            | -0.614 780 74 | -0.711 244 68 | -0.308 334 03 | 30            | 0.141 058 17  | -0.892 924 83 | -0.387 096 22 |               |               |
|      | 15            | -0.600 929 45 | -0.720 878 52 | -0.312 511 13 | 31            | 0.158 349 07  | -0.890 464 62 | -0.386 029 12 |               |               |
|      | 16            | -0.586 895 94 | -0.730 292 50 | -0.316 592 96 | 32            | 0.175 591 08  | -0.887 725 60 | -0.384 841 27 |               |               |
|      | 17            | -0.572 684 18 | -0.739 483 88 | -0.320 578 29 | 33            | 0.192 778 32  | -0.884 708 53 | -0.383 533 05 |               |               |



## LUNE

**Ascension droite et déclinaison apparentes, distance à la Terre** II. 36

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date    | asc. droite     | déclinaison  | distance   | Date     | asc. droite     | déclinaison  | distance   |
|---------|-----------------|--------------|------------|----------|-----------------|--------------|------------|
|         | h m s           | ° ' "        | km         |          | h m s           | ° ' "        | km         |
| Janv. 0 | 0 8 37 41.959   | 13 25 41.68  | 398028.440 | Janv. 11 | 0 18 39 58.749  | -19 30 36.32 | 360325.880 |
|         | 6 8 49 50.034   | 12 33 6.50   | 397291.599 |          | 6 18 55 42.610  | -18 58 23.71 | 360628.061 |
|         | 12 9 1 55.471   | 11 38 19.10  | 396525.213 |          | 12 19 11 18.226 | -18 21 19.69 | 361039.744 |
|         | 18 9 13 58.572  | 10 41 27.74  | 395729.183 |          | 18 19 26 44.443 | -17 39 39.98 | 361559.525 |
| 1       | 0 9 25 59.689   | 9 42 40.87   | 394903.423 | 12       | 0 19 42 0.295   | -16 53 41.99 | 362185.184 |
|         | 6 9 37 59.232   | 8 42 7.10    | 394047.883 |          | 6 19 57 5.007   | -16 3 44.45  | 362913.707 |
|         | 12 9 49 57.655  | 7 39 55.24   | 393162.579 |          | 12 20 11 57.999 | -15 10 7.12  | 363741.318 |
|         | 18 10 1 55.464  | 6 36 14.24   | 392247.612 |          | 18 20 26 38.876 | -14 13 10.44 | 364663.521 |
| 2       | 0 10 13 53.203  | 5 31 13.27   | 391303.204 | 13       | 0 20 41 7.423   | -13 13 15.20 | 365675.155 |
|         | 6 10 25 51.460  | 4 25 1.63    | 390329.719 |          | 6 20 55 23.587  | -12 10 42.29 | 366770.451 |
|         | 12 10 37 50.860 | 3 17 48.88   | 389327.693 |          | 12 21 9 27.467  | -11 5 52.45  | 367943.100 |
|         | 18 10 49 52.059 | 2 9 44.78    | 388297.859 |          | 18 21 23 19.290 | -9 59 6.04   | 369186.320 |
| 3       | 0 11 1 55.745   | 1 0 59.36    | 387241.178 | 14       | 0 21 36 59.400  | -8 50 42.85  | 370492.935 |
|         | 6 11 14 2.634   | -0 8 17.06   | 386158.859 |          | 6 21 50 28.237  | -7 41 2.00   | 371855.448 |
|         | 12 11 26 13.460 | -1 17 53.83  | 385052.385 |          | 12 22 3 46.325  | -6 30 21.79  | 373266.119 |
|         | 18 11 38 28.980 | -2 27 39.91  | 383923.537 |          | 18 22 16 54.249 | -5 18 59.66  | 374717.037 |
| 4       | 0 11 50 49.960  | -3 37 23.86  | 382774.414 | 15       | 0 22 29 52.650  | -4 7 12.13   | 376200.197 |
|         | 6 12 3 17.175   | -4 46 53.77  | 381607.446 |          | 6 22 42 42.206  | -2 55 14.77  | 377707.569 |
|         | 12 12 15 51.402 | -5 55 57.23  | 380425.416 |          | 12 22 55 23.622 | -1 43 22.20  | 379231.166 |
|         | 18 12 28 33.408 | -7 4 21.29   | 379231.461 |          | 18 23 7 57.623  | -0 31 48.14  | 380763.101 |
| 5       | 0 12 41 23.950  | -8 11 52.42  | 378029.090 | 16       | 0 23 20 24.943  | 0 39 14.59   | 382295.651 |
|         | 6 12 54 23.755  | -9 18 16.47  | 376822.178 |          | 6 23 32 46.316  | 1 49 34.03   | 383821.303 |
|         | 12 13 7 33.518  | -10 23 18.68 | 375614.968 |          | 12 23 45 2.474  | 2 58 59.00   | 385332.804 |
|         | 18 13 20 53.883 | -11 26 43.65 | 374412.061 |          | 18 23 57 14.139 | 4 7 19.07    | 386823.200 |
| 6       | 0 13 34 25.435  | -12 28 15.38 | 373218.403 | 17       | 0 0 9 22.017    | 5 14 24.49   | 388285.875 |
|         | 6 13 48 8.678   | -13 27 37.29 | 372039.270 |          | 6 0 21 26.795   | 6 20 6.12    | 389714.574 |
|         | 12 14 2 4.026   | -14 24 32.27 | 370880.236 |          | 12 0 33 29.139  | 7 24 15.38   | 391103.436 |
|         | 18 14 16 11.780 | -15 18 42.82 | 369747.144 |          | 18 0 45 29.687  | 8 26 44.21   | 392447.011 |
| 7       | 0 14 30 32.114  | -16 9 51.09  | 368646.066 | 18       | 0 0 57 29.050   | 9 27 24.97   | 393740.274 |
|         | 6 14 45 5.055   | -16 57 39.10 | 367583.262 |          | 6 1 9 27.806    | 10 26 10.41  | 394978.642 |
|         | 12 14 59 50.469 | -17 41 48.91 | 366565.122 |          | 12 1 21 26.499  | 11 22 53.63  | 396157.974 |
|         | 18 15 14 48.045 | -18 22 2.85  | 365598.112 |          | 18 1 33 25.636  | 12 17 28.04  | 397274.582 |
| 8       | 0 15 29 57.286  | -18 58 3.75  | 364688.709 | 19       | 0 1 45 25.684   | 13 9 47.30   | 398325.230 |
|         | 6 15 45 17.501  | -19 29 35.29 | 363843.335 |          | 6 1 57 27.068   | 13 59 45.30  | 399307.130 |
|         | 12 16 0 47.800  | -19 56 22.23 | 363068.280 |          | 12 2 9 30.169   | 14 47 16.14  | 400217.937 |
|         | 18 16 16 27.104 | -20 18 10.80 | 362369.633 |          | 18 2 21 35.324  | 15 32 14.13  | 401055.747 |
| 9       | 0 16 32 14.153  | -20 34 48.95 | 361753.198 | 20       | 0 2 33 42.817   | 16 14 33.74  | 401819.081 |
|         | 6 16 48 7.523   | -20 46 6.71  | 361224.421 |          | 6 2 45 52.887   | 16 54 9.62   | 402506.876 |
|         | 12 17 4 5.657   | -20 51 56.43 | 360788.313 |          | 12 2 58 5.717   | 17 30 56.59  | 403118.474 |
|         | 18 17 20 6.889  | -20 52 13.03 | 360449.375 |          | 18 3 10 21.440  | 18 4 49.68   | 403653.606 |
| 10      | 0 17 36 9.486   | -20 46 54.15 | 360211.527 | 21       | 0 3 22 40.135   | 18 35 44.10  | 404112.373 |
|         | 6 17 52 11.688  | -20 36 0.28  | 360078.050 |          | 6 3 35 1.827    | 19 3 35.28   | 404495.234 |
|         | 12 18 8 11.747  | -20 19 34.78 | 360051.523 |          | 12 3 47 26.488  | 19 28 18.91  | 404802.980 |
|         | 18 18 24 7.969  | -19 57 43.82 | 360133.783 |          | 18 3 59 54.036  | 19 49 50.94  | 405036.724 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date         | asc. droite | déclinaison  | distance     | Date        | asc. droite  | déclinaison  | distance     |              |             |
|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
|              | h m s       | ° ' "        | km           |             | h m s        | ° ' "        | km           |              |             |
| <b>Janv.</b> | 22 0        | 4 12 24.342  | 20 8 7.64    | 405 197.871 | <b>Févr.</b> | 2 0          | 13 22 0.479  | -11 15 58.06 | 377 349.732 |
|              | 6           | 4 24 57.225  | 20 23 5.63   | 405 288.101 |              | 6            | 13 35 19.661 | -12 16 19.01 | 376 537.736 |
|              | 12          | 4 37 32.462  | 20 34 41.88  | 405 309.349 |              | 12           | 13 48 48.108 | -13 14 27.61 | 375 732.837 |
|              | 18          | 4 50 9.789   | 20 42 53.81  | 405 263.776 |              | 18           | 14 2 26.178  | -14 10 8.92  | 374 936.700 |
|              | 23 0        | 5 2 48.905   | 20 47 39.28  | 405 153.751 | 3 0          | 14 16 14.145 | -15 3 7.89   | 374 151.231  |             |
|              | 6           | 5 15 29.480  | 20 48 56.65  | 404 981.824 | 6            | 14 30 12.191 | -15 53 9.41  | 373 378.588  |             |
|              | 12          | 5 28 11.161  | 20 46 44.79  | 404 750.703 | 12           | 14 44 20.390 | -16 39 58.44 | 372 621.183  |             |
|              | 18          | 5 40 53.575  | 20 41 3.14   | 404 463.228 | 18           | 14 58 38.699 | -17 23 20.11 | 371 881.681  |             |
|              | 24 0        | 5 53 36.343  | 20 31 51.73  | 404 122.351 | 4 0          | 15 13 6.951  | -18 2 59.85  | 371 162.993  |             |
|              | 6           | 6 6 19.079   | 20 19 11.16  | 403 731.102 | 6            | 15 27 44.839 | -18 38 43.57 | 370 468.269  |             |
|              | 12          | 6 19 1.405   | 20 3 2.69    | 403 292.575 | 12           | 15 42 31.920 | -19 10 17.85 | 369 800.877  |             |
|              | 18          | 6 31 42.954  | 19 43 28.16  | 402 809.896 | 18           | 15 57 27.607 | -19 37 30.07 | 369 164.384  |             |
|              | 25 0        | 6 44 23.377  | 19 20 30.08  | 402 286.202 | 5 0          | 16 12 31.170 | -20 0 8.67   | 368 562.528  |             |
|              | 6           | 6 57 2.352   | 18 54 11.57  | 401 724.617 | 6            | 16 27 41.745 | -20 18 3.33  | 367 999.190  |             |
|              | 12          | 7 9 39.588   | 18 24 36.38  | 401 128.231 | 12           | 16 42 58.342 | -20 31 5.19  | 367 478.352  |             |
|              | 18          | 7 22 14.833  | 17 51 48.87  | 400 500.075 | 18           | 16 58 19.858 | -20 39 6.99  | 367 004.059  |             |
|              | 26 0        | 7 34 47.874  | 17 15 53.97  | 399 843.105 | 6 0          | 17 13 45.098 | -20 42 3.30  | 366 580.373  |             |
|              | 6           | 7 47 18.546  | 16 36 57.22  | 399 160.178 | 6            | 17 29 12.796 | -20 39 50.64 | 366 211.324  |             |
|              | 12          | 7 59 46.732  | 15 55 4.66   | 398 454.038 | 12           | 17 44 41.641 | -20 32 27.60 | 365 900.858  |             |
|              | 18          | 8 12 12.365  | 15 10 22.88  | 397 727.299 | 18           | 18 0 10.303  | -20 19 54.90 | 365 652.783  |             |
|              | 27 0        | 8 24 35.434  | 14 22 58.94  | 396 982.430 | 7 0          | 18 15 37.461 | -20 2 15.45  | 365 470.713  |             |
|              | 6           | 8 36 55.978  | 13 33 0.37   | 396 221.747 | 6            | 18 31 1.831  | -19 39 34.31 | 365 358.016  |             |
|              | 12          | 8 49 14.091  | 12 40 35.12  | 395 447.396 | 12           | 18 46 22.192 | -19 11 58.66 | 365 317.753  |             |
|              | 18          | 9 1 29.919   | 11 45 51.54  | 394 661.356 | 18           | 19 1 37.408  | -18 39 37.68 | 365 352.634  |             |
|              | 28 0        | 9 13 43.660  | 10 48 58.36  | 393 865.424 | 8 0          | 19 16 46.448 | -18 2 42.45  | 365 464.960  |             |
|              | 6           | 9 25 55.564  | 9 50 4.65    | 393 061.221 | 6            | 19 31 48.402 | -17 21 25.72 | 365 656.581  |             |
|              | 12          | 9 38 5.928   | 8 49 19.79   | 392 250.190 | 12           | 19 46 42.491 | -16 36 1.78  | 365 928.856  |             |
|              | 18          | 9 50 15.093  | 7 46 53.46   | 391 433.599 | 18           | 20 1 28.074  | -15 46 46.23 | 366 282.616  |             |
|              | 29 0        | 10 2 23.447  | 6 42 55.64   | 390 612.547 | 9 0          | 20 16 4.648  | -14 53 55.74 | 366 718.135  |             |
|              | 6           | 10 14 31.417 | 5 37 36.56   | 389 787.976 | 6            | 20 30 31.853 | -13 57 47.84 | 367 235.112  |             |
|              | 12          | 10 26 39.468 | 4 31 6.70    | 388 960.680 | 12           | 20 44 49.458 | -12 58 40.72 | 367 832.652  |             |
|              | 18          | 10 38 48.101 | 3 23 36.80   | 388 131.321 | 18           | 20 58 57.362 | -11 56 52.98 | 368 509.268  |             |
|              | 30 0        | 10 50 57.845 | 2 15 17.83   | 387 300.446 | 10 0         | 21 12 55.578 | -10 52 43.44 | 369 262.875  |             |
|              | 6           | 11 3 9.262   | 1 6 21.01    | 386 468.505 | 6            | 21 26 44.227 | - 9 46 30.98 | 370 090.806  |             |
|              | 12          | 11 15 22.935 | - 0 3 2.21   | 385 635.872 | 12           | 21 40 23.524 | - 8 38 34.33 | 370 989.830  |             |
|              | 18          | 11 27 39.468 | - 1 12 40.12 | 384 802.872 | 18           | 21 53 53.766 | - 7 29 11.97 | 371 956.173  |             |
|              | 31 0        | 11 39 59.482 | - 2 22 20.76 | 383 969.799 | 11 0         | 22 7 15.321  | - 6 18 41.99 | 372 985.554  |             |
|              | 6           | 11 52 23.607 | - 3 31 51.91 | 383 136.948 | 6            | 22 20 28.615 | - 5 7 21.95  | 374 073.220  |             |
|              | 12          | 12 4 52.483  | - 4 41 1.08  | 382 304.635 | 12           | 22 33 34.124 | - 3 55 28.85 | 375 213.991  |             |
|              | 18          | 12 17 26.748 | - 5 49 35.47 | 381 473.231 | 18           | 22 46 32.361 | - 2 43 19.03 | 376 402.304  |             |
| <b>Févr.</b> | 1 0         | 12 30 7.036  | - 6 57 22.03 | 380 643.184 | 12 0         | 22 59 23.868 | - 1 31 8.13  | 377 632.267  |             |
|              | 6           | 12 42 53.967 | - 8 4 7.39   | 379 815.047 | 6            | 23 12 9.205  | - 0 19 11.07 | 378 897.706  |             |
|              | 12          | 12 55 48.143 | - 9 9 37.87  | 378 989.504 | 12           | 23 24 48.947 | 0 52 18.00   | 380 192.223  |             |
|              | 18          | 13 8 50.135  | -10 13 39.51 | 378 167.393 | 18           | 23 37 23.675 | 2 3 5.67     | 381 509.249  |             |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date              | asc. droite  | déclinaison | distance   | Date              | asc. droite  | déclinaison  | distance   |
|-------------------|--------------|-------------|------------|-------------------|--------------|--------------|------------|
|                   | h m s        | ° ' "       | km         |                   | h m s        | ° ' "        | km         |
| <b>Févr.</b> 13 0 | 23 49 53.967 | 3 12 59.28  | 382842.100 | <b>Févr.</b> 24 0 | 8 57 52.513  | 11 59 39.76  | 393162.001 |
| 6                 | 0 2 20.398   | 4 21 46.89  | 384184.026 | 6                 | 9 10 13.436  | 11 3 44.56   | 392180.040 |
| 12                | 0 14 43.530  | 5 29 17.31  | 385528.267 | 12                | 9 22 33.540  | 10 5 39.35   | 391189.660 |
| 18                | 0 27 3.913   | 6 35 20.00  | 386868.098 | 18                | 9 34 53.095  | 9 5 33.08    | 390195.154 |
| 14 0              | 0 39 22.076  | 7 39 45.09  | 388196.883 | 25 0              | 9 47 12.408  | 8 3 35.19    | 389200.677 |
| 6                 | 0 51 38.527  | 8 42 23.31  | 389508.111 | 6                 | 9 59 31.822  | 6 59 55.57   | 388210.216 |
| 12                | 1 3 53.750   | 9 43 5.98   | 390795.445 | 12                | 10 11 51.711 | 5 54 44.58   | 387227.569 |
| 18                | 1 16 8.199   | 10 41 44.99 | 392052.753 | 18                | 10 24 12.479 | 4 48 13.04   | 386256.321 |
| 15 0              | 1 28 22.301  | 11 38 12.69 | 393274.147 | 26 0              | 10 36 34.557 | 3 40 32.21   | 385299.823 |
| 6                 | 1 40 36.447  | 12 32 21.94 | 394454.011 | 6                 | 10 48 58.401 | 2 31 53.80   | 384361.173 |
| 12                | 1 52 50.997  | 13 24 6.04  | 395587.034 | 12                | 11 1 24.486  | 1 22 29.94   | 383443.205 |
| 18                | 2 5 6.271    | 14 13 18.67 | 396668.226 | 18                | 11 13 53.304 | 0 12 33.15   | 382548.471 |
| 16 0              | 2 17 22.556  | 14 59 53.95 | 397692.945 | 27 0              | 11 26 25.361 | - 0 57 43.61 | 381679.239 |
| 6                 | 2 29 40.094  | 15 43 46.30 | 398656.915 | 6                 | 11 39 1.168  | - 2 8 7.04   | 380837.484 |
| 12                | 2 41 59.093  | 16 24 50.54 | 399556.239 | 12                | 11 51 41.242 | - 3 18 23.46 | 380024.892 |
| 18                | 2 54 19.714  | 17 3 1.78   | 400387.409 | 18                | 12 4 26.097  | - 4 28 18.85 | 379242.857 |
| 17 0              | 3 6 42.080   | 17 38 15.47 | 401147.323 | 28 0              | 12 17 16.240 | - 5 37 38.90 | 378492.494 |
| 6                 | 3 19 6.273   | 18 10 27.36 | 401833.283 | 6                 | 12 30 12.163 | - 6 46 8.99  | 377774.645 |
| 12                | 3 31 32.331  | 18 39 33.53 | 402443.006 | 12                | 12 43 14.335 | - 7 53 34.30 | 377089.899 |
| 18                | 3 44 0.254   | 19 5 30.33  | 402974.623 | 18                | 12 56 23.200 | - 8 59 39.77 | 376438.603 |
| 18 0              | 3 56 30.001  | 19 28 14.48 | 403426.682 | <b>Mars</b> 1 0   | 13 9 39.162  | -10 4 10.21  | 375820.888 |
| 6                 | 4 9 1.496    | 19 47 42.98 | 403798.146 | 6                 | 13 23 2.581  | -11 6 50.32  | 375236.694 |
| 12                | 4 21 34.627  | 20 3 53.18  | 404088.386 | 12                | 13 36 33.764 | -12 7 24.77  | 374685.789 |
| 18                | 4 34 9.248   | 20 16 42.78 | 404297.180 | 18                | 13 50 12.954 | -13 5 38.26  | 374167.805 |
| 19 0              | 4 46 45.188  | 20 26 9.84  | 404424.707 | 2 0               | 14 4 0.323   | -14 1 15.62  | 373682.264 |
| 6                 | 4 59 22.247  | 20 32 12.79 | 404471.534 | 6                 | 14 17 55.962 | -14 54 1.86  | 373228.608 |
| 12                | 5 12 0.206   | 20 34 50.45 | 404438.608 | 12                | 14 31 59.871 | -15 43 42.32 | 372806.232 |
| 18                | 5 24 38.832  | 20 34 2.06  | 404327.249 | 18                | 14 46 11.956 | -16 30 2.76  | 372414.513 |
| 20 0              | 5 37 17.877  | 20 29 47.28 | 404139.130 | 3 0               | 15 0 32.020  | -17 12 49.46 | 372052.839 |
| 6                 | 5 49 57.090  | 20 22 6.19  | 403876.266 | 6                 | 15 14 59.758 | -17 51 49.37 | 371720.642 |
| 12                | 6 2 36.217   | 20 10 59.34 | 403541.002 | 12                | 15 29 34.755 | -18 26 50.24 | 371417.422 |
| 18                | 6 15 15.011  | 19 56 27.75 | 403135.987 | 18                | 15 44 16.487 | -18 57 40.75 | 371142.769 |
| 21 0              | 6 27 53.231  | 19 38 32.91 | 402664.165 | 4 0               | 15 59 4.324  | -19 24 10.64 | 370896.391 |
| 6                 | 6 40 30.654  | 19 17 16.78 | 402128.748 | 6                 | 16 13 57.534 | -19 46 10.85 | 370678.128 |
| 12                | 6 53 7.075   | 18 52 41.84 | 401533.200 | 12                | 16 28 55.293 | -20 3 33.67  | 370487.968 |
| 18                | 7 5 42.314   | 18 24 51.05 | 400881.210 | 18                | 16 43 56.697 | -20 16 12.79 | 370326.060 |
| 22 0              | 7 18 16.218  | 17 53 47.87 | 400176.671 | 5 0               | 16 59 0.776  | -20 24 3.47  | 370192.721 |
| 6                 | 7 30 48.664  | 17 19 36.29 | 399423.654 | 6                 | 17 14 6.510  | -20 27 2.57  | 370088.436 |
| 12                | 7 43 19.567  | 16 42 20.77 | 398626.382 | 12                | 17 29 12.853 | -20 25 8.63  | 370013.860 |
| 18                | 7 55 48.875  | 16 2 6.32   | 397789.203 | 18                | 17 44 18.744 | -20 18 21.89 | 369969.811 |
| 23 0              | 8 8 16.577   | 15 18 58.41 | 396916.562 | 6 0               | 17 59 23.138 | -20 6 44.31  | 369957.259 |
| 6                 | 8 20 42.701  | 14 33 3.06  | 396012.969 | 6                 | 18 14 25.015 | -19 50 19.53 | 369977.314 |
| 12                | 8 33 7.318   | 13 44 26.75 | 395082.976 | 12                | 18 29 23.409 | -19 29 12.85 | 370031.203 |
| 18                | 8 45 30.538  | 12 53 16.49 | 394131.142 | 18                | 18 44 17.416 | -19 3 31.11  | 370120.254 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date     | asc. droite  | déclinaison  | distance   | Date      | asc. droite  | déclinaison  | distance   |
|----------|--------------|--------------|------------|-----------|--------------|--------------|------------|
|          | h m s        | ° ' "        | km         |           | h m s        | ° ' "        | km         |
| Mars 7 0 | 18 59 6.215  | -18 33 22.66 | 370245.865 | Mars 18 0 | 4 29 42.856  | 19 57 35.45  | 403436.264 |
| 6        | 19 13 49.077 | -17 58 57.21 | 370409.476 | 6         | 4 42 20.436  | 20 8 15.68   | 403757.135 |
| 12       | 19 28 25.372 | -17 20 25.74 | 370612.542 | 12        | 4 54 58.190  | 20 15 32.40  | 404000.680 |
| 18       | 19 42 54.579 | -16 38 0.31  | 370856.493 | 18        | 5 7 35.903   | 20 19 25.07  | 404165.235 |
| 8 0      | 19 57 16.285 | -15 51 53.99 | 371142.705 | 19 0      | 5 20 13.357  | 20 19 53.60  | 404249.519 |
| 6        | 20 11 30.185 | -15 2 20.68  | 371472.461 | 6         | 5 32 50.337  | 20 16 58.29  | 404252.634 |
| 12       | 20 25 36.081 | -14 9 34.98  | 371846.917 | 12        | 5 45 26.634  | 20 10 39.83  | 404174.076 |
| 18       | 20 39 33.878 | -13 13 52.04 | 372267.066 | 18        | 5 58 2.054   | 20 0 59.31   | 404013.738 |
| 9 0      | 20 53 23.574 | -12 15 27.46 | 372733.701 | 20 0      | 6 10 36.415  | 19 47 58.22  | 403771.913 |
| 6        | 21 7 5.256   | -11 14 37.15 | 373247.389 | 6         | 6 23 9.558   | 19 31 38.38  | 403449.300 |
| 12       | 21 20 39.090 | -10 11 37.19 | 373808.435 | 12        | 6 35 41.347  | 19 12 2.01   | 403046.996 |
| 18       | 21 34 5.314  | -9 6 43.79   | 374416.857 | 18        | 6 48 11.673  | 18 49 11.68  | 402566.503 |
| 10 0     | 21 47 24.226 | -8 0 13.12   | 375072.362 | 21 0      | 7 0 40.456   | 18 23 10.30  | 402009.718 |
| 6        | 22 0 36.176  | -6 52 21.30  | 375774.326 | 6         | 7 13 7.650   | 17 54 1.15   | 401378.930 |
| 12       | 22 13 41.558 | -5 43 24.25  | 376521.779 | 12        | 7 25 33.243  | 17 21 47.84  | 400676.813 |
| 18       | 22 26 40.803 | -4 33 37.67  | 377313.394 | 18        | 7 37 57.259  | 16 46 34.33  | 399906.418 |
| 11 0     | 22 39 34.367 | -3 23 16.96  | 378147.479 | 22 0      | 7 50 19.759  | 16 8 24.94   | 399071.157 |
| 6        | 22 52 22.727 | -2 12 37.20  | 379021.977 | 6         | 8 2 40.841   | 15 27 24.35  | 398174.795 |
| 12       | 23 5 6.371   | -1 1 53.05   | 379934.466 | 12        | 8 15 0.642   | 14 43 37.58  | 397221.431 |
| 18       | 23 17 45.797 | 0 8 41.23    | 380882.173 | 18        | 8 27 19.336  | 13 57 10.06  | 396215.479 |
| 12 0     | 23 30 21.499 | 1 18 51.85   | 381861.978 | 23 0      | 8 39 37.134  | 13 8 7.59    | 395161.652 |
| 6        | 23 42 53.972 | 2 28 25.49   | 382870.437 | 6         | 8 51 54.286  | 12 16 36.38  | 394064.933 |
| 12       | 23 55 23.699 | 3 37 9.33    | 383903.799 | 12        | 9 4 11.073   | 11 22 43.07  | 392930.554 |
| 18       | 0 7 51.148   | 4 44 51.07   | 384958.028 | 18        | 9 16 27.815  | 10 26 34.73  | 391763.966 |
| 13 0     | 0 20 16.773  | 5 51 18.94   | 386028.835 | 24 0      | 9 28 44.862  | 9 28 18.93   | 390570.809 |
| 6        | 0 32 41.005  | 6 56 21.68   | 387111.702 | 6         | 9 41 2.593   | 8 28 3.71    | 389356.879 |
| 12       | 0 45 4.251   | 7 59 48.60   | 388201.916 | 12        | 9 53 21.419  | 7 25 57.64   | 388128.091 |
| 18       | 0 57 26.891  | 9 1 29.53    | 389294.602 | 18        | 10 5 41.776  | 6 22 9.83    | 386890.443 |
| 14 0     | 1 9 49.277   | 10 1 14.83   | 390384.758 | 25 0      | 10 18 4.123  | 5 16 49.96   | 385649.977 |
| 6        | 1 22 11.727  | 10 58 55.39  | 391467.287 | 6         | 10 30 28.939 | 4 10 8.30    | 384412.735 |
| 12       | 1 34 34.527  | 11 54 22.67  | 392537.035 | 12        | 10 42 56.722 | 3 2 15.73    | 383184.718 |
| 18       | 1 46 57.927  | 12 47 28.59  | 393588.827 | 18        | 10 55 27.983 | 1 53 23.76   | 381971.844 |
| 15 0     | 1 59 22.140  | 13 38 5.65   | 394617.500 | 26 0      | 11 8 3.243   | 0 43 44.53   | 380779.900 |
| 6        | 2 11 47.342  | 14 26 6.81   | 395617.938 | 6         | 11 20 43.028 | -0 26 29.16  | 379614.500 |
| 12       | 2 24 13.672  | 15 11 25.57  | 396585.105 | 12        | 11 33 27.864 | -1 37 3.90   | 378481.041 |
| 18       | 2 36 41.227  | 15 53 55.91  | 397514.078 | 18        | 11 46 18.274 | -2 47 45.60  | 377384.660 |
| 16 0     | 2 49 10.070  | 16 33 32.30  | 398400.078 | 27 0      | 11 59 14.766 | -3 58 19.60  | 376330.193 |
| 6        | 3 1 40.223   | 17 10 9.70   | 399238.496 | 6         | 12 12 17.832 | -5 8 30.63   | 375322.140 |
| 12       | 3 14 11.675  | 17 43 43.56  | 400024.927 | 12        | 12 25 27.936 | -6 18 2.87   | 374364.625 |
| 18       | 3 26 44.378  | 18 14 9.77   | 400755.187 | 18        | 12 38 45.510 | -7 26 40.03  | 373461.369 |
| 17 0     | 3 39 18.251  | 18 41 24.72  | 401425.346 | 28 0      | 12 52 10.942 | -8 34 5.37   | 372615.660 |
| 6        | 3 51 53.185  | 19 5 25.25   | 402031.743 | 6         | 13 5 44.566  | -9 40 1.83   | 371830.335 |
| 12       | 4 4 29.041   | 19 26 8.64   | 402571.011 | 12        | 13 19 26.656 | -10 44 12.08 | 371107.760 |
| 18       | 4 17 5.658   | 19 43 32.65  | 403040.094 | 18        | 13 33 17.412 | -11 46 18.67 | 370449.824 |



## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite  | déclinaison  | distance     | Date        | asc. droite | déclinaison | distance    |             |             |
|-------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|       | h m s        | ° ' "        | km           |             | h m s       | ° ' "       | km          |             |             |
| Mars  | 29 0         | 13 47 16.952 | -12 46 4.15  | 369 857.928 | Avril       | 9 0         | 0 4 2.595   | 4 25 8.95   | 387 321.321 |
|       | 6            | 14 1 25.302  | -13 43 11.16 | 369 332.996 |             | 6           | 0 16 19.681 | 5 30 35.96  | 388 183.080 |
|       | 12           | 14 15 42.387 | -14 37 22.67 | 368 875.474 |             | 12          | 0 28 36.340 | 6 34 49.51  | 389 050.964 |
|       | 18           | 14 30 8.021  | -15 28 22.07 | 368 485.351 |             | 18          | 0 40 52.987 | 7 37 38.89  | 389 923.247 |
|       | 30 0         | 14 44 41.905 | -16 15 53.38 | 368 162.176 |             | 10 0        | 0 53 10.000 | 8 38 53.77  | 390 797.997 |
|       | 6            | 14 59 23.620 | -16 59 41.43 | 367 905.085 |             | 6           | 1 5 27.720  | 9 38 24.16  | 391 673.074 |
|       | 12           | 15 14 12.626 | -17 39 32.01 | 367 712.830 |             | 12          | 1 17 46.448 | 10 36 0.42  | 392 546.139 |
|       | 18           | 15 29 8.264  | -18 15 12.10 | 367 583.816 |             | 18          | 1 30 6.444  | 11 31 33.34 | 393 414.652 |
|       | 31 0         | 15 44 9.761  | -18 46 29.98 | 367 516.137 |             | 11 0        | 1 42 27.923 | 12 24 54.09 | 394 275.889 |
|       | 6            | 15 59 16.238 | -19 13 15.45 | 367 507.618 |             | 6           | 1 54 51.056 | 13 15 54.27 | 395 126.950 |
|       | 12           | 16 14 26.723 | -19 35 19.90 | 367 555.861 |             | 12          | 2 7 15.966  | 14 4 25.94  | 395 964.772 |
|       | 18           | 16 29 40.167 | -19 52 36.50 | 367 658.283 |             | 18          | 2 19 42.731 | 14 50 21.60 | 396 786.147 |
| Avril | 1 0          | 16 44 55.459 | -20 5 0.22   | 367 812.169 | 12 0        | 2 32 11.382 | 15 33 34.26 | 397 587.741 |             |
|       | 6            | 17 0 11.453  | -20 12 27.93 | 368 014.711 | 6           | 2 44 41.903 | 16 13 57.44 | 398 366.114 |             |
|       | 12           | 17 15 26.984 | -20 14 58.39 | 368 263.051 | 12          | 2 57 14.235 | 16 51 25.16 | 399 117.738 |             |
|       | 18           | 17 30 40.894 | -20 12 32.28 | 368 554.324 | 18          | 3 9 48.274  | 17 25 52.00 | 399 839.024 |             |
|       | 2 0          | 17 45 52.056 | -20 5 12.10  | 368 885.697 | 13 0        | 3 22 23.877 | 17 57 13.09 | 400 526.344 |             |
|       | 6            | 18 0 59.394  | -19 53 2.16  | 369 254.403 | 6           | 3 35 0.862  | 18 25 24.12 | 401 176.053 |             |
|       | 12           | 18 16 1.902  | -19 36 8.41  | 369 657.773 | 12          | 3 47 39.015 | 18 50 21.37 | 401 784.518 |             |
|       | 18           | 18 30 58.665 | -19 14 38.36 | 370 093.264 | 18          | 4 0 18.092  | 19 12 1.68  | 402 348.143 |             |
|       | 3 0          | 18 45 48.866 | -18 48 40.89 | 370 558.482 | 14 0        | 4 12 57.824 | 19 30 22.48 | 402 863.390 |             |
|       | 6            | 19 0 31.803  | -18 18 26.16 | 371 051.203 | 6           | 4 25 37.924 | 19 45 21.78 | 403 326.810 |             |
|       | 12           | 19 15 6.893  | -17 44 5.38  | 371 569.384 | 12          | 4 38 18.093 | 19 56 58.16 | 403 735.064 |             |
|       | 18           | 19 29 33.674 | -17 5 50.69  | 372 111.174 | 18          | 4 50 58.022 | 20 5 10.75  | 404 084.949 |             |
| 4 0   | 19 43 51.806 | -16 23 54.97 | 372 674.921  | 15 0        | 5 3 37.403  | 20 9 59.24  | 404 373.426 |             |             |
| 6     | 19 58 1.070  | -15 38 31.72 | 373 259.170  | 6           | 5 16 15.933 | 20 11 23.83 | 404 597.636 |             |             |
| 12    | 20 12 1.359  | -14 49 54.89 | 373 862.660  | 12          | 5 28 53.321 | 20 9 25.25  | 404 754.932 |             |             |
| 18    | 20 25 52.675 | -13 58 18.77 | 374 484.316  | 18          | 5 41 29.291 | 20 4 4.67   | 404 842.894 |             |             |
| 5 0   | 20 39 35.117 | -13 3 57.87  | 375 123.237  | 16 0        | 5 54 3.591  | 19 55 23.74 | 404 859.354 |             |             |
| 6     | 20 53 8.875  | -12 7 6.82   | 375 778.683  | 6           | 6 6 35.996  | 19 43 24.53 | 404 802.419 |             |             |
| 12    | 21 6 34.216  | -11 8 0.30   | 376 450.055  | 12          | 6 19 6.313  | 19 28 9.50  | 404 670.483 |             |             |
| 18    | 21 19 51.477 | -10 6 52.93  | 377 136.874  | 18          | 6 31 34.386 | 19 9 41.47  | 404 462.253 |             |             |
| 6 0   | 21 33 1.053  | - 9 3 59.25  | 377 838.762  | 17 0        | 6 44 0.095  | 18 48 3.61  | 404 176.763 |             |             |
| 6     | 21 46 3.390  | - 7 59 33.68 | 378 555.412  | 6           | 6 56 23.366 | 18 23 19.37 | 403 813.390 |             |             |
| 12    | 21 58 58.971 | - 6 53 50.44 | 379 286.566  | 12          | 7 8 44.165  | 17 55 32.53 | 403 371.870 |             |             |
| 18    | 22 11 48.313 | - 5 47 3.56  | 380 031.987  | 18          | 7 21 2.506  | 17 24 47.08 | 402 852.313 |             |             |
| 7 0   | 22 24 31.953 | - 4 39 26.84 | 380 791.436  | 18 0        | 7 33 18.447 | 16 51 7.29  | 402 255.210 |             |             |
| 6     | 22 37 10.445 | - 3 31 13.84 | 381 564.639  | 6           | 7 45 32.093 | 16 14 37.66 | 401 581.449 |             |             |
| 12    | 22 49 44.351 | - 2 22 37.87 | 382 351.266  | 12          | 7 57 43.597 | 15 35 22.88 | 400 832.324 |             |             |
| 18    | 23 2 14.237  | - 1 13 51.98 | 383 150.905  | 18          | 8 9 53.153  | 14 53 27.90 | 400 009.539 |             |             |
| 8 0   | 23 14 40.663 | - 0 5 8.94   | 383 963.039  | 19 0        | 8 22 1.005  | 14 8 57.85  | 399 115.214 |             |             |
| 6     | 23 27 4.181  | 1 3 18.74    | 384 787.022  | 6           | 8 34 7.436  | 13 21 58.11 | 398 151.892 |             |             |
| 12    | 23 39 25.332 | 2 11 18.86   | 385 622.064  | 12          | 8 46 12.774 | 12 32 34.27 | 397 122.536 |             |             |
| 18    | 23 51 44.637 | 3 18 39.47   | 386 467.207  | 18          | 8 58 17.384 | 11 40 52.20 | 396 030.531 |             |             |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date     | asc. droite     | déclinaison  | distance    | Date  | asc. droite     | déclinaison  | distance    |
|----------|-----------------|--------------|-------------|-------|-----------------|--------------|-------------|
|          | h m s           | ° ' "        | km          |       | h m s           | ° ' "        | km          |
| Avril 20 | 0 9 10 21.672   | 10 46 58.04  | 394 879.679 | Mai 1 | 0 19 29 48.131  | -16 59 33.03 | 368 612.284 |
|          | 6 9 22 26.078   | 9 50 58.21   | 393 674.192 |       | 6 19 44 21.181  | -16 16 47.30 | 369 509.316 |
|          | 12 9 34 31.079  | 8 52 59.50   | 392 418.682 |       | 12 19 58 43.184 | -15 30 34.49 | 370 439.597 |
|          | 18 9 46 37.179  | 7 53 9.06    | 391 118.151 |       | 18 20 12 54.049 | -14 41 10.70 | 371 398.240 |
| 21       | 0 9 58 44.916   | 6 51 34.44   | 389 777.970 | 2     | 0 20 26 53.823  | -13 48 52.14 | 372 380.552 |
|          | 6 10 10 54.851  | 5 48 23.67   | 388 403.864 |       | 6 20 40 42.672  | -12 53 54.99 | 373 382.066 |
|          | 12 10 23 7.571  | 4 43 45.29   | 387 001.886 |       | 12 20 54 20.874 | -11 56 35.24 | 374 398.566 |
|          | 18 10 35 23.681 | 3 37 48.39   | 385 578.386 |       | 18 21 7 48.800  | -10 57 8.63  | 375 426.108 |
| 22       | 0 10 47 43.806  | 2 30 42.64   | 384 139.985 | 3     | 0 21 21 6.901   | -9 55 50.53  | 376 461.030 |
|          | 6 11 0 8.580    | 1 22 38.41   | 382 693.535 |       | 6 21 34 15.696  | -8 52 55.93  | 377 499.963 |
|          | 12 11 12 38.650 | 0 13 46.74   | 381 246.077 |       | 12 21 47 15.756 | -7 48 39.37  | 378 539.834 |
|          | 18 11 25 14.664 | -0 55 40.59  | 379 804.800 |       | 18 22 0 7.697   | -6 43 14.97  | 379 577.867 |
| 23       | 0 11 37 57.266  | -2 5 31.01   | 378 376.989 | 4     | 0 22 12 52.166  | -5 36 56.35  | 380 611.574 |
|          | 6 11 50 47.094  | -3 15 31.16  | 376 969.976 |       | 6 22 25 29.832  | -4 29 56.72  | 381 638.748 |
|          | 12 12 3 44.769  | -4 25 26.85  | 375 591.079 |       | 12 22 38 1.377  | -3 22 28.84  | 382 657.449 |
|          | 18 12 16 50.885 | -5 35 3.05   | 374 247.548 |       | 18 22 50 27.490 | -2 14 45.03  | 383 665.991 |
| 24       | 0 12 30 6.005   | -6 44 3.94   | 372 946.502 | 5     | 0 23 2 48.859   | -1 6 57.25   | 384 662.920 |
|          | 6 12 43 30.643  | -7 52 12.90  | 371 694.864 |       | 6 23 15 6.164   | 0 0 42.91    | 385 646.997 |
|          | 12 12 57 5.259  | -8 59 12.59  | 370 499.301 |       | 12 23 27 20.073 | 1 8 4.23     | 386 617.172 |
|          | 18 13 10 50.243 | -10 4 44.98  | 369 366.160 |       | 18 23 39 31.237 | 2 14 55.76   | 387 572.563 |
| 25       | 0 13 24 45.902  | -11 8 31.52  | 368 301.406 | 6     | 0 23 51 40.285  | 3 21 6.86    | 388 512.430 |
|          | 6 13 38 52.445  | -12 10 13.21 | 367 310.560 |       | 6 0 3 47.821    | 4 26 27.18   | 389 436.152 |
|          | 12 13 53 9.973  | -13 9 30.76  | 366 398.649 |       | 12 0 15 54.419  | 5 30 46.58   | 390 343.199 |
|          | 18 14 7 38.462  | -14 6 4.80   | 365 570.151 |       | 18 0 28 0.618   | 6 33 55.19   | 391 233.106 |
| 26       | 0 14 22 17.750  | -14 59 36.08 | 364 828.949 | 7     | 0 0 40 6.925    | 7 35 43.34   | 392 105.453 |
|          | 6 14 37 7.530   | -15 49 45.69 | 364 178.297 |       | 6 0 52 13.803   | 8 36 1.61    | 392 959.835 |
|          | 12 14 52 7.338  | -16 36 15.34 | 363 620.786 |       | 12 1 4 21.677   | 9 34 40.79   | 393 795.845 |
|          | 18 15 7 16.549  | -17 18 47.61 | 363 158.326 |       | 18 1 16 30.923  | 10 31 31.89  | 394 613.048 |
| 27       | 0 15 22 34.377  | -17 57 6.22  | 362 792.130 | 8     | 0 1 28 41.872   | 11 26 26.18  | 395 410.962 |
|          | 6 15 37 59.881  | -18 30 56.31 | 362 522.711 |       | 6 1 40 54.804   | 12 19 15.17  | 396 189.040 |
|          | 12 15 53 31.970 | -19 0 4.74   | 362 349.895 |       | 12 1 53 9.946   | 13 9 50.65   | 396 946.655 |
|          | 18 16 9 9.421   | -19 24 20.24 | 362 272.828 |       | 18 2 5 27.472   | 13 58 4.70   | 397 683.085 |
| 28       | 0 16 24 50.898  | -19 43 33.71 | 362 290.010 | 9     | 0 2 17 47.501   | 14 43 49.74  | 398 397.499 |
|          | 6 16 40 34.977  | -19 57 38.33 | 362 399.322 |       | 6 2 30 10.097   | 15 26 58.53  | 399 088.950 |
|          | 12 16 56 20.177 | -20 6 29.68  | 362 598.074 |       | 12 2 42 35.267  | 16 7 24.23   | 399 756.367 |
|          | 18 17 12 4.989  | -20 10 5.80  | 362 883.050 |       | 18 2 55 2.963   | 16 45 0.43   | 400 398.549 |
| 29       | 0 17 27 47.908  | -20 8 27.20  | 363 250.560 | 10    | 0 3 7 33.081    | 17 19 41.16  | 401 014.162 |
|          | 6 17 43 27.470  | -20 1 36.80  | 363 696.506 |       | 6 3 20 5.469    | 17 51 20.95  | 401 601.744 |
|          | 12 17 59 2.280  | -19 49 39.80 | 364 216.435 |       | 12 3 32 39.921  | 18 19 54.86  | 402 159.700 |
|          | 18 18 14 31.042 | -19 32 43.55 | 364 805.611 |       | 18 3 45 16.189  | 18 45 18.51  | 402 686.311 |
| 30       | 0 18 29 52.579  | -19 10 57.34 | 365 459.072 | 11    | 0 3 57 53.983   | 19 7 28.09   | 403 179.740 |
|          | 6 18 45 5.857   | -18 44 32.15 | 366 171.699 |       | 6 4 10 32.977   | 19 26 20.40  | 403 638.040 |
|          | 12 19 0 9.994   | -18 13 40.43 | 366 938.276 |       | 12 4 23 12.817  | 19 41 52.88  | 404 059.165 |
|          | 18 19 15 4.271  | -17 38 35.85 | 367 753.550 |       | 18 4 35 53.125  | 19 54 3.57   | 404 440.985 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date            | asc. droite  | déclinaison  | distance   | Date            | asc. droite  | déclinaison  | distance   |
|-----------------|--------------|--------------|------------|-----------------|--------------|--------------|------------|
|                 | h m s        | ° ' "        | km         |                 | h m s        | ° ' "        | km         |
| <b>Mai</b> 12 0 | 4 48 33.507  | 20 2 51.18   | 404781.297 | <b>Mai</b> 23 0 | 13 56 44.015 | -13 23 46.13 | 366671.150 |
| 6               | 5 1 13.563   | 20 8 15.05   | 405077.844 | 6               | 14 11 11.696 | -14 19 24.95 | 365455.521 |
| 12              | 5 13 52.892  | 20 10 15.13  | 405328.330 | 12              | 14 25 52.332 | -15 12 6.25  | 364316.773 |
| 18              | 5 26 31.099  | 20 8 52.00   | 405530.441 | 18              | 14 40 45.730 | -16 1 30.03  | 363261.783 |
| 13 0            | 5 39 7.807   | 20 4 6.84    | 405681.862 | 24 0            | 14 55 51.516 | -16 47 16.51 | 362296.953 |
| 6               | 5 51 42.657  | 19 56 1.37   | 405780.303 | 6               | 15 11 9.124  | -17 29 6.46  | 361428.136 |
| 12              | 6 4 15.323   | 19 44 37.85  | 405823.513 | 12              | 15 26 37.790 | -18 6 41.54  | 360660.566 |
| 18              | 6 16 45.512  | 19 29 59.05  | 405809.311 | 18              | 15 42 16.549 | -18 39 44.65 | 359998.792 |
| 14 0            | 6 29 12.970  | 19 12 8.19   | 405735.602 | 25 0            | 15 58 4.245  | -19 8 0.22   | 359446.621 |
| 6               | 6 41 37.488  | 18 51 8.88   | 405600.403 | 6               | 16 13 59.540 | -19 31 14.63 | 359007.076 |
| 12              | 6 53 58.908  | 18 27 5.13   | 405401.866 | 12              | 16 30 0.935  | -19 49 16.47 | 358682.352 |
| 18              | 7 6 17.120   | 18 0 1.27    | 405138.304 | 18              | 16 46 6.800  | -20 1 56.85  | 358473.798 |
| 15 0            | 7 18 32.069  | 17 30 1.94   | 404808.208 | 26 0            | 17 2 15.405  | -20 9 9.57   | 358381.901 |
| 6               | 7 30 43.754  | 16 57 12.01  | 404410.280 | 6               | 17 18 24.958 | -20 10 51.33 | 358406.285 |
| 12              | 7 42 52.228  | 16 21 36.58  | 403943.447 | 12              | 17 34 33.650 | -20 7 1.72   | 358545.726 |
| 18              | 7 54 57.601  | 15 43 20.94  | 403406.890 | 18              | 17 50 39.694 | -19 57 43.32 | 358798.178 |
| 16 0            | 8 7 0.035    | 15 2 30.57   | 402800.063 | 27 0            | 18 6 41.371  | -19 43 1.50  | 359160.804 |
| 6               | 8 18 59.748  | 14 19 11.06  | 402122.716 | 6               | 18 22 37.063 | -19 23 4.35  | 359630.031 |
| 12              | 8 30 57.006  | 13 33 28.16  | 401374.915 | 12              | 18 38 25.292 | -18 58 2.39  | 360201.599 |
| 18              | 8 42 52.127  | 12 45 27.74  | 400557.063 | 18              | 18 54 4.741  | -18 28 8.35  | 360870.635 |
| 17 0            | 8 54 45.478  | 11 55 15.81  | 399669.918 | 28 0            | 19 9 34.277  | -17 53 36.81 | 361631.714 |
| 6               | 9 6 37.469   | 11 2 58.49   | 398714.610 | 6               | 19 24 52.965 | -17 14 43.88 | 362478.944 |
| 12              | 9 18 28.555  | 10 8 42.08   | 397692.658 | 12              | 19 40 0.068  | -16 31 46.87 | 363406.040 |
| 18              | 9 30 19.231  | 9 12 33.02   | 396605.987 | 18              | 19 54 55.050 | -15 45 3.96  | 364406.404 |
| 18 0            | 9 42 10.033  | 8 14 37.96   | 395456.933 | 29 0            | 20 9 37.567  | -14 54 53.88 | 365473.210 |
| 6               | 9 54 1.531   | 7 15 3.76    | 394248.262 | 6               | 20 24 7.454  | -14 1 35.62  | 366599.475 |
| 12              | 10 5 54.329  | 6 13 57.56   | 392983.172 | 12              | 20 38 24.716 | -13 5 28.21  | 367778.142 |
| 18              | 10 17 49.063 | 5 11 26.79   | 391665.303 | 18              | 20 52 29.505 | -12 6 50.45  | 369002.147 |
| 19 0            | 10 29 46.396 | 4 7 39.25    | 390298.736 | 30 0            | 21 6 22.104  | -11 6 0.80   | 370264.487 |
| 6               | 10 41 47.017 | 3 2 43.14    | 388887.991 | 6               | 21 20 2.913  | -10 3 17.20  | 371558.280 |
| 12              | 10 53 51.638 | 1 56 47.13   | 387438.029 | 12              | 21 33 32.425 | -8 58 56.98  | 372876.820 |
| 18              | 11 6 0.989   | 0 50 0.40    | 385954.233 | 18              | 21 46 51.212 | -7 53 16.80  | 374213.627 |
| 20 0            | 11 18 15.815 | - 0 17 27.26 | 384442.407 | 31 0            | 21 59 59.912 | - 6 46 32.56 | 375562.486 |
| 6               | 11 30 36.870 | - 1 25 25.43 | 382908.748 | 6               | 22 12 59.208 | - 5 38 59.46 | 376917.484 |
| 12              | 11 43 4.913  | - 2 33 42.99 | 381359.827 | 12              | 22 25 49.822 | - 4 30 51.92 | 378273.036 |
| 18              | 11 55 40.703 | - 3 42 8.04  | 379802.564 | 18              | 22 38 32.499 | - 3 22 23.65 | 379623.912 |
| 21 0            | 12 8 24.988  | - 4 50 27.87 | 378244.189 | <b>Juin</b> 1 0 | 22 51 8.000  | - 2 13 47.65 | 380965.249 |
| 6               | 12 21 18.499 | - 5 58 28.93 | 376692.206 | 6               | 23 3 37.090  | - 1 5 16.27  | 382292.560 |
| 12              | 12 34 21.940 | - 7 5 56.76  | 375154.344 | 12              | 23 16 0.532  | 0 2 58.77    | 383601.747 |
| 18              | 12 47 35.978 | - 8 12 36.02 | 373638.510 | 18              | 23 28 19.082 | 1 10 46.30   | 384889.092 |
| 22 0            | 13 1 1.227   | - 9 18 10.47 | 372152.729 | 2 0             | 23 40 33.481 | 2 17 55.68   | 386151.261 |
| 6               | 13 14 38.237 | -10 22 22.99 | 370705.082 | 6               | 23 52 44.449 | 3 24 16.76   | 387385.289 |
| 12              | 13 28 27.476 | -11 24 55.64 | 369303.639 | 12              | 0 4 52.684   | 4 29 39.77   | 388588.574 |
| 18              | 13 42 29.317 | -12 25 29.78 | 367956.386 | 18              | 0 16 58.855  | 5 33 55.35   | 389758.862 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date        | asc. droite      | déclinaison | distance   | Date        | asc. droite       | déclinaison  | distance   |
|-------------|------------------|-------------|------------|-------------|-------------------|--------------|------------|
|             | h m s            | ° ' "       | km         |             | h m s             | ° ' "        | km         |
| <b>Juin</b> | 3 0 0 29 3.599   | 6 36 54.47  | 390894.226 | <b>Juin</b> | 14 0 9 29 10.864  | 9 24 43.85   | 399704.960 |
|             | 6 0 41 7.518     | 7 38 28.39  | 391993.050 |             | 6 9 40 52.889     | 8 27 51.87   | 398806.537 |
|             | 12 0 53 11.176   | 8 38 28.65  | 393054.007 |             | 12 9 52 34.391    | 7 29 27.34   | 397850.317 |
|             | 18 1 5 15.093    | 9 36 47.03  | 394076.035 |             | 18 10 4 15.929    | 6 29 37.50   | 396837.010 |
|             | 4 0 1 17 19.747  | 10 33 15.54 | 395058.316 |             | 15 0 10 15 58.100 | 5 28 29.77   | 395767.639 |
|             | 6 1 29 25.568    | 11 27 46.40 | 396000.247 |             | 6 10 27 41.532    | 4 26 11.73   | 394643.561 |
|             | 12 1 41 32.937   | 12 20 12.04 | 396901.419 |             | 12 10 39 26.887   | 3 22 51.19   | 393466.485 |
|             | 18 1 53 42.179   | 13 10 25.10 | 397761.589 |             | 18 10 51 14.853   | 2 18 36.25   | 392238.496 |
|             | 5 0 2 5 53.570   | 13 58 18.44 | 398580.653 |             | 16 0 11 3 6.147   | 1 13 35.28   | 390962.069 |
|             | 6 2 18 7.324     | 14 43 45.15 | 399358.627 |             | 6 11 15 1.506     | 0 7 57.03    | 389640.082 |
|             | 12 2 30 23.601   | 15 26 38.57 | 400095.613 |             | 12 11 27 1.687    | - 0 58 9.33  | 388275.832 |
|             | 18 2 42 42.500   | 16 6 52.30  | 400791.785 |             | 18 11 39 7.465    | - 2 4 34.16  | 386873.039 |
|             | 6 0 2 55 4.061   | 16 44 20.26 | 401447.357 |             | 17 0 11 51 19.623 | - 3 11 7.30  | 385435.857 |
|             | 6 3 7 28.265     | 17 18 56.70 | 402062.568 |             | 6 12 3 38.950     | - 4 17 38.00 | 383968.871 |
|             | 12 3 19 55.034   | 17 50 36.26 | 402637.658 |             | 12 12 16 6.238    | - 5 23 54.86 | 382477.100 |
|             | 18 3 32 24.233   | 18 19 13.95 | 403172.847 |             | 18 12 28 42.269   | - 6 29 45.79 | 380965.985 |
|             | 7 0 3 44 55.673  | 18 44 45.26 | 403668.324 |             | 18 0 12 41 27.810 | - 7 34 57.97 | 379441.380 |
|             | 6 3 57 29.114    | 19 7 6.15   | 404124.223 |             | 6 12 54 23.602    | - 8 39 17.77 | 377909.535 |
|             | 12 4 10 4.272    | 19 26 13.12 | 404540.616 |             | 12 13 7 30.350    | - 9 42 30.78 | 376377.068 |
|             | 18 4 22 40.817   | 19 42 3.20  | 404917.496 |             | 18 13 20 48.712   | -10 44 21.77 | 374850.943 |
|             | 8 0 4 35 18.389  | 19 54 34.01 | 405254.770 |             | 19 0 13 34 19.279 | -11 44 34.71 | 373338.427 |
|             | 6 4 47 56.595    | 20 3 43.80  | 405552.250 |             | 6 13 48 2.564     | -12 42 52.81 | 371847.052 |
|             | 12 5 0 35.025    | 20 9 31.41  | 405809.648 |             | 12 14 1 58.986    | -13 38 58.55 | 370384.562 |
|             | 18 5 13 13.254   | 20 11 56.33 | 406026.569 |             | 18 14 16 8.846    | -14 32 33.82 | 368958.858 |
|             | 9 0 5 25 50.852  | 20 10 58.69 | 406202.515 |             | 20 0 14 30 32.314 | -15 23 20.05 | 367577.938 |
|             | 6 5 38 27.391    | 20 6 39.26  | 406336.881 |             | 6 14 45 9.408     | -16 10 58.35 | 366249.821 |
|             | 12 5 51 2.457    | 19 58 59.42 | 406428.960 |             | 12 14 59 59.977   | -16 55 9.73  | 364982.483 |
|             | 18 6 3 35.654    | 19 48 1.16  | 406477.948 |             | 18 15 15 3.685    | -17 35 35.38 | 363783.767 |
|             | 10 0 6 16 6.611  | 19 33 47.04 | 406482.950 |             | 21 0 15 30 20.001 | -18 11 56.93 | 362661.307 |
|             | 6 6 28 34.991    | 19 16 20.20 | 406442.990 |             | 6 15 45 48.188    | -18 43 56.81 | 361622.444 |
|             | 12 6 41 0.497    | 18 55 44.25 | 406357.020 |             | 12 16 1 27.302    | -19 11 18.52 | 360674.132 |
|             | 18 6 53 22.876   | 18 32 3.30  | 406223.936 |             | 18 16 17 16.198   | -19 33 47.08 | 359822.863 |
|             | 11 0 7 5 41.923  | 18 5 21.88  | 406042.588 |             | 22 0 16 33 13.539 | -19 51 9.31  | 359074.574 |
|             | 6 7 17 57.485    | 17 35 44.91 | 405811.802 |             | 6 16 49 17.819    | -20 3 14.21  | 358434.575 |
|             | 12 7 30 9.464    | 17 3 17.65  | 405530.390 |             | 12 17 5 27.388    | -20 9 53.26  | 357907.475 |
|             | 18 7 42 17.819   | 16 28 5.66  | 405197.176 |             | 18 17 21 40.486   | -20 11 0.63  | 357497.114 |
|             | 12 0 7 54 22.565 | 15 50 14.76 | 404811.013 |             | 23 0 17 37 55.283 | -20 6 33.42  | 357206.511 |
|             | 6 8 6 23.773     | 15 9 50.98  | 404370.801 |             | 6 17 54 9.921     | -19 56 31.75 | 357037.818 |
|             | 12 8 18 21.574   | 14 27 0.55  | 403875.517 |             | 12 18 10 22.563   | -19 40 58.79 | 356992.289 |
|             | 18 8 30 16.152   | 13 41 49.84 | 403324.231 |             | 18 18 26 31.427   | -19 20 0.67  | 357070.263 |
|             | 13 0 8 42 7.747  | 12 54 25.38 | 402716.133 |             | 24 0 18 42 34.837 | -18 53 46.39 | 357271.153 |
|             | 6 8 53 56.649    | 12 4 53.77  | 402050.556 |             | 6 18 58 31.250    | -18 22 27.59 | 357593.462 |
|             | 12 9 5 43.202    | 11 13 21.76 | 401327.003 |             | 12 19 14 19.289   | -17 46 18.27 | 358034.802 |
|             | 18 9 17 27.795   | 10 19 56.14 | 400545.167 |             | 18 19 29 57.764   | -17 5 34.45  | 358591.928 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date          | asc. droite | déclinaison  | distance     | Date       | asc. droite   | déclinaison  | distance     |             |            |
|---------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------------|--------------|--------------|-------------|------------|
|               | h m s       | ° ' "        | km           |            | h m s         | ° ' "        | km           |             |            |
| <b>Juin</b>   | 25 0        | 19 45 25.682 | -16 20 33.87 | 359260.789 | <b>Juill.</b> | 6 0          | 5 13 21.720  | 20 10 1.53  | 406100.904 |
|               | 6           | 20 0 42.256  | -15 31 35.59 | 360036.583 |               | 6            | 5 25 57.608  | 20 9 32.57  | 406269.177 |
|               | 12          | 20 15 46.905 | -14 38 59.62 | 360913.825 |               | 12           | 5 38 32.882  | 20 5 42.97  | 406389.309 |
|               | 18          | 20 30 39.243 | -13 43 6.62  | 361886.424 |               | 18           | 5 51 7.159   | 19 58 33.70 | 406462.425 |
|               | 26 0        | 20 45 19.071 | -12 44 17.52 | 362947.759 | 7 0           | 6 3 40.063   | 19 48 6.33   | 406489.604  |            |
|               | 6           | 20 59 46.361 | -11 42 53.30 | 364090.766 | 6             | 6 16 11.230  | 19 34 22.99  | 406471.865  |            |
|               | 12          | 21 14 1.239  | -10 39 14.67 | 365308.024 | 12            | 6 28 40.318  | 19 17 26.37  | 406410.154  |            |
|               | 18          | 21 28 3.965  | -9 33 41.91  | 366591.836 | 18            | 6 41 7.012   | 18 57 19.72  | 406305.338  |            |
|               | 27 0        | 21 41 54.918 | -8 26 34.69  | 367934.322 | 8 0           | 6 53 31.026  | 18 34 6.80   | 406158.189  |            |
|               | 6           | 21 55 34.572 | -7 18 11.93  | 369327.493 | 6             | 7 5 52.117   | 18 7 51.86   | 405969.384  |            |
|               | 12          | 22 9 3.483   | -6 8 51.73   | 370763.333 | 12            | 7 18 10.081  | 17 38 39.62  | 405739.501  |            |
|               | 18          | 22 22 22.273 | -4 58 51.28  | 372233.870 | 18            | 7 30 24.760  | 17 6 35.21   | 405469.011  |            |
|               | 28 0        | 22 35 31.611 | -3 48 26.88  | 373731.246 | 9 0           | 7 42 36.045  | 16 31 44.16  | 405158.285  |            |
|               | 6           | 22 48 32.202 | -2 37 53.85  | 375247.773 | 6             | 7 54 43.877  | 15 54 12.35  | 404807.590  |            |
|               | 12          | 23 1 24.778  | -1 27 26.63  | 376775.994 | 12            | 8 6 48.248   | 15 14 5.98   | 404417.099  |            |
|               | 18          | 23 14 10.082 | -0 17 18.76  | 378308.723 | 18            | 8 18 49.204  | 14 31 31.54  | 403986.892  |            |
|               | 29 0        | 23 26 48.863 | 0 52 17.08   | 379839.092 | 10 0          | 8 30 46.842  | 13 46 35.74  | 403516.970  |            |
|               | 6           | 23 39 21.868 | 2 1 8.99     | 381360.583 | 6             | 8 42 41.311  | 12 59 25.54  | 403007.259  |            |
|               | 12          | 23 51 49.831 | 3 9 5.82     | 382867.055 | 12            | 8 54 32.811  | 12 10 8.05   | 402457.629  |            |
|               | 18          | 0 4 13.475   | 4 15 57.11   | 384352.766 | 18            | 9 6 21.591   | 11 18 50.58  | 401867.905  |            |
|               | 30 0        | 0 16 33.497  | 5 21 33.04   | 385812.391 | 11 0          | 9 18 7.946   | 10 25 40.57  | 401237.881  |            |
|               | 6           | 0 28 50.573  | 6 25 44.33   | 387241.027 | 6             | 9 29 52.220  | 9 30 45.59   | 400567.345  |            |
|               | 12          | 0 41 5.347   | 7 28 22.22   | 388634.207 | 12            | 9 41 34.798  | 8 34 13.33   | 399856.090  |            |
|               | 18          | 0 53 18.430  | 8 29 18.44   | 389987.892 | 18            | 9 53 16.108  | 7 36 11.59   | 399103.941  |            |
| <b>Juill.</b> | 1 0         | 1 5 30.398   | 9 28 25.08   | 391298.475 | 12 0          | 10 4 56.616  | 6 36 48.29   | 398310.774  |            |
|               | 6           | 1 17 41.786  | 10 25 34.66  | 392562.769 | 6             | 10 16 36.825 | 5 36 11.46   | 397476.540  |            |
|               | 12          | 1 29 53.086  | 11 20 39.98  | 393778.001 | 12            | 10 28 17.275 | 4 34 29.27   | 396601.289  |            |
|               | 18          | 1 42 4.748   | 12 13 34.17  | 394941.799 | 18            | 10 39 58.536 | 3 31 50.03   | 395685.193  |            |
|               | 2 0         | 1 54 17.171  | 13 4 10.66   | 396052.172 | 13 0          | 10 51 41.208 | 2 28 22.22   | 394728.575  |            |
|               | 6           | 2 6 30.707   | 13 52 23.10  | 397107.499 | 6             | 11 3 25.920  | 1 24 14.48   | 393731.929  |            |
|               | 12          | 2 18 45.654  | 14 38 5.44   | 398106.506 | 12            | 11 15 13.324 | 0 19 35.70   | 392695.950  |            |
|               | 18          | 2 31 2.259   | 15 21 11.85  | 399048.247 | 18            | 11 27 4.095  | -0 45 25.00  | 391621.555  |            |
|               | 3 0         | 2 43 20.712  | 16 1 36.77   | 399932.080 | 14 0          | 11 38 58.927 | -1 50 38.20  | 390509.909  |            |
|               | 6           | 2 55 41.149  | 16 39 14.90  | 400757.646 | 6             | 11 50 58.528 | -2 55 54.18  | 389362.450  |            |
|               | 12          | 3 8 3.649    | 17 14 1.24   | 401524.845 | 12            | 12 3 3.620   | -4 1 2.83    | 388180.907  |            |
|               | 18          | 3 20 28.236  | 17 45 51.05  | 402233.811 | 18            | 12 15 14.928 | -5 5 53.66   | 386967.324  |            |
|               | 4 0         | 3 32 54.876  | 18 14 39.96  | 402884.888 | 15 0          | 12 27 33.183 | -6 10 15.72  | 385724.076  |            |
|               | 6           | 3 45 23.485  | 18 40 23.92  | 403478.608 | 6             | 12 39 59.108 | -7 13 57.59  | 384453.888  |            |
|               | 12          | 3 57 53.925  | 19 2 59.27   | 404015.660 | 12            | 12 52 33.417 | -8 16 47.31  | 383159.844  |            |
|               | 18          | 4 10 26.010  | 19 22 22.77  | 404496.872 | 18            | 13 5 16.805  | -9 18 32.39  | 381845.402  |            |
|               | 5 0         | 4 22 59.508  | 19 38 31.61  | 404923.185 | 16 0          | 13 18 9.937  | -10 18 59.75 | 380514.397  |            |
|               | 6           | 4 35 34.148  | 19 51 23.46  | 405295.628 | 6             | 13 31 13.441 | -11 17 55.76 | 379171.045  |            |
|               | 12          | 4 48 9.625   | 20 0 56.51   | 405615.297 | 12            | 13 44 27.893 | -12 15 6.17  | 377819.940  |            |
|               | 18          | 5 0 45.601   | 20 7 9.45    | 405883.334 | 18            | 13 57 53.809 | -13 10 16.20 | 376466.049  |            |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date             | asc. droite     | déclinaison  | distance    | Date             | asc. droite    | déclinaison | distance    |
|------------------|-----------------|--------------|-------------|------------------|----------------|-------------|-------------|
|                  | h m s           | ° ' "        | km          |                  | h m s          | ° ' "       | km          |
| <b>Juill.</b> 17 | 0 14 11 31.625  | -14 3 10.52  | 375 114.698 | <b>Juill.</b> 28 | 0 0 50 20.297  | 7 59 43.99  | 384 861.762 |
|                  | 6 14 25 21.687  | -14 53 33.36 | 373 771.554 |                  | 6 1 2 50.609   | 9 0 42.09   | 386 363.804 |
|                  | 12 14 39 24.235 | -15 41 8.57  | 372 442.600 |                  | 12 1 15 19.097 | 9 59 36.54  | 387 836.409 |
|                  | 18 14 53 39.384 | -16 25 39.73 | 371 134.109 |                  | 18 1 27 46.237 | 10 56 19.73 | 389 273.916 |
| 18               | 0 15 8 7.114    | -17 6 50.33  | 369 852.601 | 29               | 0 1 40 12.464  | 11 50 44.57 | 390 671.077 |
|                  | 6 15 22 47.254  | -17 44 23.90 | 368 604.804 |                  | 6 1 52 38.178  | 12 42 44.44 | 392 023.070 |
|                  | 12 15 37 39.469 | -18 18 4.28  | 367 397.603 |                  | 12 2 5 3.735   | 13 32 13.16 | 393 325.506 |
|                  | 18 15 52 43.253 | -18 47 35.81 | 366 237.982 |                  | 18 2 17 29.447 | 14 19 4.97  | 394 574.433 |
| 19               | 0 16 7 57.924   | -19 12 43.63 | 365 132.965 | 30               | 0 2 29 55.582  | 15 3 14.49  | 395 766.337 |
|                  | 6 16 23 22.622  | -19 33 13.93 | 364 089.544 |                  | 6 2 42 22.361  | 15 44 36.71 | 396 898.135 |
|                  | 12 16 38 56.319 | -19 48 54.28 | 363 114.612 |                  | 12 2 54 49.959 | 16 23 6.95  | 397 967.176 |
|                  | 18 16 54 37.823 | -19 59 33.88 | 362 214.884 |                  | 18 3 7 18.503  | 16 58 40.90 | 398 971.223 |
| 20               | 0 17 10 25.805  | -20 5 3.86   | 361 396.819 | 31               | 0 3 19 48.072  | 17 31 14.57 | 399 908.450 |
|                  | 6 17 26 18.815  | -20 5 17.56  | 360 666.539 |                  | 6 3 32 18.699  | 18 0 44.34  | 400 777.428 |
|                  | 12 17 42 15.312 | -20 0 10.67  | 360 029.757 |                  | 12 3 44 50.372 | 18 27 6.90  | 401 577.104 |
|                  | 18 17 58 13.701 | -19 49 41.49 | 359 491.687 |                  | 18 3 57 23.035 | 18 50 19.33 | 402 306.794 |
| 21               | 0 18 14 12.363  | -19 33 50.96 | 359 056.984 | <b>Août</b> 1    | 0 4 9 56.590   | 19 10 19.05 | 402 966.158 |
|                  | 6 18 30 9.695   | -19 12 42.72 | 358 729.665 |                  | 6 4 22 30.901  | 19 27 3.88  | 403 555.183 |
|                  | 12 18 46 4.146  | -18 46 23.12 | 358 513.051 |                  | 12 4 35 5.795  | 19 40 32.03 | 404 074.167 |
|                  | 18 19 1 54.246  | -18 15 1.08  | 358 409.715 |                  | 18 4 47 41.070 | 19 50 42.13 | 404 523.693 |
| 22               | 0 19 17 38.641  | -17 38 47.97 | 358 421.436 | 2                | 0 5 0 16.495   | 19 57 33.22 | 404 904.612 |
|                  | 6 19 33 16.111  | -16 57 57.38 | 358 549.166 |                  | 6 5 12 51.820  | 20 1 4.81   | 405 218.015 |
|                  | 12 19 48 45.592 | -16 12 44.85 | 358 793.013 |                  | 12 5 25 26.775 | 20 1 16.86  | 405 465.219 |
|                  | 18 20 4 6.189   | -15 23 27.66 | 359 152.227 |                  | 18 5 38 1.081  | 19 58 9.77  | 405 647.736 |
| 23               | 0 20 19 17.179  | -14 30 24.42 | 359 625.207 | 3                | 0 5 50 34.454  | 19 51 44.47 | 405 767.255 |
|                  | 6 20 34 18.010  | -13 33 54.84 | 360 209.517 |                  | 6 6 3 6.609    | 19 42 2.32  | 405 825.617 |
|                  | 12 20 49 8.303  | -12 34 19.38 | 360 901.914 |                  | 12 6 15 37.270 | 19 29 5.20  | 405 824.793 |
|                  | 18 21 3 47.837  | -11 31 58.98 | 361 698.386 |                  | 18 6 28 6.169  | 19 12 55.46 | 405 766.860 |
| 24               | 0 21 18 16.541  | -10 27 14.74 | 362 594.204 | 4                | 0 6 40 33.059  | 18 53 35.93 | 405 653.976 |
|                  | 6 21 32 34.479  | - 9 20 27.73 | 363 583.980 |                  | 6 6 52 57.713  | 18 31 9.93  | 405 488.365 |
|                  | 12 21 46 41.836 | - 8 11 58.73 | 364 661.729 |                  | 12 7 5 19.932  | 18 5 41.20  | 405 272.288 |
|                  | 18 22 0 38.901  | - 7 2 8.05   | 365 820.943 |                  | 18 7 17 39.545 | 17 37 13.97 | 405 008.024 |
| 25               | 0 22 14 26.052  | - 5 51 15.38 | 367 054.668 | 5                | 0 7 29 56.418  | 17 5 52.89  | 404 697.853 |
|                  | 6 22 28 3.742   | - 4 39 39.69 | 368 355.578 |                  | 6 7 42 10.453  | 16 31 42.99 | 404 344.032 |
|                  | 12 22 41 32.484 | - 3 27 39.09 | 369 716.058 |                  | 12 7 54 21.590 | 15 54 49.74 | 403 948.781 |
|                  | 18 22 54 52.835 | - 2 15 30.83 | 371 128.276 |                  | 18 8 6 29.811  | 15 15 18.96 | 403 514.266 |
| 26               | 0 23 8 5.391    | - 1 3 31.21  | 372 584.269 | 6                | 0 8 18 35.141  | 14 33 16.81 | 403 042.578 |
|                  | 6 23 21 10.769  | 0 8 4.43     | 374 076.009 |                  | 6 8 30 37.644  | 13 48 49.79 | 402 535.729 |
|                  | 12 23 34 9.600  | 1 19 1.66    | 375 595.474 |                  | 12 8 42 37.431 | 13 2 4.71   | 401 995.632 |
|                  | 18 23 47 2.521  | 2 29 7.01    | 377 134.719 |                  | 18 8 54 34.652 | 12 13 8.67  | 401 424.094 |
| 27               | 0 23 59 50.168  | 3 38 7.88    | 378 685.930 | 7                | 0 9 6 29.501   | 11 22 9.03  | 400 822.809 |
|                  | 6 0 12 33.167   | 4 45 52.55   | 380 241.483 |                  | 6 9 18 22.213  | 10 29 13.41 | 400 193.348 |
|                  | 12 0 25 12.130  | 5 52 10.11   | 381 793.990 |                  | 12 9 30 13.059 | 9 34 29.64  | 399 537.161 |
|                  | 18 0 37 47.651  | 6 56 50.40   | 383 336.346 |                  | 18 9 42 2.352  | 8 38 5.81   | 398 855.570 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date | asc. droite  | déclinaison  | distance     | Date        | asc. droite  | déclinaison  | distance     |              |             |
|------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
|      | h m s        | ° ' "        | km           |             | h m s        | ° ' "        | km           |              |             |
| Août | 8 0          | 9 53 50.440  | 7 40 10.19   | 398 149.772 | Août         | 19 0         | 19 54 2.511  | -15 52 16.67 | 362 266.272 |
|      | 6            | 10 5 37.705  | 6 40 51.27   | 397 420.844 |              | 6            | 20 9 4.018   | -15 3 29.66  | 362 290.464 |
|      | 12           | 10 17 24.562 | 5 40 17.72   | 396 669.743 |              | 12           | 20 23 58.360 | -14 11 3.09  | 362 409.024 |
|      | 18           | 10 29 11.456 | 4 38 38.43   | 395 897.321 |              | 18           | 20 38 45.065 | -13 15 13.96 | 362 623.160 |
|      | 9 0          | 10 40 58.863 | 3 36 2.44    | 395 104.328 | 20 0         | 20 53 23.791 | -12 16 20.17 | 362 933.428  |             |
|      | 6            | 10 52 47.282 | 2 32 39.02   | 394 291.429 | 6            | 21 7 54.316  | -11 14 40.37 | 363 339.713  |             |
|      | 12           | 11 4 37.237  | 1 28 37.62   | 393 459.216 | 12           | 21 22 16.532 | -10 10 33.69 | 363 841.212  |             |
|      | 18           | 11 16 29.274 | 0 24 7.91    | 392 608.226 | 18           | 21 36 30.438 | -9 4 19.59   | 364 436.437  |             |
| 10 0 | 11 28 23.958 | -0 40 40.23  | 391 738.958  | 21 0        | 21 50 36.132 | -7 56 17.63  | 365 123.217  |              |             |
|      | 6            | 11 40 21.869 | -1 45 36.71  | 390 851.895 | 6            | 22 4 33.792  | -6 46 47.31  | 365 898.717  |             |
|      | 12           | 11 52 23.598 | -2 50 31.16  | 389 947.521 | 12           | 22 18 23.674 | -5 36 7.91   | 366 759.460  |             |
|      | 18           | 12 4 29.747  | -3 55 13.00  | 389 026.348 | 18           | 22 32 6.095  | -4 24 38.35  | 367 701.359  |             |
| 11 0 | 12 16 40.923 | -4 59 31.35  | 388 088.937  | 22 0        | 22 45 41.425 | -3 12 37.07  | 368 719.763  |              |             |
|      | 6            | 12 28 57.733 | -6 3 15.05   | 387 135.926 | 6            | 22 59 10.076 | -2 0 21.91   | 369 809.495  |             |
|      | 12           | 12 41 20.778 | -7 6 12.64   | 386 168.048 | 12           | 23 12 32.488 | -0 48 10.08  | 370 964.910  |             |
|      | 18           | 12 53 50.653 | -8 8 12.36   | 385 186.161 | 18           | 23 25 49.126 | 0 23 41.98   | 372 179.949  |             |
| 12 0 | 13 6 27.933  | -9 9 2.12    | 384 191.272  | 23 0        | 23 39 0.469  | 1 34 58.57   | 373 448.200  |              |             |
|      | 6            | 13 19 13.170 | -10 8 29.51  | 383 184.557 | 6            | 23 52 7.001  | 2 45 24.83   | 374 762.956  |             |
|      | 12           | 13 32 6.887  | -11 6 21.80  | 382 167.389 | 12           | 0 5 9.206    | 3 54 46.70   | 376 117.280  |             |
|      | 18           | 13 45 9.566  | -12 2 25.96  | 381 141.352 | 18           | 0 18 7.560   | 5 2 50.98    | 377 504.066  |             |
| 13 0 | 13 58 21.640 | -12 56 28.65 | 380 108.268  | 24 0        | 0 31 2.527   | 6 9 25.28    | 378 916.101  |              |             |
|      | 6            | 14 11 43.483 | -13 48 16.30 | 379 070.208 | 6            | 0 43 54.556  | 7 14 18.06   | 380 346.123  |             |
|      | 12           | 14 25 15.401 | -14 37 35.10 | 378 029.509 | 12           | 0 56 44.072  | 8 17 18.54   | 381 786.880  |             |
|      | 18           | 14 38 57.619 | -15 24 11.11 | 376 988.786 | 18           | 1 9 31.474   | 9 18 16.76   | 383 231.181  |             |
| 14 0 | 14 52 50.272 | -16 7 50.33  | 375 950.935  | 25 0        | 1 22 17.136  | 10 17 3.48   | 384 671.949  |              |             |
|      | 6            | 15 6 53.393  | -16 48 18.77 | 374 919.143 | 6            | 1 35 1.398   | 11 13 30.19  | 386 102.267  |             |
|      | 12           | 15 21 6.907  | -17 25 22.57 | 373 896.880 | 12           | 1 47 44.568  | 12 7 29.06   | 387 515.420  |             |
|      | 18           | 15 35 30.618 | -17 58 48.19 | 372 887.900 | 18           | 2 0 26.917   | 12 58 52.94  | 388 904.933  |             |
| 15 0 | 15 50 4.204  | -18 28 22.49 | 371 896.227  | 26 0        | 2 13 8.681   | 13 47 35.27  | 390 264.608  |              |             |
|      | 6            | 16 4 47.217  | -18 53 52.94 | 370 926.139 | 6            | 2 25 50.058  | 14 33 30.12  | 391 588.549  |             |
|      | 12           | 16 19 39.075 | -19 15 7.80  | 369 982.151 | 12           | 2 38 31.206  | 15 16 32.11  | 392 871.196  |             |
|      | 18           | 16 34 39.069 | -19 31 56.32 | 369 068.981 | 18           | 2 51 12.246  | 15 56 36.41  | 394 107.340  |             |
| 16 0 | 16 49 46.368 | -19 44 8.90  | 368 191.525  | 27 0        | 3 3 53.262   | 16 33 38.69  | 395 292.143  |              |             |
|      | 6            | 17 5 0.027   | -19 51 37.33 | 367 354.814 | 6            | 3 16 34.297  | 17 7 35.15   | 396 421.157  |             |
|      | 12           | 17 20 19.004 | -19 54 14.97 | 366 563.974 | 12           | 3 29 15.360  | 17 38 22.45  | 397 490.331  |             |
|      | 18           | 17 35 42.174 | -19 51 56.86 | 365 824.176 | 18           | 3 41 56.427  | 18 5 57.71   | 398 496.020  |             |
| 17 0 | 17 51 8.353  | -19 44 39.97 | 365 140.587  | 28 0        | 3 54 37.439  | 18 30 18.52  | 399 434.995  |              |             |
|      | 6            | 18 6 36.315  | -19 32 23.20 | 364 518.307 | 6            | 4 7 18.307   | 18 51 22.90  | 400 304.440  |             |
|      | 12           | 18 22 4.825  | -19 15 7.58  | 363 962.317 | 12           | 4 19 58.917  | 19 9 9.31    | 401 101.955  |             |
|      | 18           | 18 37 32.658 | -18 52 56.20 | 363 477.413 | 18           | 4 32 39.131  | 19 23 36.61  | 401 825.557  |             |
| 18 0 | 18 52 58.624 | -18 25 54.29 | 363 068.144  | 29 0        | 4 45 18.790  | 19 34 44.12  | 402 473.668  |              |             |
|      | 6            | 19 8 21.593  | -17 54 9.16  | 362 738.749 | 6            | 4 57 57.721  | 19 42 31.53  | 403 045.120  |             |
|      | 12           | 19 23 40.515 | -17 17 50.11 | 362 493.095 | 12           | 5 10 35.737  | 19 46 58.96  | 403 539.137  |             |
|      | 18           | 19 38 54.435 | -16 37 8.31  | 362 334.620 | 18           | 5 23 12.647  | 19 48 6.91   | 403 955.332  |             |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date             | asc. droite  | déclinaison  | distance    | Date              | asc. droite  | déclinaison  | distance    |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|
|                  | h m s        | ° ' "        | km          |                   | h m s        | ° ' "        | km          |
| <b>Août</b> 30 0 | 5 35 48.253  | 19 45 56.31  | 404 293.695 | <b>Sept.</b> 10 0 | 14 40 42.222 | -15 16 40.27 | 377 410.786 |
| 6                | 5 48 22.362  | 19 40 28.44  | 404 554.576 | 6                 | 14 54 34.739 | -15 59 39.34 | 376 705.614 |
| 12               | 6 0 54.785   | 19 31 45.00  | 404 738.679 | 12                | 15 8 35.790  | -16 39 23.91 | 376 016.401 |
| 18               | 6 13 25.345  | 19 19 48.04  | 404 847.042 | 18                | 15 22 45.176 | -17 15 41.54 | 375 343.637 |
| 31 0             | 6 25 53.877  | 19 4 40.01   | 404 881.018 | 11 0              | 15 37 2.604  | -17 48 20.35 | 374 687.912 |
| 6                | 6 38 20.235  | 18 46 23.71  | 404 842.267 | 6                 | 15 51 27.682 | -18 17 9.12  | 374 049.942 |
| 12               | 6 50 44.294  | 18 25 2.31   | 404 732.727 | 12                | 16 5 59.917  | -18 41 57.42 | 373 430.580 |
| 18               | 7 3 5.952    | 18 0 39.33   | 404 554.602 | 18                | 16 20 38.724 | -19 2 35.75  | 372 830.839 |
| <b>Sept.</b> 1 0 | 7 15 25.137  | 17 33 18.64  | 404 310.338 | 12 0              | 16 35 23.425 | -19 18 55.67 | 372 251.902 |
| 6                | 7 27 41.802  | 17 3 4.46    | 404 002.604 | 6                 | 16 50 13.262 | -19 30 49.90 | 371 695.134 |
| 12               | 7 39 55.934  | 16 30 1.33   | 403 634.267 | 12                | 17 5 7.404   | -19 38 12.47 | 371 162.083 |
| 18               | 7 52 7.551   | 15 54 14.13  | 403 208.371 | 18                | 17 20 4.965  | -19 40 58.79 | 370 654.490 |
| 2 0              | 8 4 16.703   | 15 15 48.06  | 402 728.116 | 13 0              | 17 35 5.013  | -19 39 5.74  | 370 174.278 |
| 6                | 8 16 23.475  | 14 34 48.66  | 402 196.828 | 6                 | 17 50 6.589  | -19 32 31.79 | 369 723.551 |
| 12               | 8 28 27.986  | 13 51 21.77  | 401 617.940 | 12                | 18 5 8.728   | -19 21 16.96 | 369 304.581 |
| 18               | 8 40 30.389  | 13 5 33.54   | 400 994.965 | 18                | 18 20 10.472 | -19 5 22.94  | 368 919.790 |
| 3 0              | 8 52 30.868  | 12 17 30.46  | 400 331.471 | 14 0              | 18 35 10.889 | -18 44 53.00 | 368 571.733 |
| 6                | 9 4 29.643   | 11 27 19.31  | 399 631.058 | 6                 | 18 50 9.092  | -18 19 52.05 | 368 263.070 |
| 12               | 9 16 26.964  | 10 35 7.20   | 398 897.331 | 12                | 19 5 4.252   | -17 50 26.53 | 367 996.540 |
| 18               | 9 28 23.112  | 9 41 1.53    | 398 133.876 | 18                | 19 19 55.610 | -17 16 44.39 | 367 774.926 |
| 4 0              | 9 40 18.398  | 8 45 10.04   | 397 344.238 | 15 0              | 19 34 42.490 | -16 38 54.99 | 367 601.019 |
| 6                | 9 52 13.160  | 7 47 40.78   | 396 531.898 | 6                 | 19 49 24.306 | -15 57 8.99  | 367 477.581 |
| 12               | 10 4 7.763   | 6 48 42.12   | 395 700.248 | 12                | 20 4 0.567   | -15 11 38.26 | 367 407.301 |
| 18               | 10 16 2.597  | 5 48 22.73   | 394 852.574 | 18                | 20 18 30.880 | -14 22 35.76 | 367 392.757 |
| 5 0              | 10 27 58.075 | 4 46 51.63   | 393 992.036 | 16 0              | 20 32 54.950 | -13 30 15.39 | 367 436.366 |
| 6                | 10 39 54.628 | 3 44 18.15   | 393 121.650 | 6                 | 20 47 12.579 | -12 34 51.90 | 367 540.345 |
| 12               | 10 51 52.709 | 2 40 51.96   | 392 244.273 | 12                | 21 1 23.661  | -11 36 40.72 | 367 706.666 |
| 18               | 11 3 52.786  | 1 36 43.03   | 391 362.588 | 18                | 21 15 28.176 | -10 35 57.86 | 367 937.018 |
| 6 0              | 11 15 55.340 | 0 32 1.69    | 390 479.097 | 17 0              | 21 29 26.184 | - 9 32 59.78 | 368 232.761 |
| 6                | 11 28 0.864  | - 0 33 1.43  | 389 596.109 | 6                 | 21 43 17.817 | - 8 28 3.24  | 368 594.898 |
| 12               | 11 40 9.857  | - 1 38 15.35 | 388 715.738 | 12                | 21 57 3.273  | - 7 21 25.26 | 369 024.037 |
| 18               | 11 52 22.824 | - 2 43 28.79 | 387 839.896 | 18                | 22 10 42.802 | - 6 13 22.91 | 369 520.367 |
| 7 0              | 12 4 40.270  | - 3 48 30.15 | 386 970.298 | 18 0              | 22 24 16.703 | - 5 4 13.29  | 370 083.634 |
| 6                | 12 17 2.696  | - 4 53 7.53  | 386 108.461 | 6                 | 22 37 45.313 | - 3 54 13.39 | 370 713.123 |
| 12               | 12 29 30.598 | - 5 57 8.71  | 385 255.714 | 12                | 22 51 8.997  | - 2 43 40.04 | 371 407.651 |
| 18               | 12 42 4.454  | - 7 0 21.23  | 384 413.204 | 18                | 23 4 28.144  | - 1 32 49.79 | 372 165.555 |
| 8 0              | 12 54 44.728 | - 8 2 32.34  | 383 581.910 | 19 0              | 23 17 43.155 | - 0 21 58.84 | 372 984.702 |
| 6                | 13 7 31.858  | - 9 3 29.05  | 382 762.655 | 6                 | 23 30 54.439 | 0 48 36.98   | 373 862.489 |
| 12               | 13 20 26.250 | -10 2 58.20  | 381 956.129 | 12                | 23 44 2.405  | 1 58 42.32   | 374 795.857 |
| 18               | 13 33 28.273 | -11 0 46.42  | 381 162.901 | 18                | 23 57 7.456  | 3 8 2.35     | 375 781.314 |
| 9 0              | 13 46 38.254 | -11 56 40.23 | 380 383.445 | 20 0              | 0 10 9.985   | 4 16 22.79   | 376 814.955 |
| 6                | 13 59 56.462 | -12 50 26.06 | 379 618.162 | 6                 | 0 23 10.366  | 5 23 29.96   | 377 892.491 |
| 12               | 14 13 23.110 | -13 41 50.34 | 378 867.405 | 12                | 0 36 8.955   | 6 29 10.79   | 379 009.280 |
| 18               | 14 26 58.340 | -14 30 39.54 | 378 131.502 | 18                | 0 49 6.080   | 7 33 12.91   | 380 160.367 |



## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date         | asc. droite      | déclinaison | distance    | Date        | asc. droite       | déclinaison  | distance    |
|--------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------|-------------|
|              | h m s            | ° ' "       | km          |             | h m s             | ° ' "        | km          |
| <b>Sept.</b> | 21 0 1 2 2.042   | 8 35 24.60  | 381 340.519 | <b>Oct.</b> | 2 0 10 11 41.655  | 6 5 38.28    | 394 261.720 |
|              | 6 1 14 57.111    | 9 35 34.85  | 382 544.268 |             | 6 10 23 38.661    | 5 4 55.56    | 393 223.612 |
|              | 12 1 27 51.520   | 10 33 33.33 | 383 765.953 |             | 12 10 35 37.565   | 4 3 2.33     | 392 164.219 |
|              | 18 1 40 45.468   | 11 29 10.48 | 384 999.761 |             | 18 10 47 38.868   | 3 0 7.63     | 391 088.674 |
|              | 22 0 1 53 39.116 | 12 22 17.40 | 386 239.774 |             | 3 0 10 59 43.078  | 1 56 20.99   | 390 002.107 |
|              | 6 2 6 32.585     | 13 12 45.95 | 387 480.012 |             | 6 11 11 50.715    | 0 51 52.39   | 388 909.616 |
|              | 12 2 19 25.957   | 14 0 28.71  | 388 714.473 |             | 12 11 24 2.298    | - 0 13 7.68  | 387 816.229 |
|              | 18 2 32 19.276   | 14 45 18.94 | 389 937.177 |             | 18 11 36 18.351   | - 1 18 28.25 | 386 726.869 |
|              | 23 0 2 45 12.547 | 15 27 10.64 | 391 142.204 |             | 4 0 11 48 39.390  | - 2 23 57.82 | 385 646.321 |
|              | 6 2 58 5.736     | 16 5 58.48  | 392 323.735 |             | 6 12 1 5.926      | - 3 29 24.40 | 384 579.198 |
|              | 12 3 10 58.778   | 16 41 37.83 | 393 476.085 |             | 12 12 13 38.457   | - 4 34 35.50 | 383 529.908 |
|              | 18 3 23 51.572   | 17 14 4.70  | 394 593.738 |             | 18 12 26 17.461   | - 5 39 18.14 | 382 502.627 |
|              | 24 0 3 36 43.987 | 17 43 15.78 | 395 671.381 |             | 5 0 12 39 3.393   | - 6 43 18.86 | 381 501.266 |
|              | 6 3 49 35.869    | 18 9 8.38   | 396 703.928 |             | 6 12 51 56.675    | - 7 46 23.81 | 380 529.452 |
|              | 12 4 2 27.040    | 18 31 40.41 | 397 686.551 |             | 12 13 4 57.694    | - 8 48 18.70 | 379 590.500 |
|              | 18 4 15 17.301   | 18 50 50.38 | 398 614.704 |             | 18 13 18 6.787    | - 9 48 48.97 | 378 687.400 |
|              | 25 0 4 28 6.445  | 19 6 37.36  | 399 484.141 |             | 6 0 13 31 24.243  | -10 47 39.74 | 377 822.796 |
|              | 6 4 40 54.251    | 19 19 0.97  | 400 290.937 |             | 6 13 44 50.284    | -11 44 35.97 | 376 998.985 |
|              | 12 4 53 40.497   | 19 28 1.34  | 401 031.508 |             | 12 13 58 25.064   | -12 39 22.54 | 376 217.901 |
|              | 18 5 6 24.961    | 19 33 39.09 | 401 702.621 |             | 18 14 12 8.662    | -13 31 44.32 | 375 481.121 |
|              | 26 0 5 19 7.428  | 19 35 55.29 | 402 301.409 |             | 7 0 14 26 1.066   | -14 21 26.32 | 374 789.867 |
|              | 6 5 31 47.691    | 19 34 51.45 | 402 825.381 |             | 6 14 40 2.175     | -15 8 13.81  | 374 145.012 |
|              | 12 5 44 25.559   | 19 30 29.49 | 403 272.431 |             | 12 14 54 11.789   | -15 51 52.44 | 373 547.093 |
|              | 18 5 57 0.861    | 19 22 51.70 | 403 640.841 |             | 18 15 8 29.605    | -16 32 8.42  | 372 996.331 |
|              | 27 0 6 9 33.447  | 19 12 0.72  | 403 929.290 |             | 8 0 15 22 55.218  | -17 8 48.65  | 372 492.648 |
|              | 6 6 22 3.192     | 18 57 59.52 | 404 136.854 |             | 6 15 37 28.115    | -17 41 40.84 | 372 035.695 |
|              | 12 6 34 30.001   | 18 40 51.37 | 404 263.009 |             | 12 15 52 7.684    | -18 10 33.75 | 371 624.879 |
|              | 18 6 46 53.810   | 18 20 39.82 | 404 307.629 |             | 18 16 6 53.216    | -18 35 17.22 | 371 259.391 |
|              | 28 0 6 59 14.586 | 17 57 28.67 | 404 270.982 |             | 9 0 16 21 43.911  | -18 55 42.40 | 370 938.242 |
|              | 6 7 11 32.332    | 17 31 21.97 | 404 153.731 |             | 6 16 36 38.896    | -19 11 41.83 | 370 660.295 |
|              | 12 7 23 47.085   | 17 2 24.00  | 403 956.922 |             | 12 16 51 37.234   | -19 23 9.54  | 370 424.300 |
|              | 18 7 35 58.917   | 16 30 39.25 | 403 681.982 |             | 18 17 6 37.938    | -19 30 1.12  | 370 228.931 |
|              | 29 0 7 48 7.937  | 15 56 12.44 | 403 330.710 |             | 10 0 17 21 39.994 | -19 32 13.83 | 370 072.818 |
|              | 6 8 0 14.288     | 15 19 8.46  | 402 905.261 |             | 6 17 36 42.378    | -19 29 46.55 | 369 954.583 |
|              | 12 8 12 18.148   | 14 39 32.44 | 402 408.141 |             | 12 17 51 44.073   | -19 22 39.86 | 369 872.868 |
|              | 18 8 24 19.729   | 13 57 29.70 | 401 842.188 |             | 18 18 6 44.093    | -19 10 55.96 | 369 826.371 |
|              | 30 0 8 36 19.277 | 13 13 5.79  | 401 210.559 |             | 11 0 18 21 41.495 | -18 54 38.65 | 369 813.865 |
|              | 6 8 48 17.069    | 12 26 26.47 | 400 516.713 |             | 6 18 36 35.401    | -18 33 53.24 | 369 834.230 |
|              | 12 9 0 13.411    | 11 37 37.73 | 399 764.389 |             | 12 18 51 25.010   | -18 8 46.47  | 369 886.465 |
|              | 18 9 12 8.640    | 10 46 45.85 | 398 957.588 |             | 18 19 6 9.608     | -17 39 26.39 | 369 969.711 |
| <b>Oct.</b>  | 1 0 9 24 3.119   | 9 53 57.34  | 398 100.549 |             | 12 0 19 20 48.580 | -17 6 2.27   | 370 083.261 |
|              | 6 9 35 57.237    | 8 59 19.02  | 397 197.725 |             | 6 19 35 21.414    | -16 28 44.44 | 370 226.563 |
|              | 12 9 47 51.406   | 8 2 58.03   | 396 253.757 |             | 12 19 49 47.703   | -15 47 44.17 | 370 399.234 |
|              | 18 9 59 46.061   | 7 5 1.84    | 395 273.445 |             | 18 20 4 7.147     | -15 3 13.56  | 370 601.048 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date             | asc. droite     | déclinaison  | distance    | Date             | asc. droite     | déclinaison  | distance    |
|------------------|-----------------|--------------|-------------|------------------|-----------------|--------------|-------------|
|                  | h m s           | ° ' "        | km          |                  | h m s           | ° ' "        | km          |
| <b>Oct.</b> 13 0 | 20 18 19.553    | -14 15 25.40 | 370 831.939 | <b>Oct.</b> 24 0 | 5 52 23.649     | 19 20 31.77  | 402 995.010 |
|                  | 6 20 32 24.826  | -13 24 33.05 | 371 091.989 |                  | 6 6 5 0.653     | 19 10 46.15  | 403 434.242 |
|                  | 12 20 46 22.965 | -12 30 50.34 | 371 381.414 |                  | 12 6 17 34.054  | 18 57 49.12  | 403 804.847 |
|                  | 18 21 0 14.059  | -11 34 31.47 | 371 700.547 |                  | 18 6 30 3.696   | 18 41 44.54  | 404 104.059 |
| 14 0             | 21 13 58.275    | -10 35 50.92 | 372 049.821 | 25 0             | 6 42 29.471     | 18 22 36.56  | 404 329.412 |
|                  | 6 21 27 35.850  | - 9 35 3.36  | 372 429.742 |                  | 6 6 54 51.315   | 18 0 29.61   | 404 478.758 |
|                  | 12 21 41 7.084  | - 8 32 23.59 | 372 840.868 |                  | 12 7 7 9.210    | 17 35 28.33  | 404 550.283 |
|                  | 18 21 54 32.329 | - 7 28 6.48  | 373 283.776 |                  | 18 7 19 23.186  | 17 7 37.56   | 404 542.525 |
| 15 0             | 22 7 51.980     | - 6 22 26.91 | 373 759.038 | 26 0             | 7 31 33.320     | 16 37 2.28   | 404 454.384 |
|                  | 6 22 21 6.467   | - 5 15 39.72 | 374 267.188 |                  | 6 7 43 39.737   | 16 3 47.62   | 404 285.133 |
|                  | 12 22 34 16.249 | - 4 7 59.68  | 374 808.691 |                  | 12 7 55 42.607  | 15 27 58.83  | 404 034.431 |
|                  | 18 22 47 21.801 | - 2 59 41.46 | 375 383.916 |                  | 18 8 7 42.144   | 14 49 41.25  | 403 702.333 |
| 16 0             | 23 0 23.608     | - 1 50 59.58 | 375 993.105 | 27 0             | 8 19 38.605     | 14 9 0.32    | 403 289.293 |
|                  | 6 23 13 22.163  | - 0 42 8.36  | 376 636.341 |                  | 6 8 31 32.288   | 13 26 1.55   | 402 796.172 |
|                  | 12 23 26 17.951 | 0 26 38.04   | 377 313.529 |                  | 12 8 43 23.531  | 12 40 50.55  | 402 224.242 |
|                  | 18 23 39 11.452 | 1 35 5.72    | 378 024.363 |                  | 18 8 55 12.708  | 11 53 33.03  | 401 575.191 |
| 17 0             | 23 52 3.131     | 2 43 1.03    | 378 768.309 | 28 0             | 9 7 0.227       | 11 4 14.83   | 400 851.117 |
|                  | 6 0 4 53.432    | 3 50 10.63   | 379 544.588 |                  | 6 9 18 46.529   | 10 13 1.88   | 400 054.532 |
|                  | 12 0 17 42.774  | 4 56 21.47   | 380 352.153 |                  | 12 9 30 32.086  | 9 20 0.30    | 399 188.355 |
|                  | 18 0 30 31.546  | 6 1 20.88    | 381 189.685 |                  | 18 9 42 17.396  | 8 25 16.38   | 398 255.907 |
| 18 0             | 0 43 20.106     | 7 4 56.54    | 382 055.581 | 29 0             | 9 54 2.985      | 7 28 56.61   | 397 260.904 |
|                  | 6 0 56 8.770    | 8 6 56.57    | 382 947.946 |                  | 6 10 5 49.399   | 6 31 7.76    | 396 207.443 |
|                  | 12 1 8 57.818   | 9 7 9.52     | 383 864.601 |                  | 12 10 17 37.209 | 5 31 56.86   | 395 099.989 |
|                  | 18 1 21 47.482  | 10 5 24.43   | 384 803.076 |                  | 18 10 29 27.003 | 4 31 31.30   | 393 943.362 |
| 19 0             | 1 34 37.949     | 11 1 30.86   | 385 760.625 | 30 0             | 10 41 19.382    | 3 29 58.82   | 392 742.711 |
|                  | 6 1 47 29.358   | 11 55 18.90  | 386 734.231 |                  | 6 10 53 14.966  | 2 27 27.59   | 391 503.498 |
|                  | 12 2 0 21.799   | 12 46 39.24  | 387 720.622 |                  | 12 11 5 14.380  | 1 24 6.25    | 390 231.465 |
|                  | 18 2 13 15.310  | 13 35 23.18  | 388 716.287 |                  | 18 11 17 18.259 | 0 20 3.96    | 388 932.611 |
| 20 0             | 2 26 9.880      | 14 21 22.66  | 389 717.496 | 31 0             | 11 29 27.239    | - 0 44 29.59 | 387 613.155 |
|                  | 6 2 39 5.448    | 15 4 30.28   | 390 720.322 |                  | 6 11 41 41.957  | - 1 49 24.11 | 386 279.501 |
|                  | 12 2 52 1.905   | 15 44 39.34  | 391 720.663 |                  | 12 11 54 3.042  | - 2 54 28.67 | 384 938.200 |
|                  | 18 3 4 59.096   | 16 21 43.87  | 392 714.273 |                  | 18 12 6 31.113  | - 3 59 31.68 | 383 595.904 |
| 21 0             | 3 17 56.824     | 16 55 38.60  | 393 696.784 | <b>Nov.</b> 1 0  | 12 19 6.770     | - 5 4 20.90  | 382 259.325 |
|                  | 6 3 30 54.852   | 17 26 19.01  | 394 663.735 |                  | 6 12 31 50.587  | - 6 8 43.37  | 380 935.184 |
|                  | 12 3 43 52.913  | 17 53 41.34  | 395 610.607 |                  | 12 12 44 43.109 | - 7 12 25.47 | 379 630.161 |
|                  | 18 3 56 50.706  | 18 17 42.55  | 396 532.844 |                  | 18 12 57 44.836 | - 8 15 12.88 | 378 350.843 |
| 22 0             | 4 9 47.912      | 18 38 20.35  | 397 425.891 | 2 0              | 13 10 56.217    | - 9 16 50.66 | 377 103.672 |
|                  | 6 4 22 44.193   | 18 55 33.17  | 398 285.218 |                  | 6 13 24 17.641  | -10 17 3.30  | 375 894.891 |
|                  | 12 4 35 39.203  | 19 9 20.13   | 399 106.354 |                  | 12 13 37 49.423 | -11 15 34.73 | 374 730.486 |
|                  | 18 4 48 32.593  | 19 19 41.05  | 399 884.912 |                  | 18 13 51 31.793 | -12 12 8.50  | 373 616.142 |
| 23 0             | 5 1 24.016      | 19 26 36.39  | 400 616.620 | 3 0              | 14 5 24.886     | -13 6 27.84  | 372 557.186 |
|                  | 6 5 14 13.138   | 19 30 7.23   | 401 297.347 |                  | 6 14 19 28.730  | -13 58 15.82 | 371 558.539 |
|                  | 12 5 26 59.643  | 19 30 15.20  | 401 923.132 |                  | 12 14 33 43.234 | -14 47 15.50 | 370 624.677 |
|                  | 18 5 39 43.235  | 19 27 2.49   | 402 490.203 |                  | 18 14 48 8.180  | -15 33 10.15 | 369 759.588 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date     | asc. droite  | déclinaison  | distance    | Date      | asc. droite  | déclinaison | distance    |
|----------|--------------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|-------------|
|          | h m s        | ° ' "        | km          |           | h m s        | ° ' "       | km          |
| Nov. 4 0 | 15 2 43.215  | -16 15 43.41 | 368 966.738 | Nov. 15 0 | 1 19 21.402  | 9 54 51.88  | 387 618.593 |
| 6        | 15 17 27.846 | -16 54 39.56 | 368 249.045 | 6         | 1 31 58.638  | 10 50 27.41 | 388 458.425 |
| 12       | 15 32 21.440 | -17 29 43.68 | 367 608.855 | 12        | 1 44 37.512  | 11 43 54.64 | 389 297.129 |
| 18       | 15 47 23.223 | -18 0 41.96  | 367 047.934 | 18        | 1 57 18.203  | 12 35 4.51  | 390 134.023 |
| 5 0      | 16 2 32.286  | -18 27 21.89 | 366 567.457 | 16 0      | 2 10 0.832   | 13 23 48.32 | 390 968.294 |
| 6        | 16 17 47.601 | -18 49 32.48 | 366 168.011 | 6         | 2 22 45.461  | 14 9 57.83  | 391 798.988 |
| 12       | 16 33 8.030  | -19 7 4.46   | 365 849.609 | 12        | 2 35 32.089  | 14 53 25.30 | 392 624.994 |
| 18       | 16 48 32.347 | -19 19 50.44 | 365 611.701 | 18        | 2 48 20.658  | 15 34 3.46  | 393 445.032 |
| 6 0      | 17 3 59.259  | -19 27 45.06 | 365 453.206 | 17 0      | 3 1 11.049   | 16 11 45.65 | 394 257.654 |
| 6        | 17 19 27.436 | -19 30 45.07 | 365 372.540 | 6         | 3 14 3.086   | 16 46 25.77 | 395 061.229 |
| 12       | 17 34 55.533 | -19 28 49.36 | 365 367.653 | 12        | 3 26 56.541  | 17 17 58.38 | 395 853.953 |
| 18       | 17 50 22.223 | -19 21 58.99 | 365 436.075 | 18        | 3 39 51.133  | 17 46 18.70 | 396 633.840 |
| 7 0      | 18 5 46.218  | -19 10 17.11 | 365 574.965 | 18 0      | 3 52 46.539  | 18 11 22.65 | 397 398.736 |
| 6        | 18 21 6.304  | -18 53 48.88 | 365 781.156 | 6         | 4 5 42.395   | 18 33 6.89  | 398 146.316 |
| 12       | 18 36 21.355 | -18 32 41.33 | 366 051.213 | 12        | 4 18 38.308  | 18 51 28.80 | 398 874.100 |
| 18       | 18 51 30.358 | -18 7 3.22   | 366 381.486 | 18        | 4 31 33.857  | 19 6 26.51  | 399 579.462 |
| 8 0      | 19 6 32.423  | -17 37 4.82  | 366 768.166 | 19 0      | 4 44 28.606  | 19 17 58.92 | 400 259.644 |
| 6        | 19 21 26.801 | -17 2 57.74  | 367 207.337 | 6         | 4 57 22.110  | 19 26 5.64  | 400 911.770 |
| 12       | 19 36 12.881 | -16 24 54.69 | 367 695.027 | 12        | 5 10 13.924  | 19 30 47.04 | 401 532.867 |
| 18       | 19 50 50.199 | -15 43 9.30  | 368 227.262 | 18        | 5 23 3.612   | 19 32 4.17  | 402 119.878 |
| 9 0      | 20 5 18.432  | -14 57 55.89 | 368 800.108 | 20 0      | 5 35 50.753  | 19 29 58.76 | 402 669.689 |
| 6        | 20 19 37.395 | -14 9 29.30  | 369 409.716 | 6         | 5 48 34.953  | 19 24 33.17 | 403 179.145 |
| 12       | 20 33 47.032 | -13 18 4.74  | 370 052.360 | 12        | 6 1 15.846   | 19 15 50.35 | 403 645.075 |
| 18       | 20 47 47.406 | -12 23 57.58 | 370 724.468 | 18        | 6 13 53.107  | 19 3 53.77  | 404 064.315 |
| 10 0     | 21 1 38.688  | -11 27 23.27 | 371 422.654 | 21 0      | 6 26 26.451  | 18 48 47.41 | 404 433.731 |
| 6        | 21 15 21.148 | -10 28 37.21 | 372 143.738 | 6         | 6 38 55.644  | 18 30 35.67 | 404 750.244 |
| 12       | 21 28 55.136 | -9 27 54.67  | 372 884.765 | 12        | 6 51 20.501  | 18 9 23.32  | 405 010.854 |
| 18       | 21 42 21.075 | -8 25 30.70  | 373 643.018 | 18        | 7 3 40.891   | 17 45 15.46 | 405 212.665 |
| 11 0     | 21 55 39.450 | -7 21 40.11  | 374 416.028 | 22 0      | 7 15 56.739  | 17 18 17.45 | 405 352.910 |
| 6        | 22 8 50.791  | -6 16 37.41  | 375 201.572 | 6         | 7 28 8.027   | 16 48 34.87 | 405 428.974 |
| 12       | 22 21 55.667 | -5 10 36.79  | 375 997.673 | 12        | 7 40 14.793  | 16 16 13.47 | 405 438.420 |
| 18       | 22 34 54.675 | -4 3 52.12   | 376 802.597 | 18        | 7 52 17.131  | 15 41 19.14 | 405 379.013 |
| 12 0     | 22 47 48.431 | -2 56 36.95  | 377 614.839 | 23 0      | 8 4 15.189   | 15 3 57.86  | 405 248.740 |
| 6        | 23 0 37.560  | -1 49 4.49   | 378 433.109 | 6         | 8 16 9.169   | 14 24 15.68 | 405 045.839 |
| 12       | 23 13 22.689 | -0 41 27.63  | 379 256.320 | 12        | 8 27 59.324  | 13 42 18.69 | 404 768.814 |
| 18       | 23 26 4.442  | 0 26 1.03    | 380 083.563 | 18        | 8 39 45.956  | 12 58 12.99 | 404 416.463 |
| 13 0     | 23 38 43.432 | 1 33 9.21    | 380 914.085 | 24 0      | 8 51 29.412  | 12 12 4.73  | 403 987.894 |
| 6        | 23 51 20.254 | 2 39 44.87   | 381 747.272 | 6         | 9 3 10.086   | 11 24 0.05  | 403 482.549 |
| 12       | 0 3 55.481   | 3 45 36.30   | 382 582.615 | 12        | 9 14 48.409  | 10 34 5.10  | 402 900.218 |
| 18       | 0 16 29.659  | 4 50 32.01   | 383 419.689 | 18        | 9 26 24.854  | 9 42 26.06  | 402 241.060 |
| 14 0     | 0 29 3.301   | 5 54 20.80   | 384 258.125 | 25 0      | 9 37 59.928  | 8 49 9.16   | 401 505.618 |
| 6        | 0 41 36.883  | 6 56 51.71   | 385 097.584 | 6         | 9 49 34.174  | 7 54 20.66  | 400 694.834 |
| 12       | 0 54 10.841  | 7 57 54.08   | 385 937.730 | 12        | 10 1 8.164   | 6 58 6.93   | 399 810.062 |
| 18       | 1 6 45.566   | 8 57 17.51   | 386 778.201 | 18        | 10 12 42.499 | 6 0 34.47   | 398 853.083 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date             | asc. droite  | déclinaison  | distance   | Date            | asc. droite  | déclinaison  | distance    |
|------------------|--------------|--------------|------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
|                  | h m s        | ° ' "        | km         |                 | h m s        | ° ' "        | km          |
| <b>Nov.</b> 26 0 | 10 24 17.809 | 5 1 49.89    | 397826.110 | <b>Déc.</b> 7 0 | 20 45 59.305 | -12 37 39.84 | 365 178.765 |
| 6                | 10 35 54.746 | 4 2 0.04     | 396731.796 | 6               | 21 0 17.873  | -11 39 47.49 | 366 115.357 |
| 12               | 10 47 33.984 | 3 1 12.00    | 395573.246 | 12              | 21 14 25.566 | -10 39 38.37 | 367 105.581 |
| 18               | 10 59 16.218 | 1 59 33.13   | 394354.010 | 18              | 21 28 22.652 | -9 37 30.51  | 368 143.027 |
| 27 0             | 11 11 2.158  | 0 57 11.16   | 393078.092 | 8 0             | 21 42 9.502  | -8 33 41.50  | 369 221.335 |
| 6                | 11 22 52.528 | -0 5 45.80   | 391749.939 | 6               | 21 55 46.575 | -7 28 28.42  | 370 334.258 |
| 12               | 11 34 48.063 | -1 9 9.18    | 390374.440 | 12              | 22 9 14.405  | -6 22 7.78   | 371 475.716 |
| 18               | 11 46 49.504 | -2 12 49.88  | 388956.914 | 18              | 22 22 33.582 | -5 14 55.44  | 372 639.844 |
| 28 0             | 11 58 57.595 | -3 16 38.25  | 387503.094 | 9 0             | 22 35 44.742 | -4 7 6.63    | 373 821.027 |
| 6                | 12 11 13.075 | -4 20 23.99  | 386019.109 | 6               | 22 48 48.553 | -2 58 55.90  | 375 013.941 |
| 12               | 12 23 36.674 | -5 23 56.15  | 384511.461 | 12              | 23 1 45.707  | -1 50 37.14  | 376 213.576 |
| 18               | 12 36 9.107  | -6 27 3.05   | 382986.994 | 18              | 23 14 36.906 | -0 42 23.62  | 377 415.258 |
| 29 0             | 12 48 51.064 | -7 29 32.25  | 381452.864 | 10 0            | 23 27 22.858 | 0 25 32.00   | 378 614.665 |
| 6                | 13 1 43.200  | -8 31 10.55  | 379916.498 | 6               | 23 40 4.263  | 1 32 57.63   | 379 807.836 |
| 12               | 13 14 46.126 | -9 31 43.94  | 378385.549 | 12              | 23 52 41.814 | 2 39 41.72   | 380 991.173 |
| 18               | 13 28 0.398  | -10 30 57.65 | 376867.845 | 18              | 0 5 16.183   | 3 45 33.21   | 382 161.441 |
| 30 0             | 13 41 26.501 | -11 28 36.15 | 375371.339 | 11 0            | 0 17 48.021  | 4 50 21.48   | 383 315.764 |
| 6                | 13 55 4.837  | -12 24 23.24 | 373904.042 | 6               | 0 30 17.951  | 5 53 56.34   | 384 451.611 |
| 12               | 14 8 55.707  | -13 18 2.08  | 372473.964 | 12              | 0 42 46.561  | 6 56 8.00    | 385 566.788 |
| 18               | 14 22 59.302 | -14 9 15.36  | 371089.040 | 18              | 0 55 14.404  | 7 56 47.01   | 386 659.416 |
| <b>Déc.</b> 1 0  | 14 37 15.680 | -14 57 45.41 | 369757.065 | 12 0            | 1 7 41.991   | 8 55 44.23   | 387 727.914 |
| 6                | 14 51 44.754 | -15 43 14.38 | 368485.611 | 6               | 1 20 9.786   | 9 52 50.89   | 388 770.979 |
| 12               | 15 6 26.283  | -16 25 24.49 | 367281.959 | 12              | 1 32 38.209  | 10 47 58.46  | 389 787.559 |
| 18               | 15 21 19.852 | -17 3 58.25  | 366153.020 | 18              | 1 45 7.624   | 11 40 58.74  | 390 776.831 |
| 2 0              | 15 36 24.874 | -17 38 38.71 | 365105.259 | 13 0            | 1 57 38.343  | 12 31 43.84  | 391 738.172 |
| 6                | 15 51 40.579 | -18 9 9.82   | 364144.627 | 6               | 2 10 10.621  | 13 20 6.14   | 392 671.135 |
| 12               | 16 7 6.020   | -18 35 16.67 | 363276.491 | 12              | 2 22 44.651  | 14 5 58.35   | 393 575.420 |
| 18               | 16 22 40.081 | -18 56 45.85 | 362505.575 | 18              | 2 35 20.569  | 14 49 13.55  | 394 450.846 |
| 3 0              | 16 38 21.487 | -19 13 25.71 | 361835.903 | 14 0            | 2 47 58.447  | 15 29 45.15  | 395 297.328 |
| 6                | 16 54 8.828  | -19 25 6.65  | 361270.757 | 6               | 3 0 38.297   | 16 7 26.96   | 396 114.844 |
| 12               | 17 10 0.584  | -19 31 41.37 | 360812.636 | 12              | 3 13 20.067  | 16 42 13.23  | 396 903.415 |
| 18               | 17 25 55.155 | -19 33 5.02  | 360463.235 | 18              | 3 26 3.647   | 17 13 58.66  | 397 663.077 |
| 4 0              | 17 41 50.897 | -19 29 15.37 | 360223.433 | 15 0            | 3 38 48.868  | 17 42 38.46  | 398 393.862 |
| 6                | 17 57 46.159 | -19 20 12.83 | 360093.286 | 6               | 3 51 35.507  | 18 8 8.37    | 399 095.768 |
| 12               | 18 13 39.320 | -19 6 0.49   | 360072.041 | 12              | 4 4 23.289   | 18 30 24.71  | 399 768.749 |
| 18               | 18 29 28.825 | -18 46 43.99 | 360158.157 | 18              | 4 17 11.896  | 18 49 24.40  | 400 412.688 |
| 5 0              | 18 45 13.219 | -18 22 31.42 | 360349.340 | 16 0            | 4 30 0.966   | 19 5 4.99    | 401 027.387 |
| 6                | 19 0 51.171  | -17 53 33.11 | 360642.583 | 6               | 4 42 50.110  | 19 17 24.69  | 401 612.549 |
| 12               | 19 16 21.505 | -17 20 1.38  | 361034.223 | 12              | 4 55 38.908  | 19 26 22.38  | 402 167.767 |
| 18               | 19 31 43.209 | -16 42 10.28 | 361519.999 | 18              | 5 8 26.925   | 19 31 57.64  | 402 692.516 |
| 6 0              | 19 46 55.447 | -16 0 15.29  | 362095.118 | 17 0            | 5 21 13.719  | 19 34 10.71  | 403 186.142 |
| 6                | 20 1 57.564  | -15 14 33.04 | 362754.332 | 6               | 5 33 58.842  | 19 33 2.54   | 403 647.861 |
| 12               | 20 16 49.087 | -14 25 20.99 | 363492.009 | 12              | 5 46 41.858  | 19 28 34.73  | 404 076.755 |
| 18               | 20 31 29.714 | -13 32 57.14 | 364302.209 | 18              | 5 59 22.346  | 19 20 49.52  | 404 471.771 |

## LUNE 2013 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date      | asc. droite  | déclinaison  | distance    | Date      | asc. droite  | déclinaison  | distance    |
|-----------|--------------|--------------|-------------|-----------|--------------|--------------|-------------|
|           | h m s        | ° ' "        | km          |           | h m s        | ° ' "        | km          |
| Déc. 18 0 | 6 11 59.907  | 19 9 49.78   | 404 831.722 | Déc. 26 0 | 12 30 36.790 | - 5 47 16.25 | 388 853.561 |
| 6         | 6 24 34.172  | 18 55 38.96  | 405 155.297 | 6         | 12 42 51.397 | - 6 48 22.09 | 387 393.951 |
| 12        | 6 37 4.813   | 18 38 21.05  | 405 441.060 | 12        | 12 55 14.864 | - 7 48 46.27 | 385 896.803 |
| 18        | 6 49 31.539  | 18 18 0.51   | 405 687.465 | 18        | 13 7 47.920  | - 8 48 17.25 | 384 367.469 |
| 19 0      | 7 1 54.109   | 17 54 42.27  | 405 892.863 | 27 0      | 13 20 31.267 | - 9 46 42.82 | 382 811.756 |
| 6         | 7 14 12.334  | 17 28 31.66  | 406 055.517 | 6         | 13 33 25.569 | -10 43 50.07 | 381 235.916 |
| 12        | 7 26 26.074  | 16 59 34.33  | 406 173.616 | 12        | 13 46 31.438 | -11 39 25.34 | 379 646.619 |
| 18        | 7 38 35.248  | 16 27 56.24  | 406 245.289 | 18        | 13 59 49.428 | -12 33 14.31 | 378 050.933 |
| 20 0      | 7 50 39.829  | 15 53 43.56  | 406 268.627 | 28 0      | 14 13 20.014 | -13 25 1.95  | 376 456.286 |
| 6         | 8 2 39.847   | 15 17 2.70   | 406 241.699 | 6         | 14 27 3.579  | -14 14 32.62 | 374 870.434 |
| 12        | 8 14 35.387  | 14 38 0.18   | 406 162.574 | 12        | 14 41 0.401  | -15 1 30.14  | 373 301.408 |
| 18        | 8 26 26.589  | 13 56 42.67  | 406 029.343 | 18        | 14 55 10.630 | -15 45 37.91 | 371 757.465 |
| 21 0      | 8 38 13.647  | 13 13 16.87  | 405 840.137 | 29 0      | 15 9 34.281  | -16 26 39.06 | 370 247.026 |
| 6         | 8 49 56.806  | 12 27 49.58  | 405 593.159 | 6         | 15 24 11.210 | -17 4 16.63  | 368 778.608 |
| 12        | 9 1 36.357   | 11 40 27.60  | 405 286.699 | 12        | 15 39 1.106  | -17 38 13.82 | 367 360.755 |
| 18        | 9 13 12.642  | 10 51 17.73  | 404 919.167 | 18        | 15 54 3.481  | -18 8 14.18  | 366 001.954 |
| 22 0      | 9 24 46.044  | 10 0 26.80   | 404 489.110 | 30 0      | 16 9 17.660  | -18 34 1.97  | 364 710.555 |
| 6         | 9 36 16.990  | 9 8 1.60     | 403 995.244 | 6         | 16 24 42.783 | -18 55 22.43 | 363 494.680 |
| 12        | 9 47 45.945  | 8 14 8.94    | 403 436.476 | 12        | 16 40 17.808 | -19 12 2.09  | 362 362.136 |
| 18        | 9 59 13.412  | 7 18 55.62   | 402 811.930 | 18        | 16 56 1.520  | -19 23 49.11 | 361 320.324 |
| 23 0      | 10 10 39.927 | 6 22 28.46   | 402 120.974 | 31 0      | 17 11 52.553 | -19 30 33.59 | 360 376.143 |
| 6         | 10 22 6.060  | 5 24 54.30   | 401 363.242 | 6         | 17 27 49.407 | -19 32 7.84  | 359 535.914 |
| 12        | 10 33 32.410 | 4 26 20.06   | 400 538.661 | 12        | 17 43 50.483 | -19 28 26.61 | 358 805.284 |
| 18        | 10 44 59.604 | 3 26 52.72   | 399 647.475 | 18        | 17 59 54.115 | -19 19 27.33 | 358 189.162 |
| 24 0      | 10 56 28.295 | 2 26 39.40   | 398 690.264 | 32 0      | 18 15 58.608 | -19 5 10.18  | 357 691.644 |
| 6         | 11 7 59.161  | 1 25 47.37   | 397 667.973 | 6         | 18 32 2.278  | -18 45 38.14 | 357 315.958 |
| 12        | 11 19 32.900 | 0 24 24.09   | 396 581.927 | 12        | 18 48 3.486  | -18 20 57.02 | 357 064.422 |
| 18        | 11 31 10.229 | - 0 37 22.73 | 395 433.851 | 18        | 19 4 0.680   | -17 51 15.32 | 356 938.407 |
| 25 0      | 11 42 51.882 | - 1 39 25.07 | 394 225.891 | 33 0      | 19 19 52.421 | -17 16 44.06 | 356 938.326 |
| 6         | 11 54 38.605 | - 2 41 34.57 | 392 960.626 | 6         | 19 35 37.414 | -16 37 36.57 | 357 063.625 |
| 12        | 12 6 31.155  | - 3 43 42.50 | 391 641.082 | 12        | 19 51 14.526 | -15 54 8.23  | 357 312.799 |
| 18        | 12 18 30.296 | - 4 45 39.63 | 390 270.744 | 18        | 20 6 42.800  | -15 6 36.15  | 357 683.417 |

# PLANÈTES PRINCIPALES

Coordonnées héliocentriques :  
Longitude, latitude, rayon vecteur.

|   |        |
|---|--------|
| MERCURE .....                           | II. 54 |
| VÉNUS .....                             | II. 58 |
| MARS .....                              | II. 60 |
| JUPITER, SATURNE, URANUS, NEPTUNE ..... | II. 61 |

Coordonnées géocentriques :  
Ascension droite et déclinaison apparentes, distance à la Terre.

|               |        |
|---------------|--------|
| MERCURE ..... | II. 62 |
| VÉNUS .....   | II. 66 |
| MARS .....    | II. 70 |
| JUPITER ..... | II. 74 |
| SATURNE ..... | II. 78 |
| URANUS .....  | II. 82 |
| NEPTUNE ..... | II. 86 |

## MERCURE 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

| Date  | longitude |     |       | latitude |     |       | rayon v.   | Date       | longitude |     |       | latitude |       |       | rayon v.   |            |            |
|-------|-----------|-----|-------|----------|-----|-------|------------|------------|-----------|-----|-------|----------|-------|-------|------------|------------|------------|
|       | °         | '   | "     | °        | '   | "     | ua         |            | °         | '   | "     | °        | '     | "     | ua         |            |            |
| Janv. | 0         | 245 | 58    | 9.16     | - 2 | 8     | 1.87       | 0.46433782 | Févr.     | 15  | 64    | 3        | 43.01 | 1     | 54         | 34.99      | 0.30890699 |
|       | 1         | 248 | 43    | 47.80    | - 2 | 27    | 14.20      | 0.46534600 |           | 16  | 70    | 20       | 12.46 | 2     | 38         | 15.44      | 0.30788347 |
|       | 2         | 251 | 28    | 54.06    | - 2 | 46    | 1.85       | 0.46607637 |           | 17  | 76    | 38       | 51.73 | 3     | 20         | 13.35      | 0.30749629 |
|       | 3         | 254 | 13    | 40.37    | - 3 | 4     | 23.79      | 0.46652810 |           | 18  | 82    | 58       | 12.13 | 3     | 59         | 46.77      | 0.30775176 |
|       | 4         | 256 | 58    | 19.04    | - 3 | 22    | 18.92      | 0.46670068 |           | 19  | 89    | 16       | 42.64 | 4     | 36         | 17.64      | 0.30864572 |
|       | 5         | 259 | 43    | 2.31     | - 3 | 39    | 46.12      | 0.46659391 |           | 20  | 95    | 32       | 52.88 | 5     | 9          | 13.61      | 0.31016368 |
|       | 6         | 262 | 28    | 2.37     | - 3 | 56    | 44.17      | 0.46620792 |           | 21  | 101   | 45       | 16.11 | 5     | 38         | 9.38       | 0.31228155 |
|       | 7         | 265 | 13    | 31.42    | - 4 | 13    | 11.77      | 0.46554314 |           | 22  | 107   | 52       | 31.89 | 6     | 2          | 47.43      | 0.31496674 |
|       | 8         | 267 | 59    | 41.76    | - 4 | 29    | 7.51       | 0.46460031 |           | 23  | 113   | 53       | 28.46 | 6     | 22         | 58.25      | 0.31817954 |
|       | 9         | 270 | 46    | 45.78    | - 4 | 44    | 29.84      | 0.46338054 |           | 24  | 119   | 47       | 4.34  | 6     | 38         | 39.88      | 0.32187476 |
|       | 10        | 273 | 34    | 56.07    | - 4 | 59    | 17.09      | 0.46188525 |           | 25  | 125   | 32       | 29.34 | 6     | 49         | 57.08      | 0.32600328 |
|       | 11        | 276 | 24    | 25.42    | - 5 | 13    | 27.39      | 0.46011625 |           | 26  | 131   | 9        | 4.89  | 6     | 57         | 0.23       | 0.33051371 |
|       | 12        | 279 | 15    | 26.89    | - 5 | 26    | 58.70      | 0.45807574 |           | 27  | 136   | 36       | 23.78 | 7     | 0          | 4.02       | 0.33535376 |
|       | 13        | 282 | 8     | 13.89    | - 5 | 39    | 48.77      | 0.45576638 |           | 28  | 141   | 54       | 9.40  | 6     | 59         | 26.17      | 0.34047147 |
| 14    | 285       | 3   | 0.16  | - 5      | 51  | 55.10 | 0.45319126 | Mars       | 1         | 147 | 2     | 14.65    | 6     | 55    | 26.31      | 0.34581621 |            |
| 15    | 287       | 59  | 59.90 | - 6      | 3   | 14.95 | 0.45035402 |            | 2         | 152 | 0     | 40.68    | 6     | 48    | 24.89      | 0.35133941 |            |
| 16    | 290       | 59  | 27.76 | - 6      | 13  | 45.30 | 0.44725888 |            | 3         | 156 | 49    | 35.53    | 6     | 57    | 42.40      | 0.35699515 |            |
| 17    | 294       | 1   | 38.91 | - 6      | 23  | 22.79 | 0.44391069 |            | 4         | 161 | 29    | 12.82    | 6     | 26    | 38.76      | 0.36274047 |            |
| 18    | 297       | 6   | 49.09 | - 6      | 32  | 3.77  | 0.44031499 |            | 5         | 165 | 59    | 50.48    | 6     | 12    | 32.81      | 0.36853557 |            |
| 19    | 300       | 15  | 14.64 | - 6      | 39  | 44.20 | 0.43647816 |            | 6         | 170 | 21    | 49.67    | 5     | 56    | 42.11      | 0.37434391 |            |
| 20    | 303       | 27  | 12.53 | - 6      | 46  | 19.64 | 0.43240744 | 7          | 174       | 35  | 33.80 | 5        | 39    | 22.73 | 0.38013210 |            |            |
| 21    | 306       | 43  | 0.44  | - 6      | 51  | 45.25 | 0.42811106 | 8          | 178       | 41  | 27.75 | 5        | 20    | 49.18 | 0.38586988 |            |            |
| 22    | 310       | 2   | 56.73 | - 6      | 55  | 55.76 | 0.42359837 | 9          | 182       | 39  | 57.16 | 5        | 1     | 14.46 | 0.39152989 |            |            |
| 23    | 313       | 27  | 20.46 | - 6      | 58  | 45.40 | 0.41887997 | 10         | 186       | 31  | 28.01 | 4        | 40    | 50.09 | 0.39708756 |            |            |
| 24    | 316       | 56  | 31.44 | - 7      | 0   | 7.96  | 0.41396782 | 11         | 190       | 16  | 26.11 | 4        | 19    | 46.21 | 0.40252084 |            |            |
| 25    | 320       | 30  | 50.13 | - 6      | 59  | 56.74 | 0.40887545 | 12         | 193       | 55  | 16.88 | 3        | 58    | 11.72 | 0.40781005 |            |            |
| 26    | 324       | 10  | 37.66 | - 6      | 58  | 4.55  | 0.40361810 | 13         | 197       | 28  | 25.09 | 3        | 36    | 14.34 | 0.41293763 |            |            |
| 27    | 327       | 56  | 15.72 | - 6      | 54  | 23.77 | 0.39821289 | 14         | 200       | 56  | 14.73 | 3        | 14    | 0.80  | 0.41788796 |            |            |
| 28    | 331       | 48  | 6.48  | - 6      | 48  | 46.38 | 0.39267908 | 15         | 204       | 19  | 8.91  | 2        | 51    | 36.91 | 0.42264719 |            |            |
| 29    | 335       | 46  | 32.40 | - 6      | 41  | 4.01  | 0.38703819 | 16         | 207       | 37  | 29.82 | 2        | 29    | 7.67  | 0.42720304 |            |            |
| 30    | 339       | 51  | 56.00 | - 6      | 31  | 8.12  | 0.38131428 | 17         | 210       | 51  | 38.71 | 2        | 6     | 37.42 | 0.43154466 |            |            |
| 31    | 344       | 4   | 39.64 | - 6      | 18  | 50.08 | 0.37553411 | 18         | 214       | 1   | 55.86 | 1        | 44    | 9.86  | 0.43566243 |            |            |
| Févr. | 1         | 348 | 25    | 5.10     | - 6 | 4     | 1.47       | 0.36972733 | 19        | 217 | 8     | 40.68    | 1     | 21    | 48.22      | 0.43954792 |            |
|       | 2         | 352 | 53    | 33.14    | - 5 | 46    | 34.33      | 0.36392667 | 20        | 220 | 12    | 11.66    | 0     | 59    | 35.25      | 0.44319367 |            |
|       | 3         | 357 | 30    | 22.95    | - 5 | 26    | 21.53      | 0.35816803 | 21        | 223 | 12    | 46.51    | 0     | 37    | 33.36      | 0.44659316 |            |
|       | 4         | 2   | 15    | 51.49    | - 5 | 3     | 17.25      | 0.35249053 | 22        | 226 | 10    | 42.12    | 0     | 15    | 44.60      | 0.44974067 |            |
|       | 5         | 7   | 10    | 12.66    | - 4 | 37    | 17.52      | 0.34693651 | 23        | 229 | 6     | 14.70    | - 0   | 5     | 49.18      | 0.45263121 |            |
|       | 6         | 12  | 13    | 36.45    | - 4 | 8     | 20.81      | 0.34155130 | 24        | 231 | 59    | 39.78    | - 0   | 27    | 6.40       | 0.45526045 |            |
|       | 7         | 17  | 26    | 7.89     | - 3 | 36    | 28.79      | 0.33638295 | 25        | 234 | 51    | 12.32    | - 0   | 48    | 5.62       | 0.45762463 |            |
|       | 8         | 22  | 47    | 45.99    | - 3 | 1     | 47.03      | 0.33148173 | 26        | 237 | 41    | 6.72     | - 1   | 8     | 45.55      | 0.45972053 |            |
|       | 9         | 28  | 18    | 22.56    | - 2 | 24    | 25.70      | 0.32689940 | 27        | 240 | 29    | 36.92    | - 1   | 29    | 5.01       | 0.46154544 |            |
|       | 10        | 33  | 57    | 41.15    | - 1 | 44    | 40.20      | 0.32268828 | 28        | 243 | 16    | 56.44    | - 1   | 49    | 2.89       | 0.46309704 |            |
|       | 11        | 39  | 45    | 16.03    | - 1 | 2     | 51.63      | 0.31890005 | 29        | 246 | 3     | 18.47    | - 2   | 8     | 38.13      | 0.46437346 |            |
|       | 12        | 45  | 40    | 31.36    | - 0 | 19    | 26.92      | 0.31558442 | 30        | 248 | 48    | 55.86    | - 2   | 27    | 49.69      | 0.46537318 |            |
|       | 13        | 51  | 42    | 40.70    | 0   | 25    | 1.39       | 0.31278752 | 31        | 251 | 34    | 1.25     | - 2   | 46    | 36.55      | 0.46609505 |            |
|       | 14        | 57  | 50    | 46.99    | 1   | 9     | 55.80      | 0.31055032 | Avril     | 1   | 254   | 18       | 47.07 | - 3   | 4          | 57.66      | 0.46653824 |

## MERCURE 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

| Date  | longitude |     |       | latitude |    |       | rayon v.   | Date       | longitude  |     |       | latitude |       |       | rayon v. |            |            |            |
|-------|-----------|-----|-------|----------|----|-------|------------|------------|------------|-----|-------|----------|-------|-------|----------|------------|------------|------------|
|       | °         | '   | "     | °        | '  | "     | ua         |            | °          | '   | "     | °        | '     | "     | ua       |            |            |            |
| Avril | 2         | 257 | 3     | 25.64    | -  | 3     | 22         | 51.93      | 0.46670226 | Mai | 18    | 89       | 28    | 26.66 | 4        | 37         | 22.48      | 0.30868156 |
|       | 3         | 259 | 48    | 9.18     | -  | 3     | 40         | 18.23      | 0.46658692 |     | 19    | 95       | 44    | 31.40 | 5        | 10         | 11.34      | 0.31021863 |
|       | 4         | 262 | 33    | 9.88     | -  | 3     | 57         | 15.34      | 0.46619236 |     | 20    | 101      | 56    | 46.49 | 5        | 38         | 59.32      | 0.31235475 |
|       | 5         | 265 | 18    | 39.96    | -  | 4     | 13         | 41.97      | 0.46551900 |     | 21    | 108      | 3     | 51.76 | 6        | 3          | 29.17      | 0.31505707 |
|       | 6         | 268 | 4     | 51.70    | -  | 4     | 29         | 36.68      | 0.46456763 |     | 22    | 114      | 4     | 35.71 | 6        | 23         | 31.61      | 0.31828570 |
|       | 7         | 270 | 51    | 57.51    | -  | 4     | 44         | 57.94      | 0.46333934 |     | 23    | 119      | 57    | 57.21 | 6        | 39         | 4.90       | 0.32199528 |
|       | 8         | 273 | 40    | 9.98     | -  | 4     | 59         | 44.06      | 0.46183556 |     | 24    | 125      | 43    | 6.43  | 6        | 50         | 14.01      | 0.32613661 |
|       | 9         | 276 | 29    | 41.91    | -  | 5     | 13         | 53.18      | 0.46005813 |     | 25    | 131      | 19    | 25.16 | 6        | 57         | 9.46       | 0.33065823 |
|       | 10        | 279 | 20    | 46.37    | -  | 5     | 27         | 23.23      | 0.45800926 |     | 26    | 136      | 46    | 26.54 | 7        | 0          | 6.05       | 0.33550785 |
|       | 11        | 282 | 13    | 36.78    | -  | 5     | 40         | 11.97      | 0.45569161 |     | 27    | 142      | 3     | 54.25 | 6        | 59         | 21.60      | 0.34063353 |
|       | 12        | 285 | 8     | 26.90    | -  | 5     | 52         | 16.90      | 0.45310831 |     | 28    | 147      | 11    | 41.49 | 6        | 55         | 15.76      | 0.34598469 |
| 13    | 288       | 5   | 30.93 | -        | 6  | 3     | 35.26      | 0.45026300 | 29         | 152 | 9     | 49.65    | 6     | 48    | 9.00     | 0.35151284 |            |            |
| 14    | 291       | 5   | 3.55  | -        | 6  | 14    | 4.01       | 0.44715992 | 30         | 156 | 58    | 26.95    | 6     | 38    | 21.81    | 0.35717214 |            |            |
| 15    | 294       | 7   | 19.93 | -        | 6  | 23    | 39.80      | 0.44380393 | 31         | 161 | 37    | 47.18    | 6     | 26    | 14.06    | 0.36291973 |            |            |
| 16    | 297       | 12  | 35.84 | -        | 6  | 32    | 18.96      | 0.44020062 | Juin       | 1   | 166   | 8        | 8.38  | 6     | 12       | 4.58       | 0.36871590 |            |
| 17    | 300       | 21  | 7.63  | -        | 6  | 39    | 57.44      | 0.43635638 |            | 2   | 170   | 29       | 51.79 | 5     | 56       | 10.88      | 0.37452421 |            |
| 18    | 303       | 33  | 12.32 | -        | 6  | 46    | 30.79      | 0.43227848 |            | 3   | 174   | 43       | 20.90 | 5     | 38       | 48.97      | 0.38031138 |            |
| 19    | 306       | 49  | 7.57  | -        | 6  | 51    | 54.15      | 0.42797519 |            | 4   | 178   | 49       | 0.59  | 5     | 20       | 13.32      | 0.38604723 |            |
| 20    | 310       | 9   | 11.79 | -        | 6  | 56    | 2.24       | 0.42345589 |            | 5   | 182   | 47       | 16.56 | 5     | 0        | 36.88      | 0.39170450 |            |
| 21    | 313       | 33  | 44.07 | -        | 6  | 58    | 49.28      | 0.41873121 |            | 6   | 186   | 38       | 34.77 | 4     | 40       | 11.13      | 0.39725869 |            |
| 22    | 317       | 3   | 4.21  | -        | 7  | 0     | 9.04       | 0.41381318 | 7          | 190 | 23    | 21.02    | 4     | 19    | 6.17     | 0.40268783 |            |            |
| 23    | 320       | 37  | 32.71 | -        | 6  | 59    | 54.80      | 0.40871536 | 8          | 194 | 2     | 0.72     | 3     | 57    | 30.86    | 0.40797231 |            |            |
| 24    | 324       | 17  | 30.72 | -        | 6  | 57    | 59.37      | 0.40345305 | 9          | 197 | 34    | 58.62    | 3     | 35    | 32.88    | 0.41309464 |            |            |
| 25    | 328       | 3   | 19.96 | -        | 6  | 54    | 15.10      | 0.39804345 | 10         | 201 | 2     | 38.68    | 3     | 13    | 18.94    | 0.41803926 |            |            |
| 26    | 331       | 55  | 22.59 | -        | 6  | 48    | 33.97      | 0.39250587 | 11         | 204 | 25    | 23.99    | 2     | 50    | 54.81    | 0.42279236 |            |            |
| 27    | 335       | 54  | 1.08  | -        | 6  | 40    | 47.60      | 0.38686191 | 12         | 207 | 43    | 36.71    | 2     | 28    | 25.48    | 0.42734172 |            |            |
| 28    | 339       | 59  | 37.97 | -        | 6  | 30    | 47.43      | 0.38113571 | 13         | 210 | 57    | 38.04    | 2     | 5     | 55.26    | 0.43167650 |            |            |
| 29    | 344       | 12  | 35.60 | -        | 6  | 18    | 24.86      | 0.37535411 | 14         | 214 | 7     | 48.27    | 1     | 43    | 27.85    | 0.43578717 |            |            |
| 30    | 348       | 33  | 15.71 | -        | 6  | 3     | 31.46      | 0.36954687 | 15         | 217 | 14    | 26.75    | 1     | 21    | 6.45     | 0.43966530 |            |            |
| Mai   | 1         | 353 | 1     | 59.04    | -  | 5     | 45         | 59.29      | 0.36374680 | 16  | 220   | 17       | 51.96 | 0     | 58       | 53.80      | 0.44330347 |            |
|       | 2         | 357 | 39    | 4.72     | -  | 5     | 25         | 41.26      | 0.35798992 | 17  | 223   | 18       | 21.58 | 0     | 36       | 52.28      | 0.44669518 |            |
|       | 3         | 2   | 24    | 49.62    | -  | 5     | 2          | 31.59      | 0.35231545 | 18  | 226   | 16       | 12.48 | 0     | 15       | 3.98       | 0.44983474 |            |
|       | 4         | 7   | 19    | 27.56    | -  | 4     | 36         | 26.38      | 0.34676581 | 19  | 229   | 11       | 40.84 | -     | 0        | 6          | 29.31      | 0.45271718 |
|       | 5         | 12  | 23    | 8.36     | -  | 4     | 7          | 24.19      | 0.34138642 | 20  | 232   | 5        | 2.18  | -     | 0        | 27         | 45.98      | 0.45533819 |
|       | 6         | 17  | 35    | 56.91    | -  | 3     | 35         | 26.80      | 0.33622544 | 21  | 234   | 56       | 31.43 | -     | 0        | 48         | 44.61      | 0.45769403 |
| 7     | 22        | 57  | 51.99 | -        | 3  | 0     | 39.90      | 0.33133318 | 22         | 237 | 46    | 22.99    | -     | 1     | 9        | 23.92      | 0.45978151 |            |
| 8     | 28        | 28  | 45.19 | -        | 2  | 23    | 13.82      | 0.32676143 | 23         | 240 | 34    | 50.78    | -     | 1     | 29       | 42.72      | 0.46159790 |            |
| 9     | 34        | 8   | 19.79 | -        | 1  | 43    | 24.15      | 0.32256251 | 24         | 243 | 22    | 8.32     | -     | 1     | 49       | 39.91      | 0.46314093 |            |
| 10    | 39        | 56  | 9.74  | -        | 1  | 1     | 32.14      | 0.31878809 | 25         | 246 | 8     | 28.76    | -     | 2     | 9        | 14.42      | 0.46440872 |            |
| 11    | 45        | 51  | 38.88 | -        | 0  | 18    | 4.92       | 0.31548776 | 26         | 248 | 54    | 4.97     | -     | 2     | 28       | 25.22      | 0.46539977 |            |
| 12    | 51        | 54  | 0.44  | 0        | 26 | 24.82 | 0.31270755 | 27         | 251        | 39  | 9.57  | -        | 2     | 47    | 11.29    | 0.46611294 |            |            |
| 13    | 58        | 2   | 17.04 | 1        | 11 | 19.42 | 0.31048822 | 28         | 254        | 23  | 55.00 | -        | 3     | 5     | 31.57    | 0.46654741 |            |            |
| 14    | 64        | 15  | 21.14 | 1        | 55 | 57.48 | 0.30886374 | 29         | 257        | 8   | 33.55 | -        | 3     | 23    | 24.98    | 0.46670270 |            |            |
| 15    | 70        | 31  | 56.19 | 2        | 39 | 35.42 | 0.30785974 | 30         | 259        | 53  | 17.45 | -        | 3     | 40    | 50.39    | 0.46657864 |            |            |
| 16    | 76        | 50  | 38.38 | 3        | 21 | 29.49 | 0.30749247 | Juill.     | 1          | 262 | 38    | 18.90    | -     | 3     | 57       | 46.56      | 0.46617536 |            |
| 17    | 83        | 9   | 58.88 | 4        | 0  | 57.81 | 0.30776791 |            | 2          | 265 | 23    | 50.11    | -     | 4     | 14       | 12.21      | 0.46549332 |            |



## MERCURE 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

| Date          | longitude |     |       | latitude |     |       | rayon v.   | Date           | longitude   |    |       | latitude |       |       | rayon v.   |       |            |
|---------------|-----------|-----|-------|----------|-----|-------|------------|----------------|-------------|----|-------|----------|-------|-------|------------|-------|------------|
|               | °         | '   | "     | °        | '   | "     | ua         |                | °           | '  | "     | °        | '     | "     | ua         |       |            |
| <b>Juill.</b> | 3         | 268 | 10    | 3.37     | - 4 | 30    | 5.90       | 0.46453329     | <b>Août</b> | 18 | 114   | 15       | 38.21 | 6     | 24         | 4.43  | 0.31839519 |
|               | 4         | 270 | 57    | 11.09    | - 4 | 45    | 26.09      | 0.46329638     |             | 19 | 120   | 8        | 44.98 | 6     | 39         | 29.42 | 0.32211871 |
|               | 5         | 273 | 45    | 25.87    | - 5 | 0     | 11.08      | 0.46178405     |             | 20 | 125   | 53       | 38.15 | 6     | 50         | 30.49 | 0.32627241 |
|               | 6         | 276 | 35    | 0.50     | - 5 | 14    | 19.00      | 0.45999813     |             | 21 | 131   | 29       | 39.86 | 6     | 57         | 18.30 | 0.33080479 |
|               | 7         | 279 | 26    | 8.09     | - 5 | 27    | 47.80      | 0.45794086     |             | 22 | 136   | 56       | 23.58 | 7     | 0          | 7.77  | 0.33566354 |
|               | 8         | 282 | 19    | 2.05     | - 5 | 40    | 35.20      | 0.45561490     |             | 23 | 142   | 13       | 33.33 | 6     | 59         | 16.78 | 0.34079676 |
|               | 9         | 285 | 13    | 56.15    | - 5 | 52    | 38.71      | 0.45302339     |             | 24 | 147   | 21       | 2.55  | 6     | 55         | 5.04  | 0.34615392 |
|               | 10        | 288 | 11    | 4.62     | - 6 | 3     | 55.56      | 0.45017002     |             | 25 | 152   | 18       | 52.86 | 6     | 47         | 53.01 | 0.35168662 |
|               | 11        | 291 | 10    | 42.13    | - 6 | 14    | 22.71      | 0.44705901     |             | 26 | 157   | 7        | 12.69 | 6     | 38         | 1.18  | 0.35734911 |
|               | 12        | 294 | 13    | 3.89     | - 6 | 23    | 56.79      | 0.44369528     |             | 27 | 161   | 46       | 15.96 | 6     | 25         | 49.39 | 0.36309861 |
|               | 13        | 297 | 18    | 25.68    | - 6 | 32    | 34.11      | 0.44008442     |             | 28 | 166   | 16       | 20.84 | 6     | 11         | 36.44 | 0.36889554 |
|               | 14        | 300 | 27    | 3.87     | - 6 | 40    | 10.62      | 0.43623284     |             | 29 | 170   | 37       | 48.64 | 5     | 55         | 39.78 | 0.37470352 |
| 15            | 303       | 39  | 15.48 | - 6      | 46  | 41.85 | 0.43214785 | 30             | 174         | 51 | 2.89  | 5        | 38    | 15.38 | 0.38048940 |       |            |
| 16            | 306       | 55  | 18.23 | - 6      | 52  | 2.94  | 0.42783776 | 31             | 178         | 56 | 28.53 | 5        | 19    | 37.66 | 0.38622308 |       |            |
| 17            | 310       | 15  | 30.52 | - 6      | 56  | 8.58  | 0.42331197 | <b>Sept.</b> 1 | 182         | 54 | 31.25 | 4        | 59    | 59.53 | 0.39187740 |       |            |
| 18            | 313       | 40  | 11.47 | - 6      | 58  | 52.98 | 0.41858117 | 2              | 186         | 45 | 37.01 | 4        | 39    | 32.42 | 0.39742792 |       |            |
| 19            | 317       | 9   | 40.91 | - 7      | 0   | 9.90  | 0.41365742 | 3              | 190         | 30 | 11.62 | 4        | 18    | 26.39 | 0.40285277 |       |            |
| 20            | 320       | 44  | 19.35 | - 6      | 59  | 52.61 | 0.40855435 | 4              | 194         | 8  | 40.45 | 3        | 56    | 50.26 | 0.40813240 |       |            |
| 21            | 324       | 24  | 27.96 | - 6      | 57  | 53.89 | 0.40328729 | 5              | 197         | 41 | 28.24 | 3        | 34    | 51.69 | 0.41324937 |       |            |
| 22            | 328       | 10  | 28.48 | - 6      | 54  | 6.10  | 0.39787352 | 6              | 201         | 8  | 58.93 | 3        | 12    | 37.35 | 0.41818818 |       |            |
| 23            | 332       | 2   | 43.07 | - 6      | 48  | 21.18 | 0.39233241 | 7              | 204         | 31 | 35.56 | 2        | 50    | 12.98 | 0.42293509 |       |            |
| 24            | 336       | 1   | 34.21 | - 6      | 40  | 30.77 | 0.38668564 | 8              | 207         | 49 | 40.27 | 2        | 27    | 43.56 | 0.42747790 |       |            |
| 25            | 340       | 7   | 24.44 | - 6      | 30  | 26.28 | 0.38095743 | 9              | 211         | 3  | 34.24 | 2        | 5     | 13.37 | 0.43180584 |       |            |
| 26            | 344       | 20  | 36.07 | - 6      | 17  | 59.13 | 0.37517470 | 10             | 214         | 13 | 37.72 | 1        | 42    | 46.09 | 0.43590939 |       |            |
| 27            | 348       | 41  | 30.85 | - 6      | 3   | 0.90  | 0.36936732 | 11             | 217         | 20 | 10.03 | 1        | 20    | 24.91 | 0.43978016 |       |            |
| 28            | 353       | 10  | 29.44 | - 5      | 45  | 23.66 | 0.36356818 | 12             | 220         | 23 | 29.63 | 0        | 58    | 12.57 | 0.44341076 |       |            |
| 29            | 357       | 47  | 50.94 | - 5      | 25  | 0.37  | 0.35781340 | 13             | 223         | 23 | 54.17 | 0        | 36    | 11.43 | 0.44679473 |       |            |
| 30            | 2         | 33  | 52.12 | - 5      | 1   | 45.30 | 0.35214230 | 14             | 226         | 21 | 40.50 | 0        | 14    | 23.56 | 0.44992638 |       |            |
| 31            | 7         | 28  | 46.67 | - 4      | 35  | 34.59 | 0.34659739 | 15             | 229         | 17 | 4.78  | - 0      | 7     | 9.24  | 0.45280078 |       |            |
| <b>Août</b> 1 | 12        | 32  | 44.31 | - 4      | 6   | 26.92 | 0.34122420 | 16             | 232         | 10 | 22.52 | - 0      | 28    | 25.38 | 0.45541363 |       |            |
| 2             | 17        | 45  | 49.72 | - 3      | 34  | 24.17 | 0.33607094 | 17             | 235         | 1  | 48.61 | - 0      | 49    | 23.44 | 0.45776120 |       |            |
| 3             | 23        | 8   | 1.50  | - 2      | 59  | 32.17 | 0.33118798 | 18             | 237         | 51 | 37.45 | - 1      | 10    | 2.13  | 0.45984033 |       |            |
| 4             | 28        | 39  | 10.99 | - 2      | 22  | 1.39  | 0.32662714 | 19             | 240         | 40 | 2.95  | - 1      | 30    | 20.28 | 0.46164829 |       |            |
| 5             | 34        | 19  | 1.19  | - 1      | 42  | 7.60  | 0.32244075 | 20             | 243         | 27 | 18.60 | - 1      | 50    | 16.78 | 0.46318283 |       |            |
| 6             | 40        | 7   | 5.75  | - 1      | 0   | 12.24 | 0.31868041 | 21             | 246         | 13 | 37.56 | - 2      | 9     | 50.57 | 0.46444208 |       |            |
| 7             | 46        | 2   | 48.18 | - 0      | 16  | 42.60 | 0.31539564 | 22             | 248         | 59 | 12.67 | - 2      | 29    | 0.63  | 0.46542456 |       |            |
| 8             | 52        | 5   | 21.41 | 0        | 27  | 48.45 | 0.31263231 | 23             | 251         | 44 | 16.57 | - 2      | 47    | 45.91 | 0.46612913 |       |            |
| 9             | 58        | 13  | 47.70 | 1        | 12  | 43.12 | 0.31043101 | 24             | 254         | 29 | 1.67  | - 3      | 6     | 5.38  | 0.46655498 |       |            |
| 10            | 64        | 26  | 59.24 | 1        | 57  | 19.92 | 0.30882544 | 25             | 257         | 13 | 40.28 | - 3      | 23    | 57.94 | 0.46670165 |       |            |
| 11            | 70        | 43  | 39.23 | 2        | 40  | 55.24 | 0.30784099 | 26             | 259         | 58 | 24.62 | - 3      | 41    | 22.45 | 0.46656896 |       |            |
| 12            | 77        | 2   | 23.65 | 3        | 22  | 45.35 | 0.30749357 | 27             | 262         | 43 | 26.87 | - 3      | 58    | 17.70 | 0.46615707 |       |            |
| 13            | 83        | 21  | 43.60 | 4        | 2   | 8.47  | 0.30778885 | 28             | 265         | 28 | 59.27 | - 4      | 14    | 42.37 | 0.46546644 |       |            |
| 14            | 89        | 40  | 8.00  | 4        | 38  | 26.85 | 0.30872201 | 29             | 268         | 15 | 14.10 | - 4      | 30    | 35.05 | 0.46449785 |       |            |
| 15            | 95        | 56  | 6.63  | 5        | 11  | 8.55  | 0.31027795 | 30             | 271         | 2  | 23.78 | - 4      | 45    | 54.16 | 0.46325242 |       |            |
| 16            | 102       | 8   | 13.04 | 5        | 39  | 48.72 | 0.31243201 | <b>Oct.</b> 1  | 273         | 50 | 40.90 | - 5      | 0     | 38.03 | 0.46173163 |       |            |
| 17            | 108       | 15  | 7.30  | 6        | 4   | 10.36 | 0.31515112 | 2              | 276         | 40 | 18.29 | - 5      | 14    | 44.76 | 0.45993731 |       |            |

## MERCURE 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date | longitude |     |       | latitude |     |       | rayon v.     | Date         | longitude |     |       | latitude |       |       | rayon v.     |              |              |
|------|-----------|-----|-------|----------|-----|-------|--------------|--------------|-----------|-----|-------|----------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|
|      | °         | '   | "     | °        | '   | "     | ua           |              | °         | '   | "     | °        | '     | "     | ua           |              |              |
| Oct. | 3         | 279 | 31    | 29.04    | - 5 | 28    | 12.31        | 0.457 871 72 | Nov.      | 18  | 137   | 6        | 14.10 | 7     | 0            | 9.30         | 0.335 820 26 |
|      | 4         | 282 | 24    | 26.57    | - 5 | 40    | 58.38        | 0.455 537 53 |           | 19  | 142   | 23       | 5.82  | 6     | 59           | 11.87        | 0.340 960 81 |
|      | 5         | 285 | 19    | 24.69    | - 5 | 53    | 0.48         | 0.452 937 91 |           | 20  | 147   | 30       | 16.99 | 6     | 54           | 54.29        | 0.346 323 77 |
|      | 6         | 288 | 16    | 37.61    | - 6 | 4     | 15.82        | 0.450 076 55 |           | 21  | 152   | 27       | 49.46 | 6     | 47           | 37.08        | 0.351 860 83 |
|      | 7         | 291 | 16    | 20.05    | - 6 | 14    | 41.36        | 0.446 957 70 |           | 22  | 157   | 15       | 51.85 | 6     | 37           | 40.68        | 0.357 526 31 |
|      | 8         | 294 | 18    | 47.21    | - 6 | 24    | 13.73        | 0.443 586 29 |           | 23  | 161   | 54       | 38.20 | 6     | 25           | 24.92        | 0.363 277 54 |
|      | 9         | 297 | 24    | 14.90    | - 6 | 32    | 49.21        | 0.439 967 95 |           | 24  | 166   | 24       | 26.81 | 6     | 11           | 8.55         | 0.369 075 04 |
|      | 10        | 300 | 32    | 59.50    | - 6 | 40    | 23.75        | 0.436 109 11 |           | 25  | 170   | 45       | 39.07 | 5     | 55           | 8.98         | 0.374 882 55 |
|      | 11        | 303 | 45    | 18.07    | - 6 | 46    | 52.86        | 0.432 017 12 |           | 26  | 174   | 58       | 38.54 | 5     | 37           | 42.14        | 0.380 666 98 |
|      | 12        | 307 | 1     | 28.33    | - 6 | 52    | 11.68        | 0.427 700 29 |           | 27  | 179   | 3        | 50.21 | 5     | 19           | 2.40         | 0.386 398 36 |
|      | 13        | 310 | 21    | 48.71    | - 6 | 56    | 14.87        | 0.423 168 11 |           | 28  | 183   | 1        | 39.78 | 4     | 59           | 22.61        | 0.392 049 59 |
|      | 14        | 313 | 46    | 38.35    | - 6 | 58    | 56.64        | 0.418 431 27 |           | 29  | 186   | 52       | 33.20 | 4     | 38           | 54.17        | 0.397 596 33 |
| 15   | 317       | 16  | 17.09 | - 7      | 0   | 10.72 | 0.413 501 89 | 30           | 190       | 36  | 56.27 | 4        | 17    | 47.10 | 0.403 016 78 |              |              |
| 16   | 320       | 51  | 5.48  | - 6      | 59  | 50.37 | 0.408 393 64 | Déc.         | 1         | 194 | 15    | 14.35    | 3     | 56    | 10.17        | 0.408 291 46 |              |
| 17   | 324       | 31  | 24.70 | - 6      | 57  | 48.36 | 0.403 121 93 |              | 2         | 197 | 47    | 52.14    | 3     | 34    | 11.03        | 0.413 402 98 |              |
| 18   | 328       | 17  | 36.49 | - 6      | 53  | 57.04 | 0.397 704 09 | 3            | 201       | 15  | 13.55 | 3        | 11    | 56.29 | 0.418 335 93 |              |              |
| 19   | 332       | 10  | 3.04  | - 6      | 48  | 8.33  | 0.392 159 56 | 4            | 204       | 37  | 41.61 | 2        | 49    | 31.70 | 0.423 076 58 |              |              |
| 20   | 336       | 9   | 6.82  | - 6      | 40  | 13.87 | 0.386 510 10 | 5            | 207       | 55  | 38.43 | 2        | 27    | 2.19  | 0.427 612 80 |              |              |
| 21   | 340       | 15  | 10.37 | - 6      | 30  | 5.07  | 0.380 780 00 | 6            | 211       | 9   | 25.14 | 2        | 4     | 32.03 | 0.431 933 85 |              |              |
| 22   | 344       | 28  | 35.99 | - 6      | 17  | 33.33 | 0.374 996 28 | 7            | 214       | 19  | 21.96 | 1        | 42    | 4.89  | 0.436 030 25 |              |              |
| 23   | 348       | 49  | 45.38 | - 6      | 2   | 30.27 | 0.369 188 89 | 8            | 217       | 25  | 48.21 | 1        | 19    | 43.93 | 0.439 893 65 |              |              |
| 24   | 353       | 18  | 59.19 | - 5      | 44  | 47.97 | 0.363 390 82 | 9            | 220       | 29  | 2.30  | 0        | 57    | 31.89 | 0.443 516 68 |              |              |
| 25   | 357       | 56  | 36.42 | - 5      | 24  | 19.43 | 0.357 638 29 | 10           | 223       | 29  | 21.86 | 0        | 35    | 31.11 | 0.446 892 90 |              |              |
| 26   | 2         | 42  | 53.78 | - 5      | 0   | 58.95 | 0.351 970 71 | 11           | 226       | 27  | 3.72  | 0        | 13    | 43.67 | 0.450 016 67 |              |              |
| 27   | 7         | 38  | 4.84  | - 4      | 34  | 42.77 | 0.346 430 70 | 12           | 229       | 22  | 24.01 | - 0      | 7     | 48.65 | 0.452 883 05 |              |              |
| 28   | 12        | 42  | 19.18 | - 4      | 5   | 29.63 | 0.341 063 86 | 13           | 232       | 15  | 38.23 | - 0      | 29    | 4.27  | 0.455 487 76 |              |              |
| 29   | 17        | 55  | 41.31 | - 3      | 33  | 21.55 | 0.335 918 47 | 14           | 235       | 7   | 1.25  | - 0      | 50    | 1.76  | 0.457 827 11 |              |              |
| 30   | 23        | 18  | 9.60  | - 2      | 58  | 24.47 | 0.331 044 95 | 15           | 237       | 56  | 47.45 | - 1      | 10    | 39.85 | 0.459 897 94 |              |              |
| 31   | 28        | 49  | 35.16 | - 2      | 20  | 49.04 | 0.326 495 17 | 16           | 240       | 45  | 10.72 | - 1      | 30    | 57.36 | 0.461 697 54 |              |              |
| Nov. | 1         | 34  | 29    | 40.71    | - 1 | 40    | 51.18        | 0.322 321 42 | 17        | 243 | 32    | 24.56    | - 1   | 50    | 53.19        | 0.463 223 67 |              |
|      | 2         | 40  | 17    | 59.62    | - 0 | 58    | 52.52        | 0.318 575 27 | 18        | 246 | 18    | 42.10    | - 2   | 10    | 26.28        | 0.464 474 47 |              |
|      | 3         | 46  | 13    | 55.06    | - 0 | 15    | 20.52        | 0.315 306 15 | 19        | 249 | 4     | 16.19    | - 2   | 29    | 35.59        | 0.465 448 47 |              |
|      | 4         | 52  | 16    | 39.62    | 0   | 29    | 11.78        | 0.312 559 77 | 20        | 251 | 49    | 19.44    | - 2   | 48    | 20.11        | 0.466 144 53 |              |
|      | 5         | 58  | 25    | 15.27    | 1   | 14    | 6.46         | 0.310 376 53 | 21        | 254 | 34    | 4.27     | - 3   | 6     | 38.77        | 0.466 561 88 |              |
|      | 6         | 64  | 38    | 33.90    | 1   | 58    | 41.94        | 0.308 789 89 | 22        | 257 | 18    | 42.98    | - 3   | 24    | 30.49        | 0.466 700 05 |              |
|      | 7         | 70  | 55    | 18.46    | 2   | 42    | 14.59        | 0.307 824 97 | 23        | 260 | 3     | 27.79    | - 3   | 41    | 54.13        | 0.466 558 86 |              |
|      | 8         | 77  | 14    | 4.76     | 3   | 24    | 0.70         | 0.307 497 36 | 24        | 262 | 48    | 30.89    | - 3   | 58    | 48.47        | 0.466 138 50 |              |
|      | 9         | 83  | 33    | 23.79    | 4   | 3     | 18.59        | 0.307 812 41 | 25        | 265 | 34    | 4.50     | - 4   | 15    | 12.18        | 0.465 439 42 |              |
|      | 10        | 89  | 51    | 44.49    | 4   | 39    | 30.67        | 0.308 764 97 | 26        | 268 | 20    | 20.92    | - 4   | 31    | 3.85         | 0.464 462 43 |              |
|      | 11        | 96  | 7     | 36.68    | 5   | 12    | 5.20         | 0.310 339 64 | 27        | 271 | 7     | 32.56    | - 4   | 46    | 21.91        | 0.463 208 64 |              |
|      | 12        | 102 | 19    | 34.12    | 5   | 40    | 37.58        | 0.312 511 50 | 28        | 273 | 55    | 52.04    | - 5   | 1     | 4.66         | 0.461 679 55 |              |
| 13   | 108       | 26  | 17.10 | 6        | 4   | 51.04 | 0.315 247 22 | 29           | 276       | 45  | 32.17 | - 5      | 15    | 10.22 | 0.459 877 01 |              |              |
| 14   | 114       | 26  | 34.74 | 6        | 24  | 36.80 | 0.318 506 53 | 30           | 279       | 36  | 46.06 | - 5      | 28    | 36.52 | 0.457 803 28 |              |              |
| 15   | 120       | 19  | 26.59 | 6        | 39  | 53.55 | 0.322 243 81 | 31           | 282       | 29  | 47.15 | - 5      | 41    | 21.28 | 0.455 461 05 |              |              |
| 16   | 126       | 4   | 3.55  | 6        | 50  | 46.63 | 0.326 409 67 | 32           | 285       | 24  | 49.24 | - 5      | 53    | 21.97 | 0.452 853 50 |              |              |
| 17   | 131       | 39  | 48.12 | 6        | 57  | 26.88 | 0.330 952 59 | 33           | 288       | 22  | 6.57  | - 6      | 4     | 35.83 | 0.449 984 34 |              |              |

## VÉNUS 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451 545.0).

| Date  | longitude |     |     | latitude |       |     | rayon v. | Date         | longitude    |              |     | latitude |       |       | rayon v. |       |              |              |              |
|-------|-----------|-----|-----|----------|-------|-----|----------|--------------|--------------|--------------|-----|----------|-------|-------|----------|-------|--------------|--------------|--------------|
|       | °         | '   | "   | °        | '     | "   | ua       |              | °            | '            | "   | °        | '     | "     | ua       |       |              |              |              |
| Janv. | 0         | 228 | 54  | 31.40    | 1     | 34  | 52.64    | 0.723 897 44 | Avril        | 2            | 14  | 50       | 23.78 | - 2   | 59       | 33.43 | 0.725 535 83 |              |              |
|       | 2         | 232 | 6   | 11.79    | 1     | 24  | 40.72    | 0.724 168 48 |              | 4            | 18  | 1        | 42.97 | - 2   | 53       | 56.07 | 0.725 288 02 |              |              |
|       | 4         | 235 | 17  | 41.92    | 1     | 14  | 13.50    | 0.724 436 82 |              | 6            | 21  | 13       | 8.11  | - 2   | 47       | 46.19 | 0.725 034 02 |              |              |
|       | 6         | 238 | 29  | 2.07     | 1     | 3   | 32.94    | 0.724 701 63 |              | 8            | 24  | 24       | 39.30 | - 2   | 41       | 4.86  | 0.724 774 63 |              |              |
|       | 8         | 241 | 40  | 12.58    | 0     | 52  | 41.05    | 0.724 962 08 |              | 10           | 27  | 36       | 16.62 | - 2   | 33       | 53.28 | 0.724 510 65 |              |              |
|       | 10        | 244 | 51  | 13.81    | 0     | 41  | 39.87    | 0.725 217 37 |              | 12           | 30  | 48       | 0.16  | - 2   | 26       | 12.71 | 0.724 242 89 |              |              |
|       | 12        | 248 | 2   | 6.18     | 0     | 30  | 31.44    | 0.725 466 71 |              | 14           | 33  | 59       | 50.00 | - 2   | 18       | 4.52  | 0.723 972 18 |              |              |
|       | 14        | 251 | 12  | 50.12    | 0     | 19  | 17.83    | 0.725 709 35 |              | 16           | 37  | 11       | 46.25 | - 2   | 9        | 30.19 | 0.723 699 38 |              |              |
|       | 16        | 254 | 23  | 26.10    | 0     | 8   | 1.09     | 0.725 944 54 |              | 18           | 40  | 23       | 48.99 | - 2   | 0        | 31.25 | 0.723 425 32 |              |              |
|       | 18        | 257 | 33  | 54.63    | - 0   | 3   | 16.68    | 0.726 171 55 |              | 20           | 43  | 35       | 58.32 | - 1   | 51       | 9.33  | 0.723 150 87 |              |              |
|       | 20        | 260 | 44  | 16.23    | - 0   | 14  | 33.44    | 0.726 389 69 |              | 22           | 46  | 48       | 14.34 | - 1   | 41       | 26.16 | 0.722 876 89 |              |              |
|       | 22        | 263 | 54  | 31.43    | - 0   | 25  | 47.13    | 0.726 598 31 |              | 24           | 50  | 0        | 37.12 | - 1   | 31       | 23.50 | 0.722 604 23 |              |              |
|       | 24        | 267 | 4   | 40.79    | - 0   | 36  | 55.71    | 0.726 796 75 |              | 26           | 53  | 13       | 6.77  | - 1   | 21       | 3.22  | 0.722 333 77 |              |              |
|       | 26        | 270 | 14  | 44.88    | - 0   | 47  | 57.16    | 0.726 984 42 |              | 28           | 56  | 25       | 43.37 | - 1   | 10       | 27.21 | 0.722 066 34 |              |              |
|       | 28        | 273 | 24  | 44.27    | - 0   | 58  | 49.49    | 0.727 160 75 |              | 30           | 59  | 38       | 27.00 | - 0   | 59       | 37.47 | 0.721 802 81 |              |              |
|       | Févr.     | 30  | 276 | 34       | 39.54 | - 1 | 9        | 30.75        |              | 0.727 325 21 | Mai | 2        | 62    | 51    | 17.73    | - 0   | 48           | 36.01        | 0.721 543 99 |
|       |           | 1   | 279 | 44       | 31.27 | - 1 | 19       | 59.02        |              | 0.727 477 29 |     | 4        | 66    | 4     | 15.62    | - 0   | 37           | 24.89        | 0.721 290 73 |
|       |           | 3   | 282 | 54       | 20.03 | - 1 | 30       | 12.41        |              | 0.727 616 53 |     | 6        | 69    | 17    | 20.73    | - 0   | 26           | 6.23         | 0.721 043 81 |
| 5     |           | 286 | 4   | 6.39     | - 1   | 40  | 9.09     | 0.727 742 52 | 8            | 72           |     | 30       | 33.07 | - 0   | 14       | 42.17 | 0.720 804 03 |              |              |
| 7     |           | 289 | 13  | 50.90    | - 1   | 49  | 47.29    | 0.727 854 87 | 10           | 75           |     | 43       | 52.68 | - 0   | 3        | 14.88 | 0.720 572 15 |              |              |
| 9     |           | 292 | 23  | 34.12    | - 1   | 59  | 5.28     | 0.727 953 24 | 12           | 78           |     | 57       | 19.55 | 0     | 8        | 13.47 | 0.720 348 92 |              |              |
| 11    |           | 295 | 33  | 16.57    | - 2   | 8   | 1.39     | 0.728 037 33 | 14           | 82           |     | 10       | 53.65 | 0     | 19       | 40.67 | 0.720 135 05 |              |              |
| 13    |           | 298 | 42  | 58.77    | - 2   | 16  | 34.03    | 0.728 106 90 | 16           | 85           |     | 24       | 34.93 | 0     | 31       | 4.52  | 0.719 931 23 |              |              |
| 15    |           | 301 | 52  | 41.22    | - 2   | 24  | 41.66    | 0.728 161 72 | 18           | 88           |     | 38       | 23.32 | 0     | 42       | 22.83 | 0.719 738 10 |              |              |
| 17    |           | 305 | 2   | 24.39    | - 2   | 32  | 22.83    | 0.728 201 64 | 20           | 91           |     | 52       | 18.70 | 0     | 53       | 33.40 | 0.719 556 30 |              |              |
| 19    |           | 308 | 12  | 8.73     | - 2   | 39  | 36.16    | 0.728 226 53 | 22           | 95           |     | 6        | 20.95 | 1     | 4        | 34.07 | 0.719 386 40 |              |              |
| 21    |           | 311 | 21  | 54.67    | - 2   | 46  | 20.33    | 0.728 236 32 | 24           | 98           |     | 20       | 29.87 | 1     | 15       | 22.70 | 0.719 228 96 |              |              |
| 23    |           | 314 | 31  | 42.62    | - 2   | 52  | 34.15    | 0.728 230 98 | 26           | 101          |     | 34       | 45.28 | 1     | 25       | 57.17 | 0.719 084 48 |              |              |
| 25    |           | 317 | 41  | 32.96    | - 2   | 58  | 16.47    | 0.728 210 51 | 28           | 104          |     | 49       | 6.93  | 1     | 36       | 15.42 | 0.718 953 42 |              |              |
| 27    |           | 320 | 51  | 26.04    | - 3   | 3   | 26.25    | 0.728 174 99 | 30           | 108          |     | 3        | 34.53 | 1     | 46       | 15.42 | 0.718 836 22 |              |              |
| Mars  |           | 1   | 324 | 1        | 22.19 | - 3 | 8        | 2.56         | 0.728 124 51 | Juin         |     | 1        | 111   | 18    | 7.76     | 1     | 55           | 55.21        | 0.718 733 25 |
|       |           | 3   | 327 | 11       | 21.72 | - 3 | 12       | 4.53         | 0.728 059 23 |              |     | 3        | 114   | 32    | 46.27    | 2     | 5            | 12.88        | 0.718 644 84 |
|       |           | 5   | 330 | 21       | 24.92 | - 3 | 15       | 31.41        | 0.727 979 34 |              |     | 5        | 117   | 47    | 29.66    | 2     | 14           | 6.61         | 0.718 571 27 |
|       | 7         | 333 | 31  | 32.02    | - 3   | 18  | 22.56    | 0.727 885 07 | 7            |              | 121 | 2        | 17.50 | 2     | 22       | 34.65 | 0.718 512 79 |              |              |
|       | 9         | 336 | 41  | 43.28    | - 3   | 20  | 37.43    | 0.727 776 72 | 9            |              | 124 | 17       | 9.32  | 2     | 30       | 35.32 | 0.718 469 58 |              |              |
|       | 11        | 339 | 51  | 58.91    | - 3   | 22  | 15.57    | 0.727 654 61 | 11           |              | 127 | 32       | 4.60  | 2     | 38       | 7.03  | 0.718 441 77 |              |              |
|       | 13        | 343 | 2   | 19.10    | - 3   | 23  | 16.64    | 0.727 519 11 | 13           |              | 130 | 47       | 2.81  | 2     | 45       | 8.32  | 0.718 429 46 |              |              |
|       | 15        | 346 | 12  | 44.03    | - 3   | 23  | 40.43    | 0.727 370 61 | 15           |              | 134 | 2        | 3.37  | 2     | 51       | 37.79 | 0.718 432 69 |              |              |
|       | 17        | 349 | 23  | 13.86    | - 3   | 23  | 26.80    | 0.727 209 58 | 17           |              | 137 | 17       | 5.68  | 2     | 57       | 34.17 | 0.718 451 43 |              |              |
|       | 19        | 352 | 33  | 48.72    | - 3   | 22  | 35.76    | 0.727 036 49 | 19           |              | 140 | 32       | 9.12  | 3     | 2        | 56.30 | 0.718 485 64 |              |              |
|       | 21        | 355 | 44  | 28.76    | - 3   | 21  | 7.40     | 0.726 851 88 | 21           |              | 143 | 47       | 13.03 | 3     | 7        | 43.13 | 0.718 535 18 |              |              |
|       | 23        | 358 | 55  | 14.09    | - 3   | 19  | 1.94     | 0.726 656 30 | 23           |              | 147 | 2        | 16.73 | 3     | 11       | 53.73 | 0.718 599 90 |              |              |
|       | 25        | 2   | 6   | 4.83     | - 3   | 16  | 19.71    | 0.726 450 35 | 25           |              | 150 | 17       | 19.56 | 3     | 15       | 27.32 | 0.718 679 59 |              |              |
|       | 27        | 5   | 17  | 1.07     | - 3   | 13  | 1.14     | 0.726 234 66 | 27           |              | 153 | 32       | 20.80 | 3     | 18       | 23.19 | 0.718 773 99 |              |              |
|       | 29        | 8   | 28  | 2.92     | - 3   | 9   | 6.78     | 0.726 009 87 | 29           |              | 156 | 47       | 19.76 | 3     | 20       | 40.82 | 0.718 882 78 |              |              |
|       | 31        | 11  | 39  | 10.46    | - 3   | 4   | 37.29    | 0.725 776 69 | Juill.       |              | 1   | 160      | 2     | 15.73 | 3        | 22    | 19.79        | 0.719 005 61 |              |

## VÉNUS 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451 545.0).

| Date   | longitude |     |       | latitude |     |       | rayon v.   | Date       | longitude |    |       | latitude |       |       | rayon v.   |            |            |
|--------|-----------|-----|-------|----------|-----|-------|------------|------------|-----------|----|-------|----------|-------|-------|------------|------------|------------|
|        | °         | '   | "     | °        | '   | "     | ua         |            | °         | '  | "     | °        | '     | "     | ua         |            |            |
| Juill. | 3         | 163 | 17    | 8.01     | 3   | 23    | 19.80      | 0.71914209 | Oct.      | 3  | 310   | 15       | 28.31 | - 2   | 44         | 2.21       | 0.72822377 |
|        | 5         | 166 | 31    | 55.90    | 3   | 23    | 40.72      | 0.71929177 |           | 5  | 313   | 25       | 15.85 | - 2   | 50         | 26.79      | 0.72822355 |
|        | 7         | 169 | 46    | 38.74    | 3   | 23    | 22.51      | 0.71945416 |           | 7  | 316   | 35       | 5.65  | - 2   | 56         | 20.26      | 0.72820823 |
|        | 9         | 173 | 1     | 15.84    | 3   | 22    | 25.29      | 0.71962874 |           | 9  | 319   | 44       | 58.07 | - 3   | 1          | 41.56      | 0.72817784 |
|        | 11        | 176 | 15    | 46.59    | 3   | 20    | 49.31      | 0.71981494 |           | 11 | 322   | 54       | 53.46 | - 3   | 6          | 29.68      | 0.72813249 |
|        | 13        | 179 | 30    | 10.35    | 3   | 18    | 34.94      | 0.72001217 |           | 13 | 326   | 4        | 52.12 | - 3   | 10         | 43.76      | 0.72807230 |
|        | 15        | 182 | 44    | 26.55    | 3   | 15    | 42.67      | 0.72021979 |           | 15 | 329   | 14       | 54.35 | - 3   | 14         | 23.01      | 0.72799746 |
|        | 17        | 185 | 58    | 34.64    | 3   | 12    | 13.13      | 0.72043714 |           | 17 | 332   | 25       | 0.42  | - 3   | 17         | 26.73      | 0.72790818 |
|        | 19        | 189 | 12    | 34.13    | 3   | 8     | 7.07       | 0.72066351 |           | 19 | 335   | 35       | 10.55 | - 3   | 19         | 54.35      | 0.72780474 |
|        | 21        | 192 | 26    | 24.54    | 3   | 3     | 25.34      | 0.72089819 |           | 21 | 338   | 45       | 24.98 | - 3   | 21         | 45.38      | 0.72768744 |
|        | 23        | 195 | 40    | 5.45     | 2   | 58    | 8.92       | 0.72114042 |           | 23 | 341   | 55       | 43.90 | - 3   | 22         | 59.45      | 0.72755665 |
| 25     | 198       | 53  | 36.51 | 2        | 52  | 18.90 | 0.72138944 | 25         | 345       | 6  | 7.50  | - 3      | 23    | 36.29 | 0.72741274 |            |            |
| 27     | 202       | 6   | 57.39 | 2        | 45  | 56.47 | 0.72164445 | 27         | 348       | 16 | 35.93 | - 3      | 23    | 35.75 | 0.72725616 |            |            |
| 29     | 205       | 20  | 7.83  | 2        | 39  | 2.91  | 0.72190465 | 29         | 351       | 27 | 9.36  | - 3      | 22    | 57.79 | 0.72708737 |            |            |
| 31     | 208       | 33  | 7.62  | 2        | 31  | 39.61 | 0.72216921 | 31         | 354       | 37 | 47.91 | - 3      | 21    | 42.46 | 0.72690690 |            |            |
| Août   | 2         | 211 | 45    | 56.61    | 2   | 23    | 48.03      | 0.72243730 | Nov.      | 2  | 357   | 48       | 31.71 | - 3   | 19         | 49.93      | 0.72671528 |
|        | 4         | 214 | 58    | 34.69    | 2   | 15    | 29.74      | 0.72270807 |           | 4  | 0     | 59       | 20.86 | - 3   | 17         | 20.51      | 0.72651309 |
|        | 6         | 218 | 11    | 1.84     | 2   | 6     | 46.37      | 0.72298068 |           | 6  | 4     | 10       | 15.48 | - 3   | 14         | 14.58      | 0.72630096 |
|        | 8         | 221 | 23    | 18.06    | 1   | 57    | 39.61      | 0.72325426 |           | 8  | 7     | 21       | 15.66 | - 3   | 10         | 32.65      | 0.72607954 |
|        | 10        | 224 | 35    | 23.41    | 1   | 48    | 11.23      | 0.72352797 |           | 10 | 10    | 32       | 21.49 | - 3   | 6          | 15.35      | 0.72584948 |
|        | 12        | 227 | 47    | 18.03    | 1   | 38    | 23.06      | 0.72380096 |           | 12 | 13    | 43       | 33.07 | - 3   | 1          | 23.40      | 0.72561151 |
|        | 14        | 230 | 59    | 2.09     | 1   | 28    | 16.97      | 0.72407236 |           | 14 | 16    | 54       | 50.47 | - 2   | 55         | 57.63      | 0.72536635 |
|        | 16        | 234 | 10    | 35.81    | 1   | 17    | 54.89      | 0.72434134 |           | 16 | 20    | 6        | 13.79 | - 2   | 49         | 58.99      | 0.72511475 |
|        | 18        | 237 | 21    | 59.46    | 1   | 7     | 18.78      | 0.72460706 |           | 18 | 23    | 17       | 43.12 | - 2   | 43         | 28.51      | 0.72485750 |
|        | 20        | 240 | 33    | 13.35    | 0   | 56    | 30.63      | 0.72486871 |           | 20 | 26    | 29       | 18.53 | - 2   | 36         | 27.35      | 0.72459538 |
| 22     | 243       | 44  | 17.85 | 0        | 45  | 32.48 | 0.72512547 | 22         | 29        | 41 | 0.12  | - 2      | 28    | 56.75 | 0.72432921 |            |            |
| 24     | 246       | 55  | 13.35 | 0        | 34  | 26.35 | 0.72537655 | 24         | 32        | 52 | 47.98 | - 2      | 20    | 58.04 | 0.72405982 |            |            |
| 26     | 250       | 6   | 0.28  | 0        | 23  | 14.31 | 0.72562119 | 26         | 36        | 4  | 42.19 | - 2      | 12    | 32.66 | 0.72378804 |            |            |
| 28     | 253       | 16  | 39.10 | 0        | 11  | 58.44 | 0.72585863 | 28         | 39        | 16 | 42.86 | - 2      | 3     | 42.13 | 0.72351473 |            |            |
| 30     | 256       | 27  | 10.30 | 0        | 0   | 40.79 | 0.72608814 | 30         | 42        | 28 | 50.07 | - 1      | 54    | 28.04 | 0.72324074 |            |            |
| Sept.  | 1         | 259 | 37    | 34.40    | - 0 | 10    | 36.57      | 0.72630903 | Déc.      | 2  | 45    | 41       | 3.92  | - 1   | 44         | 52.08      | 0.72296692 |
|        | 3         | 262 | 47    | 51.92    | - 0 | 21    | 51.57      | 0.72652062 |           | 4  | 48    | 53       | 24.50 | - 1   | 34         | 56.02      | 0.72269415 |
|        | 5         | 265 | 58    | 3.43     | - 0 | 33    | 2.18       | 0.72672226 |           | 6  | 52    | 5        | 51.91 | - 1   | 24         | 41.67      | 0.72242328 |
|        | 7         | 269 | 8     | 9.48     | - 0 | 44    | 6.36       | 0.72691334 |           | 8  | 55    | 18       | 26.23 | - 1   | 14         | 10.93      | 0.72215517 |
|        | 9         | 272 | 18    | 10.64    | - 0 | 55    | 2.12       | 0.72709329 |           | 10 | 58    | 31       | 7.53  | - 1   | 3          | 25.75      | 0.72189067 |
|        | 11        | 275 | 28    | 7.50     | - 1 | 5     | 47.49      | 0.72726155 |           | 12 | 61    | 43       | 55.91 | - 0   | 52         | 28.14      | 0.72163062 |
|        | 13        | 278 | 38    | 0.62     | - 1 | 16    | 20.53      | 0.72741762 |           | 14 | 64    | 56       | 51.42 | - 0   | 41         | 20.15      | 0.72137586 |
|        | 15        | 281 | 47    | 50.58    | - 1 | 26    | 39.35      | 0.72756103 |           | 16 | 68    | 9        | 54.11 | - 0   | 30         | 3.89       | 0.72112719 |
|        | 17        | 284 | 57    | 37.96    | - 1 | 36    | 42.10      | 0.72769133 |           | 18 | 71    | 23       | 4.02  | - 0   | 18         | 41.46      | 0.72088542 |
| 19     | 288       | 7   | 23.32 | - 1      | 46  | 26.98 | 0.72780814 | 20         | 74        | 36 | 21.18 | - 0      | 7     | 15.05 | 0.72065133 |            |            |
| 21     | 291       | 17  | 7.20  | - 1      | 55  | 52.25 | 0.72791111 | 22         | 77        | 49 | 45.59 | 0        | 4     | 13.18 | 0.72042566 |            |            |
| 23     | 294       | 26  | 50.14 | - 2      | 4   | 56.22 | 0.72799992 | 24         | 81        | 3  | 17.24 | 0        | 15    | 41.02 | 0.72020915 |            |            |
| 25     | 297       | 36  | 32.67 | - 2      | 13  | 37.26 | 0.72807430 | 26         | 84        | 16 | 56.06 | 0        | 27    | 6.29  | 0.72000250 |            |            |
| 27     | 300       | 46  | 15.27 | - 2      | 21  | 53.83 | 0.72813404 | 28         | 87        | 30 | 42.01 | 0        | 38    | 26.78 | 0.71980638 |            |            |
| 29     | 303       | 55  | 58.45 | - 2      | 29  | 44.44 | 0.72817895 | 30         | 90        | 44 | 34.98 | 0        | 49    | 40.29 | 0.71962142 |            |            |
| Oct.   | 1         | 307 | 5     | 42.65    | - 2 | 37    | 7.67       | 0.72820889 | 32        | 93 | 58    | 34.83    | 1     | 0     | 44.66      | 0.71944824 |            |

## MARS 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  | longitude |     |     | latitude |       |     | rayon v. | Date         | longitude |              |     | latitude |       |    | rayon v. |       |              |       |              |
|-------|-----------|-----|-----|----------|-------|-----|----------|--------------|-----------|--------------|-----|----------|-------|----|----------|-------|--------------|-------|--------------|
|       | °         | '   | "   | °        | '     | "   | ua       |              | °         | '            | "   | °        | '     | "  | ua       |       |              |       |              |
| Janv. | 0         | 320 | 37  | 45.68    | - 1   | 50  | 54.07    | 1.385 758 10 | Juill.    | 3            | 70  | 24       | 49.45 | 0  | 39       | 33.67 | 1.521 121 28 |       |              |
|       | 4         | 323 | 9   | 22.11    | - 1   | 50  | 41.95    | 1.384 479 37 |           | 7            | 72  | 29       | 59.60 | 0  | 43       | 18.47 | 1.526 322 61 |       |              |
|       | 8         | 325 | 41  | 13.82    | - 1   | 50  | 16.88    | 1.383 425 19 |           | 11           | 74  | 34       | 19.05 | 0  | 46       | 58.34 | 1.531 503 00 |       |              |
|       | 12        | 328 | 13  | 17.84    | - 1   | 49  | 38.84    | 1.382 597 93 |           | 15           | 76  | 37       | 48.55 | 0  | 50       | 33.08 | 1.536 655 84 |       |              |
|       | 16        | 330 | 45  | 31.15    | - 1   | 48  | 47.88    | 1.381 999 48 |           | 19           | 78  | 40       | 28.92 | 0  | 54       | 2.52  | 1.541 774 71 |       |              |
|       | 20        | 333 | 17  | 50.68    | - 1   | 47  | 44.08    | 1.381 631 21 |           | 23           | 80  | 42       | 20.99 | 0  | 57       | 26.49 | 1.546 853 35 |       |              |
|       | 24        | 335 | 50  | 13.36    | - 1   | 46  | 27.57    | 1.381 493 95 |           | 27           | 82  | 43       | 25.67 | 1  | 0        | 44.84 | 1.551 885 65 |       |              |
|       | 28        | 338 | 22  | 36.10    | - 1   | 44  | 58.52    | 1.381 588 01 |           | 31           | 84  | 43       | 43.86 | 1  | 3        | 57.44 | 1.556 865 72 |       |              |
| Févr. | 1         | 340 | 54  | 55.80    | - 1   | 43  | 17.13    | 1.381 913 17 | Août      | 4            | 86  | 43       | 16.54 | 1  | 7        | 4.17  | 1.561 787 80 |       |              |
|       | 5         | 343 | 27  | 9.38     | - 1   | 41  | 23.66    | 1.382 468 68 |           | 8            | 88  | 42       | 4.69  | 1  | 10       | 4.90  | 1.566 646 34 |       |              |
|       |           | 9   | 345 | 59       | 13.81 | - 1 | 39       | 18.41        |           | 1.383 253 25 |     | 12       | 90    | 40 | 9.31     | 1     | 12           | 59.56 | 1.571 435 94 |
|       |           | 13  | 348 | 31       | 6.05  | - 1 | 37       | 1.68         |           | 1.384 265 09 |     | 16       | 92    | 37 | 31.46    | 1     | 15           | 48.04 | 1.576 151 40 |
|       |           | 17  | 351 | 2        | 43.14 | - 1 | 34       | 33.85        |           | 1.385 501 89 |     | 20       | 94    | 34 | 12.20    | 1     | 18           | 30.27 | 1.580 787 67 |
|       | 21        | 353 | 34  | 2.18     | - 1   | 31  | 55.31    | 1.386 960 86 |           | 24           | 96  | 30       | 12.59 | 1  | 21       | 6.18  | 1.585 339 91 |       |              |
|       | 25        | 356 | 5   | 0.32     | - 1   | 29  | 6.49     | 1.388 638 69 |           | 28           | 98  | 25       | 33.75 | 1  | 23       | 35.72 | 1.589 803 43 |       |              |
| Mars  | 1         | 358 | 35  | 34.80    | - 1   | 26  | 7.84     | 1.390 531 64 | Sept.     | 1            | 100 | 20       | 16.79 | 1  | 25       | 58.83 | 1.594 173 71 |       |              |
|       | 5         | 1   | 5   | 42.95    | - 1   | 22  | 59.83    | 1.392 635 48 |           | 5            | 102 | 14       | 22.84 | 1  | 28       | 15.47 | 1.598 446 41 |       |              |
|       | 9         | 3   | 35  | 22.18    | - 1   | 19  | 42.97    | 1.394 945 59 |           | 9            | 104 | 7        | 53.03 | 1  | 30       | 25.60 | 1.602 617 35 |       |              |
|       | 13        | 6   | 4   | 30.02    | - 1   | 16  | 17.78    | 1.397 456 90 |           | 13           | 106 | 0        | 48.53 | 1  | 32       | 29.20 | 1.606 682 53 |       |              |
|       | 17        | 8   | 33  | 4.12     | - 1   | 12  | 44.79    | 1.400 163 98 |           | 17           | 107 | 53       | 10.48 | 1  | 34       | 26.24 | 1.610 638 10 |       |              |
|       | 21        | 11  | 1   | 2.21     | - 1   | 9   | 4.55     | 1.403 061 03 |           | 21           | 109 | 45       | 0.06  | 1  | 36       | 16.71 | 1.614 480 37 |       |              |
|       | 25        | 13  | 28  | 22.17    | - 1   | 5   | 17.62    | 1.406 141 91 |           | 25           | 111 | 36       | 18.45 | 1  | 38       | 0.59  | 1.618 205 83 |       |              |
|       | 29        | 15  | 55  | 2.00     | - 1   | 1   | 24.56    | 1.409 400 17 |           | 29           | 113 | 27       | 6.83  | 1  | 39       | 37.89 | 1.621 811 10 |       |              |
| Avril | 2         | 18  | 20  | 59.81    | - 0   | 57  | 25.96    | 1.412 829 09 | Oct.      | 3            | 115 | 17       | 26.38 | 1  | 41       | 8.59  | 1.625 292 98 |       |              |
|       | 6         | 20  | 46  | 13.88    | - 0   | 53  | 22.37    | 1.416 421 66 |           | 7            | 117 | 7        | 18.29 | 1  | 42       | 32.70 | 1.628 648 39 |       |              |
|       |           | 10  | 23  | 10       | 42.57 | - 0 | 49       | 14.37        |           | 1.420 170 69 |     | 11       | 118   | 56 | 43.76    | 1     | 43           | 50.24 | 1.631 874 44 |
|       |           | 14  | 25  | 34       | 24.42 | - 0 | 45       | 2.53         |           | 1.424 068 73 |     | 15       | 120   | 45 | 43.97    | 1     | 45           | 1.20  | 1.634 968 36 |
|       |           | 18  | 27  | 57       | 18.07 | - 0 | 40       | 47.40        |           | 1.428 108 20 |     | 19       | 122   | 34 | 20.14    | 1     | 46           | 5.60  | 1.637 927 53 |
|       | 22        | 30  | 19  | 22.32    | - 0   | 36  | 29.55    | 1.432 281 34 |           | 23           | 124 | 22       | 33.45 | 1  | 47       | 3.46  | 1.640 749 48 |       |              |
|       | 26        | 32  | 40  | 36.07    | - 0   | 32  | 9.51     | 1.436 580 29 |           | 27           | 126 | 10       | 25.11 | 1  | 47       | 54.79 | 1.643 431 88 |       |              |
| Mai   | 30        | 35  | 0   | 58.37    | - 0   | 27  | 47.81    | 1.440 997 05 | Nov.      | 31           | 127 | 57       | 56.31 | 1  | 48       | 39.63 | 1.645 972 53 |       |              |
|       | 4         | 37  | 20  | 28.40    | - 0   | 23  | 24.99    | 1.445 523 59 |           | 4            | 129 | 45       | 8.26  | 1  | 49       | 17.98 | 1.648 369 37 |       |              |
|       | 8         | 39  | 39  | 5.45     | - 0   | 19  | 1.52     | 1.450 151 79 |           | 8            | 131 | 32       | 2.16  | 1  | 49       | 49.88 | 1.650 620 48 |       |              |
|       | 12        | 41  | 56  | 48.94    | - 0   | 14  | 37.92    | 1.454 873 52 |           | 12           | 133 | 18       | 39.20 | 1  | 50       | 15.35 | 1.652 724 07 |       |              |
|       | 16        | 44  | 13  | 38.40    | - 0   | 10  | 14.63    | 1.459 680 62 |           | 16           | 135 | 5        | 0.59  | 1  | 50       | 34.43 | 1.654 678 47 |       |              |
|       | 20        | 46  | 29  | 33.47    | - 0   | 5   | 52.13    | 1.464 564 96 |           | 20           | 136 | 51       | 7.52  | 1  | 50       | 47.13 | 1.656 482 15 |       |              |
|       | 24        | 48  | 44  | 33.93    | - 0   | 1   | 30.84    | 1.469 518 42 |           | 24           | 138 | 37       | 1.18  | 1  | 50       | 53.50 | 1.658 133 71 |       |              |
|       | 28        | 50  | 58  | 39.61    | 0     | 2   | 48.83    | 1.474 532 94 |           | 28           | 140 | 22       | 42.78 | 1  | 50       | 53.57 | 1.659 631 87 |       |              |
| Juin  | 1         | 53  | 11  | 50.50    | 0     | 7   | 6.47     | 1.479 600 52 | Déc.      | 2            | 142 | 8        | 13.52 | 1  | 50       | 47.37 | 1.660 975 49 |       |              |
|       | 5         | 55  | 24  | 6.64     | 0     | 11  | 21.71    | 1.484 713 22 |           | 6            | 143 | 53       | 34.58 | 1  | 50       | 34.93 | 1.662 163 54 |       |              |
|       |           | 9   | 57  | 35       | 28.19 | 0   | 15       | 34.20        |           | 1.489 863 21 |     | 10       | 145   | 38 | 47.16    | 1     | 50           | 16.30 | 1.663 195 11 |
|       |           | 13  | 59  | 45       | 55.37 | 0   | 19       | 43.59        |           | 1.495 042 75 |     | 14       | 147   | 23 | 52.47    | 1     | 49           | 51.51 | 1.664 069 41 |
|       |           | 17  | 61  | 55       | 28.50 | 0   | 23       | 49.57        |           | 1.500 244 21 |     | 18       | 149   | 8  | 51.68    | 1     | 49           | 20.59 | 1.664 785 79 |
|       | 21        | 64  | 4   | 7.98     | 0     | 27  | 51.84    | 1.505 460 09 |           | 22           | 150 | 53       | 45.99 | 1  | 48       | 43.59 | 1.665 343 70 |       |              |
|       | 25        | 66  | 11  | 54.26    | 0     | 31  | 50.11    | 1.510 683 02 |           | 26           | 152 | 38       | 36.60 | 1  | 48       | 0.55  | 1.665 742 71 |       |              |
|       | 29        | 68  | 18  | 47.89    | 0     | 35  | 44.14    | 1.515 905 78 |           | 30           | 154 | 23       | 24.71 | 1  | 47       | 11.50 | 1.665 982 51 |       |              |

## JUPITER, SATURNE, URANUS, NEPTUNE 2013 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| JUPITER   |              |              |              | SATURNE   |              |              |              |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| Date      | longitude    | latitude     | rayon v.     | Date      | longitude    | latitude     | rayon v.     |
|           | ° / ' "      | ° / ' "      | ua           |           | ° / ' "      | ° / ' "      | ua           |
| Janv. 0   | 73 33 47.61  | - 0 35 27.61 | 5.063 243 2  | Janv. 0   | 214 16 45.04 | 2 26 40.44   | 9.791 965 8  |
| 16        | 74 57 49.17  | - 0 33 44.71 | 5.068 352 9  | 16        | 214 47 10.91 | 2 26 25.40   | 9.796 105 3  |
| Févr. 1   | 76 21 40.44  | - 0 32 0.82  | 5.073 533 8  | Févr. 1   | 215 17 35.26 | 2 26 9.68    | 9.800 222 4  |
| 17        | 77 45 21.33  | - 0 30 16.00 | 5.078 782 8  | 17        | 215 47 58.11 | 2 25 53.30   | 9.804 316 9  |
| Mars 5    | 79 8 51.74   | - 0 28 30.33 | 5.084 096 3  | Mars 5    | 216 18 19.46 | 2 25 36.25   | 9.808 388 5  |
|           |              |              |              |           |              |              |              |
| Avril 21  | 80 32 11.58  | - 0 26 43.87 | 5.089 471 2  | Avril 21  | 216 48 39.33 | 2 25 18.53   | 9.812 437 0  |
| 6         | 81 55 20.78  | - 0 24 56.70 | 5.094 904 1  | 6         | 217 18 57.72 | 2 25 0.14    | 9.816 462 2  |
| 22        | 83 18 19.25  | - 0 23 8.88  | 5.100 391 7  | 22        | 217 49 14.65 | 2 24 41.10   | 9.820 463 7  |
| Mai 8     | 84 41 6.94   | - 0 21 20.50 | 5.105 930 6  | Mai 8     | 218 19 30.13 | 2 24 21.39   | 9.824 441 4  |
| 24        | 86 3 43.78   | - 0 19 31.60 | 5.111 517 2  | 24        | 218 49 44.18 | 2 24 1.04    | 9.828 395 0  |
|           |              |              |              |           |              |              |              |
| Juin 9    | 87 26 9.71   | - 0 17 42.27 | 5.117 148 4  | Juin 9    | 219 19 56.80 | 2 23 40.03   | 9.832 324 1  |
| 25        | 88 48 24.68  | - 0 15 52.58 | 5.122 820 8  | 25        | 219 50 8.01  | 2 23 18.37   | 9.836 228 1  |
| Juill. 11 | 90 10 28.66  | - 0 14 2.58  | 5.128 531 3  | Juill. 11 | 220 20 17.81 | 2 22 56.07   | 9.840 106 6  |
| 27        | 91 32 21.61  | - 0 12 12.36 | 5.134 276 7  | 27        | 220 50 26.22 | 2 22 33.12   | 9.843 959 5  |
| Août 12   | 92 54 3.53   | - 0 10 21.96 | 5.140 053 6  | Août 12   | 221 20 33.24 | 2 22 9.54    | 9.847 786 4  |
|           |              |              |              |           |              |              |              |
| Sept. 28  | 94 15 34.38  | - 0 8 31.47  | 5.145 858 8  | Sept. 28  | 221 50 38.88 | 2 21 45.31   | 9.851 587 1  |
| 13        | 95 36 54.17  | - 0 6 40.94  | 5.151 689 1  | 13        | 222 20 43.15 | 2 21 20.46   | 9.855 361 3  |
| 29        | 96 58 2.91   | - 0 4 50.44  | 5.157 541 0  | 29        | 222 50 46.06 | 2 20 54.98   | 9.859 108 9  |
| Oct. 15   | 98 19 0.59   | - 0 3 0.02   | 5.163 411 2  | Oct. 15   | 223 20 47.62 | 2 20 28.87   | 9.862 829 8  |
| 31        | 99 39 47.23  | - 0 1 9.76   | 5.169 296 4  | 31        | 223 50 47.84 | 2 20 2.13    | 9.866 524 0  |
|           |              |              |              |           |              |              |              |
| Nov. 16   | 101 0 22.86  | 0 0 40.30    | 5.175 193 0  | Nov. 16   | 224 20 46.74 | 2 19 34.78   | 9.870 191 4  |
| Déc. 2    | 102 20 47.49 | 0 2 30.08    | 5.181 097 4  | Déc. 2    | 224 50 44.33 | 2 19 6.81    | 9.873 831 8  |
| 18        | 103 41 1.15  | 0 4 19.52    | 5.187 006 4  | 18        | 225 20 40.62 | 2 18 38.23   | 9.877 444 9  |
|           |              |              |              |           |              |              |              |
| URANUS    |              |              |              | NEPTUNE   |              |              |              |
| Date      | longitude    | latitude     | rayon v.     | Date      | longitude    | latitude     | rayon v.     |
|           | ° / ' "      | ° / ' "      | ua           |           | ° / ' "      | ° / ' "      | ua           |
| Janv. 0   | 7 21 39.98   | - 0 42 31.42 | 20.057 705 0 | Janv. 0   | 332 19 49.69 | - 0 37 16.54 | 29.990 703 7 |
| Févr. 1   | 7 42 16.50   | - 0 42 24.75 | 20.055 838 6 | Févr. 1   | 332 31 21.72 | - 0 37 36.55 | 29.989 685 3 |
| Mars 5    | 8 2 53.15    | - 0 42 17.99 | 20.053 935 6 | Mars 5    | 332 42 53.73 | - 0 37 56.53 | 29.988 670 3 |
| Avril 6   | 8 23 29.93   | - 0 42 11.13 | 20.051 996 2 | Avril 6   | 332 54 25.73 | - 0 38 16.49 | 29.987 659 0 |
| Mai 8     | 8 44 6.85    | - 0 42 4.18  | 20.050 020 4 | Mai 8     | 333 5 57.71  | - 0 38 36.42 | 29.986 651 8 |
|           |              |              |              |           |              |              |              |
| Juin 9    | 9 4 43.90    | - 0 41 57.14 | 20.048 009 0 | Juin 9    | 333 17 29.66 | - 0 38 56.33 | 29.985 649 7 |
| Juill. 11 | 9 25 21.10   | - 0 41 50.01 | 20.045 963 4 | Juill. 11 | 333 29 1.60  | - 0 39 16.21 | 29.984 653 9 |
| Août 12   | 9 45 58.44   | - 0 41 42.79 | 20.043 884 2 | Août 12   | 333 40 33.53 | - 0 39 36.07 | 29.983 664 0 |
| Sept. 13  | 10 6 35.96   | - 0 41 35.47 | 20.041 771 1 | Sept. 13  | 333 52 5.46  | - 0 39 55.90 | 29.982 679 6 |
| Oct. 15   | 10 27 13.64  | - 0 41 28.07 | 20.039 623 5 | Oct. 15   | 334 3 37.39  | - 0 40 15.71 | 29.981 699 9 |
|           |              |              |              |           |              |              |              |
| Nov. 16   | 10 47 51.50  | - 0 41 20.57 | 20.037 440 5 | Nov. 16   | 334 15 9.30  | - 0 40 35.49 | 29.980 724 7 |
| Déc. 18   | 11 8 29.51   | - 0 41 12.98 | 20.035 222 5 | Déc. 18   | 334 26 41.19 | - 0 40 55.24 | 29.979 755 4 |

## MERCURE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date     | asc. droite | déclinaison  | distance     | Date         | asc. droite | déclinaison  | distance     |              |              |
|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|          | h m s       | ° ' "        | ua           |              | h m s       | ° ' "        | ua           |              |              |
| Janv.    | 0 17 56     | 2.804        | -24 8 35.82  | 1.393 883 73 | Févr.       | 15 23 1      | 32.723       | - 5 35 58.54 | 0.994 260 00 |
|          | 1 18 2      | 48.027       | -24 14 58.38 | 1.400 111 87 |             | 16 23 5      | 27.126       | - 4 55 31.27 | 0.966 281 94 |
|          | 2 18 9      | 35.286       | -24 20 4.91  | 1.405 790 69 |             | 17 23 8      | 55.031       | - 4 17 17.22 | 0.938 116 49 |
|          | 3 18 16     | 24.468       | -24 23 54.11 | 1.410 924 41 |             | 18 23 11     | 54.224       | - 3 41 41.16 | 0.909 966 99 |
|          | 4 18 23     | 15.464       | -24 26 24.73 | 1.415 516 28 |             | 19 23 14     | 22.649       | - 3 9 7.76   | 0.882 049 99 |
|          | 5 18 30     | 8.165        | -24 27 35.57 | 1.419 568 52 |             | 20 23 16     | 18.491       | - 2 40 1.01  | 0.854 590 52 |
|          | 6 18 37     | 2.467        | -24 27 25.51 | 1.423 082 30 |             | 21 23 17     | 40.271       | - 2 14 43.56 | 0.827 816 99 |
|          | 7 18 43     | 58.262       | -24 25 53.46 | 1.426 057 73 |             | 22 23 18     | 26.940       | - 1 53 36.04 | 0.801 955 87 |
|          | 8 18 50     | 55.445       | -24 22 58.40 | 1.428 493 86 |             | 23 23 18     | 37.972       | - 1 36 56.30 | 0.777 226 53 |
|          | 9 18 57     | 53.906       | -24 18 39.36 | 1.430 388 62 |             | 24 23 18     | 13.455       | - 1 24 58.63 | 0.753 836 28 |
|          | 10 19 4     | 53.535       | -24 12 55.40 | 1.431 738 88 |             | 25 23 17     | 14.170       | - 1 17 52.94 | 0.731 975 95 |
|          | 11 19 11    | 54.222       | -24 5 45.65  | 1.432 540 35 |             | 26 23 15     | 41.649       | - 1 15 43.94 | 0.711 815 76 |
|          | 12 19 18    | 55.854       | -23 57 9.24  | 1.432 787 64 |             | 27 23 13     | 38.206       | - 1 18 30.48 | 0.693 501 89 |
|          | 13 19 25    | 58.317       | -23 47 5.37  | 1.432 474 17 |             | 28 23 11     | 6.933        | - 1 26 4.91  | 0.677 153 52 |
| 14 19 33 | 1.501       | -23 35 33.28 | 1.431 592 15 | Mars 1 23 8  | 11.649      | - 1 38 12.90 | 0.662 860 50 |              |              |
| 15 19 40 | 5.292       | -23 22 32.24 | 1.430 132 44 | 2 23 4       | 56.807      | - 1 54 33.40 | 0.650 681 89 |              |              |
| 16 19 47 | 9.578       | -23 8 1.60   | 1.428 084 58 | 3 23 1       | 27.348      | - 2 14 39.19 | 0.640 645 31 |              |              |
| 17 19 54 | 14.246      | -22 52 0.73  | 1.425 436 58 | 4 22 57      | 48.523      | - 2 37 57.81 | 0.632 747 31 |              |              |
| 18 20 1  | 19.179      | -22 34 29.12 | 1.422 174 97 | 5 22 54      | 5.690       | - 3 3 52.83  | 0.626 954 87 |              |              |
| 19 20 8  | 24.253      | -22 15 26.27 | 1.418 284 63 | 6 22 50      | 24.104      | - 3 31 45.44 | 0.623 207 89 |              |              |
| 20 20 15 | 29.343      | -21 54 51.82 | 1.413 748 81 | 7 22 46      | 48.724      | - 4 0 56.15  | 0.621 422 67 |              |              |
| 21 20 22 | 34.313      | -21 32 45.46 | 1.408 549 01 | 8 22 43      | 24.044      | - 4 30 46.45 | 0.621 496 05 |              |              |
| 22 20 29 | 39.021      | -21 9 7.01   | 1.402 665 04 | 9 22 40      | 13.974      | - 5 0 40.17  | 0.623 310 00 |              |              |
| 23 20 36 | 43.311      | -20 43 56.42 | 1.396 074 90 | 10 22 37     | 21.762      | - 5 30 4.63  | 0.626 736 25 |              |              |
| 24 20 43 | 47.014      | -20 17 13.78 | 1.388 754 85 | 11 22 34     | 49.970      | - 5 58 31.34 | 0.631 640 79 |              |              |
| 25 20 50 | 49.945      | -19 48 59.35 | 1.380 679 42 | 12 22 32     | 40.484      | - 6 25 36.34 | 0.637 887 87 |              |              |
| 26 20 57 | 51.897      | -19 19 13.61 | 1.371 821 45 | 13 22 30     | 54.562      | - 6 51 0.22  | 0.645 343 41 |              |              |
| 27 21 4  | 52.638      | -18 47 57.28 | 1.362 152 24 | 14 22 29     | 32.900      | - 7 14 27.88 | 0.653 877 75 |              |              |
| 28 21 11 | 51.906      | -18 15 11.38 | 1.351 641 70 | 15 22 28     | 35.716      | - 7 35 48.14 | 0.663 367 65 |              |              |
| 29 21 18 | 49.402      | -17 40 57.26 | 1.340 258 61 | 16 22 28     | 2.831       | - 7 54 53.23 | 0.673 697 74 |              |              |
| 30 21 25 | 44.786      | -17 5 16.71  | 1.327 970 99 | 17 22 27     | 53.751      | - 8 11 38.21 | 0.684 761 35 |              |              |
| 31 21 32 | 37.663      | -16 28 11.99 | 1.314 746 57 | 18 22 28     | 7.744       | - 8 26 0.53  | 0.696 460 89 |              |              |
| Févr.    | 1 21 39     | 27.578       | -15 49 45.94 | 1.300 553 44 | 19 22 28    | 43.907       | - 8 37 59.47 | 0.708 707 93 |              |
|          | 2 21 46     | 14.005       | -15 10 2.10  | 1.285 360 84 | 20 22 29    | 41.220       | - 8 47 35.75 | 0.721 422 93 |              |
|          | 3 21 52     | 56.331       | -14 29 4.77  | 1.269 140 21 | 21 22 30    | 58.595       | - 8 54 51.16 | 0.734 534 83 |              |
|          | 4 21 59     | 33.849       | -13 46 59.20 | 1.251 866 43 | 22 22 32    | 34.911       | - 8 59 48.28 | 0.747 980 53 |              |
|          | 5 22 6      | 5.740        | -13 3 51.69  | 1.233 519 34 | 23 22 34    | 29.046       | - 9 2 30.20  | 0.761 704 26 |              |
|          | 6 22 12     | 31.060       | -12 19 49.73 | 1.214 085 53 | 24 22 36    | 39.897       | - 9 3 0.36   | 0.775 656 93 |              |
|          | 7 22 18     | 48.726       | -11 35 2.16  | 1.193 560 36 | 25 22 39    | 6.400        | - 9 1 22.42  | 0.789 795 53 |              |
|          | 8 22 24     | 57.507       | -10 49 39.33 | 1.171 950 23 | 26 22 41    | 47.533       | - 8 57 40.09 | 0.804 082 40 |              |
|          | 9 22 30     | 56.009       | -10 3 53.17  | 1.149 275 04 | 27 22 44    | 42.335       | - 8 51 57.12 | 0.818 484 73 |              |
|          | 10 22 36    | 42.674       | - 9 17 57.38 | 1.125 570 68 | 28 22 47    | 49.900       | - 8 44 17.19 | 0.832 973 91 |              |
|          | 11 22 42    | 15.777       | - 8 32 7.44  | 1.100 891 43 | 29 22 51    | 9.385        | - 8 34 43.92 | 0.847 525 05 |              |
|          | 12 22 47    | 33.430       | - 7 46 40.65 | 1.075 312 10 | 30 22 54    | 40.008       | - 8 23 20.80 | 0.862 116 50 |              |
|          | 13 22 52    | 33.596       | - 7 1 56.13  | 1.048 929 74 | 31 22 58    | 21.047       | - 8 10 11.21 | 0.876 729 45 |              |
| 14 22 57 | 14.112      | - 6 18 14.66 | 1.021 864 54 | Avril 1 23 2 | 11.838      | - 7 55 18.41 | 0.891 347 53 |              |              |

## MERCURE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date           | asc. droite     | déclinaison  | distance       | Date           | asc. droite    | déclinaison   | distance     |              |
|----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|--------------|
|                | h m s           | ° ' "        | ua             |                | h m s          | ° ' "         | ua           |              |
| Avril          | 2 23 6 11.772   | - 7 38 45.52 | 0.905 956 48   | Mai            | 18 4 9 43.240  | 22 9 0.08     | 1.282 064 31 |              |
|                | 3 23 10 20.297  | - 7 20 35.53 | 0.920 543 89   |                | 19 4 18 40.219 | 22 40 25.37   | 1.270 460 60 |              |
|                | 4 23 14 36.913  | - 7 0 51.28  | 0.935 098 86   |                | 20 4 27 35.108 | 23 9 20.16    | 1.257 634 64 |              |
|                | 5 23 19 1.170   | - 6 39 35.48 | 0.949 611 83   |                | 21 4 36 26.577 | 23 35 39.83   | 1.243 675 45 |              |
|                | 6 23 23 32.666  | - 6 16 50.73 | 0.964 074 27   |                | 22 4 45 13.341 | 23 59 21.42   | 1.228 681 40 |              |
|                | 7 23 28 11.050  | - 5 52 39.50 | 0.978 478 46   |                | 23 4 53 54.185 | 24 20 23.64   | 1.212 757 03 |              |
|                | 8 23 32 56.009  | - 5 27 4.13  | 0.992 817 33   |                | 24 5 2 27.976  | 24 38 46.69   | 1.196 009 90 |              |
|                | 9 23 37 47.278  | - 5 0 6.88   | 1.007 084 18   |                | 25 5 10 53.674 | 24 54 32.17   | 1.178 547 81 |              |
|                | 10 23 42 44.627 | - 4 31 49.92 | 1.021 272 51   |                | 26 5 19 10.334 | 25 7 42.85    | 1.160 476 31 |              |
|                | 11 23 47 47.867 | - 4 2 15.34  | 1.035 375 83   |                | 27 5 27 17.108 | 25 18 22.55   | 1.141 896 87 |              |
|                | 12 23 52 56.842 | - 3 31 25.14 | 1.049 387 41   |                | 28 5 35 13.242 | 25 26 35.91   | 1.122 905 40 |              |
|                | 13 23 58 11.433 | - 2 59 21.29 | 1.063 300 15   |                | 29 5 42 58.071 | 25 32 28.24   | 1.103 591 36 |              |
|                | 14 0 3 31.552   | - 2 26 5.72  | 1.077 106 30   |                | 30 5 50 31.008 | 25 36 5.38    | 1.084 037 24 |              |
|                | 15 0 8 57.142   | - 1 51 40.30 | 1.090 797 33   |                | 31 5 57 51.538 | 25 37 33.55   | 1.064 318 36 |              |
|                | 16 0 14 28.178  | - 1 16 6.89  | 1.104 363 66   |                | Juin           | 1 6 4 59.206  | 25 36 59.23  | 1.044 503 01 |
|                | 17 0 20 4.662   | - 0 39 27.37 | 1.117 794 48   |                |                | 2 6 11 53.609 | 25 34 29.09  | 1.024 652 73 |
| 18 0 25 46.627 | - 0 1 43.60     | 1.131 077 51 | 3 6 18 34.386  | 25 30 9.92     |                | 1.004 822 71  |              |              |
| 19 0 31 34.129 | 0 37 2.53       | 1.144 198 78 | 4 6 25 1.207   | 25 24 8.53     |                | 0.985 062 37  |              |              |
| 20 0 37 27.255 | 1 16 49.06      | 1.157 142 37 | 5 6 31 13.770  | 25 16 31.74    |                | 0.965 415 87  |              |              |
| 21 0 43 26.114 | 1 57 33.99      | 1.169 890 14 | 6 6 37 11.787  | 25 7 26.33     |                | 0.945 922 70  |              |              |
| 22 0 49 30.841 | 2 39 15.23      | 1.182 421 46 | 7 6 42 54.986  | 24 56 59.01    |                | 0.926 618 31  |              |              |
| 23 0 55 41.593 | 3 21 50.56      | 1.194 712 89 | 8 6 48 23.098  | 24 45 16.43    |                | 0.907 534 63  |              |              |
| 24 1 1 58.550  | 4 5 17.62       | 1.206 737 89 | 9 6 53 35.856  | 24 32 25.16    |                | 0.888 700 68  |              |              |
| 25 1 8 21.911  | 4 49 33.87      | 1.218 466 46 | 10 6 58 32.994 | 24 18 31.66    |                | 0.870 143 05  |              |              |
| 26 1 14 51.893 | 5 34 36.57      | 1.229 864 82 | 11 7 3 14.237  | 24 3 42.34     |                | 0.851 886 42  |              |              |
| 27 1 21 28.724 | 6 20 22.68      | 1.240 895 09 | 12 7 7 39.306  | 23 48 3.51     |                | 0.833 954 00  |              |              |
| 28 1 28 12.644 | 7 6 48.86       | 1.251 514 96 | 13 7 11 47.911 | 23 31 41.42    |                | 0.816 368 00  |              |              |
| 29 1 35 3.897  | 7 53 51.41      | 1.261 677 45 | 14 7 15 39.754 | 23 14 42.24    |                | 0.799 149 98  |              |              |
| 30 1 42 2.727  | 8 41 26.19      | 1.271 330 72 | 15 7 19 14.530 | 22 57 12.11    |                | 0.782 321 27  |              |              |
| Mai            | 1 1 49 9.372    | 9 29 28.56   | 1.280 417 98   | 16 7 22 31.925 |                | 22 39 17.12   | 0.765 903 31 |              |
|                | 2 1 56 24.057   | 10 17 53.34  | 1.288 877 46   | 17 7 25 31.622 | 22 21 3.31     | 0.749 917 97  |              |              |
|                | 3 2 3 46.985    | 11 6 34.76   | 1.296 642 63   | 18 7 28 13.305 | 22 2 36.71     | 0.734 387 85  |              |              |
|                | 4 2 11 18.328   | 11 55 26.36  | 1.303 642 53   | 19 7 30 36.662 | 21 44 3.34     | 0.719 336 55  |              |              |
|                | 5 2 18 58.210   | 12 44 20.95  | 1.309 802 36   | 20 7 32 41.396 | 21 25 29.17    | 0.704 788 94  |              |              |
|                | 6 2 26 46.698   | 13 33 10.57  | 1.315 044 40   | 21 7 34 27.232 | 21 7 0.19      | 0.690 771 31  |              |              |
|                | 7 2 34 43.786   | 14 21 46.46  | 1.319 289 26   | 22 7 35 53.928 | 20 48 42.35    | 0.677 311 58  |              |              |
|                | 8 2 42 49.377   | 15 9 59.04   | 1.322 457 50   | 23 7 37 1.292  | 20 30 41.57    | 0.664 439 39  |              |              |
|                | 9 2 51 3.268    | 15 57 37.93  | 1.324 471 57   | 24 7 37 49.190 | 20 13 3.75     | 0.652 186 16  |              |              |
|                | 10 2 59 25.135  | 16 44 32.07  | 1.325 258 25   | 25 7 38 17.571 | 19 55 54.68    | 0.640 585 09  |              |              |
|                | 11 3 7 54.524   | 17 30 29.76  | 1.324 751 20   | 26 7 38 26.483 | 19 39 20.12    | 0.629 671 18  |              |              |
|                | 12 3 16 30.838  | 18 15 18.87  | 1.322 893 81   | 27 7 38 16.094 | 19 23 25.69    | 0.619 481 13  |              |              |
|                | 13 3 25 13.333  | 18 58 47.05  | 1.319 641 90   | 28 7 37 46.713 | 19 8 16.87     | 0.610 053 25  |              |              |
|                | 14 3 34 1.126   | 19 40 41.98  | 1.314 966 31   | 29 7 36 58.810 | 18 53 58.99    | 0.601 427 27  |              |              |
|                | 15 3 42 53.196  | 20 20 51.64  | 1.308 854 94   | 30 7 35 53.041 | 18 40 37.14    | 0.593 644 06  |              |              |
|                | 16 3 51 48.406  | 20 59 4.65   | 1.301 314 13   | Juill.         | 1 7 34 30.263  | 18 28 16.16   | 0.586 745 28 |              |
| 17 4 0 45.521  | 21 35 10.55     | 1.292 369 26 | 2 7 32 51.553  |                | 18 17 0.53     | 0.580 772 93  |              |              |



## MERCURE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date          | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance     | Date          | asc. droite |                |        | déclinaison |        |       | distance     |       |              |
|---------------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|--------------|---------------|-------------|----------------|--------|-------------|--------|-------|--------------|-------|--------------|
|               | h           | m  | s      | °           | '  | "     | ua           |               | h           | m              | s      | °           | '      | "     | ua           |       |              |
| <b>Juill.</b> | 3           | 7  | 30     | 58.222      | 18 | 6     | 54.37        | 0.575 768 79  | <b>Août</b> | 18             | 9      | 23          | 53.462 | 16    | 55           | 8.87  | 1.294 731 22 |
|               | 4           | 7  | 28     | 51.817      | 17 | 58    | 1.30         | 0.571 773 83  |             | 19             | 9      | 31          | 59.347 | 16    | 20           | 51.31 | 1.307 953 49 |
|               | 5           | 7  | 26     | 34.123      | 17 | 50    | 24.45        | 0.568 827 48  |             | 20             | 9      | 40          | 1.792  | 15    | 44           | 42.05 | 1.319 848 48 |
|               | 6           | 7  | 24     | 7.149       | 17 | 44    | 6.37         | 0.566 967 01  |             | 21             | 9      | 47          | 59.818 | 15    | 6            | 51.25 | 1.330 442 24 |
|               | 7           | 7  | 21     | 33.111      | 17 | 39    | 8.96         | 0.566 226 76  |             | 22             | 9      | 55          | 52.629 | 14    | 27           | 29.08 | 1.339 771 23 |
|               | 8           | 7  | 18     | 54.401      | 17 | 35    | 33.45        | 0.566 637 52  |             | 23             | 10     | 3           | 39.599 | 13    | 46           | 45.52 | 1.347 879 97 |
|               | 9           | 7  | 16     | 13.547      | 17 | 33    | 20.36        | 0.568 225 90  |             | 24             | 10     | 11          | 20.254 | 13    | 4            | 50.19 | 1.354 818 66 |
|               | 10          | 7  | 13     | 33.171      | 17 | 32    | 29.46        | 0.571 013 84  |             | 25             | 10     | 18          | 54.257 | 12    | 21           | 52.28 | 1.360 641 13 |
|               | 11          | 7  | 10     | 55.938      | 17 | 32    | 59.76        | 0.575 018 20  |             | 26             | 10     | 26          | 21.390 | 11    | 38           | 0.46  | 1.365 403 15 |
|               | 12          | 7  | 8      | 24.504      | 17 | 34    | 49.52        | 0.580 250 52  |             | 27             | 10     | 33          | 41.534 | 10    | 53           | 22.81 | 1.369 160 89 |
|               | 13          | 7  | 6      | 1.464       | 17 | 37    | 56.26        | 0.586 716 91  |             | 28             | 10     | 40          | 54.656 | 10    | 8            | 6.85  | 1.371 969 79 |
|               | 14          | 7  | 3      | 49.307      | 17 | 42    | 16.74        | 0.594 418 02  |             | 29             | 10     | 48          | 0.792  | 9     | 22           | 19.49 | 1.373 883 68 |
|               | 15          | 7  | 1      | 50.371      | 17 | 47    | 47.04        | 0.603 349 23  |             | 30             | 10     | 55          | 0.035  | 8     | 36           | 7.08  | 1.374 954 09 |
|               | 16          | 7  | 0      | 6.817       | 17 | 54    | 22.56        | 0.613 500 83  |             | 31             | 11     | 1           | 52.520 | 7     | 49           | 35.42 | 1.375 229 83 |
|               | 17          | 6  | 58     | 40.595      | 18 | 1     | 58.06        | 0.624 858 34  |             | <b>Sept.</b> 1 | 11     | 8           | 38.418 | 7     | 2            | 49.83 | 1.374 756 65 |
|               | 18          | 6  | 57     | 33.439      | 18 | 10    | 27.72        | 0.637 402 79  |             | 2              | 11     | 15          | 17.923 | 6     | 15           | 55.12 | 1.373 577 12 |
|               | 19          | 6  | 56     | 46.852      | 18 | 19    | 45.15        | 0.651 111 02  |             | 3              | 11     | 21          | 51.248 | 5     | 28           | 55.69 | 1.371 730 53 |
| 20            | 6           | 56 | 22.113 | 18          | 29 | 43.43 | 0.665 955 93 | 4             | 11          | 28             | 18.617 | 4           | 41     | 55.54 | 1.369 252 98 |       |              |
| 21            | 6           | 56 | 20.283 | 18          | 40 | 15.16 | 0.681 906 65 | 5             | 11          | 34             | 40.260 | 3           | 54     | 58.32 | 1.366 177 39 |       |              |
| 22            | 6           | 56 | 42.218 | 18          | 51 | 12.49 | 0.698 928 63 | 6             | 11          | 40             | 56.411 | 3           | 8      | 7.36  | 1.362 533 69 |       |              |
| 23            | 6           | 57 | 28.582 | 19          | 2  | 27.10 | 0.716 983 59 | 7             | 11          | 47             | 7.301  | 2           | 21     | 25.70 | 1.358 348 92 |       |              |
| 24            | 6           | 58 | 39.867 | 19          | 13 | 50.29 | 0.736 029 43 | 8             | 11          | 53             | 13.158 | 1           | 34     | 56.14 | 1.353 647 42 |       |              |
| 25            | 7           | 0  | 16.411 | 19          | 25 | 12.94 | 0.756 019 97 | 9             | 11          | 59             | 14.203 | 0           | 48     | 41.25 | 1.348 451 02 |       |              |
| 26            | 7           | 2  | 18.409 | 19          | 36 | 25.57 | 0.776 904 59 | 10            | 12          | 5              | 10.649 | 0           | 2      | 43.40 | 1.342 779 20 |       |              |
| 27            | 7           | 4  | 45.931 | 19          | 47 | 18.37 | 0.798 627 80 | 11            | 12          | 11             | 2.700  | -0          | 42     | 55.19 | 1.336 649 26 |       |              |
| 28            | 7           | 7  | 38.928 | 19          | 57 | 41.15 | 0.821 128 65 | 12            | 12          | 16             | 50.548 | -1          | 28     | 12.45 | 1.330 076 49 |       |              |
| 29            | 7           | 10 | 57.242 | 20          | 7  | 23.45 | 0.844 340 02 | 13            | 12          | 22             | 34.371 | -2          | 13     | 6.45  | 1.323 074 32 |       |              |
| 30            | 7           | 14 | 40.611 | 20          | 16 | 14.49 | 0.868 187 96 | 14            | 12          | 28             | 14.336 | -2          | 57     | 35.34 | 1.315 654 48 |       |              |
| 31            | 7           | 18 | 48.664 | 20          | 24 | 3.28  | 0.892 590 89 | 15            | 12          | 33             | 50.597 | -3          | 41     | 37.37 | 1.307 827 10 |       |              |
| <b>Août</b> 1 | 7           | 23 | 20.924 | 20          | 30 | 38.63 | 0.917 459 00 | 16            | 12          | 39             | 23.294 | -4          | 25     | 10.87 | 1.299 600 84 |       |              |
| 2             | 7           | 28 | 16.793 | 20          | 35 | 49.31 | 0.942 693 66 | 17            | 12          | 44             | 52.552 | -5          | 8      | 14.22 | 1.290 983 04 |       |              |
| 3             | 7           | 33 | 35.551 | 20          | 39 | 24.11 | 0.968 187 19 | 18            | 12          | 50             | 18.484 | -5          | 50     | 45.86 | 1.281 979 74 |       |              |
| 4             | 7           | 39 | 16.341 | 20          | 41 | 12.02 | 0.993 822 89 | 19            | 12          | 55             | 41.184 | -6          | 32     | 44.25 | 1.272 595 85 |       |              |
| 5             | 7           | 45 | 18.159 | 20          | 41 | 2.43  | 1.019 475 54 | 20            | 13          | 1              | 0.732  | -7          | 14     | 7.88  | 1.262 835 18 |       |              |
| 6             | 7           | 51 | 39.846 | 20          | 38 | 45.36 | 1.045 012 45 | 21            | 13          | 6              | 17.188 | -7          | 54     | 55.23 | 1.252 700 61 |       |              |
| 7             | 7           | 58 | 20.085 | 20          | 34 | 11.64 | 1.070 295 06 | 22            | 13          | 11             | 30.592 | -8          | 35     | 4.79  | 1.242 194 14 |       |              |
| 8             | 8           | 5  | 17.403 | 20          | 27 | 13.24 | 1.095 181 24 | 23            | 13          | 16             | 40.959 | -9          | 14     | 35.00 | 1.231 317 04 |       |              |
| 9             | 8           | 12 | 30.175 | 20          | 17 | 43.51 | 1.119 528 09 | 24            | 13          | 21             | 48.284 | -9          | 53     | 24.27 | 1.220 069 94 |       |              |
| 10            | 8           | 19 | 56.647 | 20          | 5  | 37.39 | 1.143 195 29 | 25            | 13          | 26             | 52.533 | -10         | 31     | 30.96 | 1.208 452 96 |       |              |
| 11            | 8           | 27 | 34.959 | 19          | 50 | 51.61 | 1.166 048 66 | 26            | 13          | 31             | 53.646 | -11         | 8      | 53.37 | 1.196 465 83 |       |              |
| 12            | 8           | 35 | 23.177 | 19          | 33 | 24.85 | 1.187 963 78 | 27            | 13          | 36             | 51.533 | -11         | 45     | 29.71 | 1.184 107 97 |       |              |
| 13            | 8           | 43 | 19.336 | 19          | 13 | 17.77 | 1.208 829 40 | 28            | 13          | 41             | 46.070 | -12         | 21     | 18.12 | 1.171 378 67 |       |              |
| 14            | 8           | 51 | 21.480 | 18          | 50 | 32.96 | 1.228 550 23 | 29            | 13          | 46             | 37.100 | -12         | 56     | 16.62 | 1.158 277 17 |       |              |
| 15            | 8           | 59 | 27.705 | 18          | 25 | 14.90 | 1.247 049 09 | 30            | 13          | 51             | 24.426 | -13         | 30     | 23.13 | 1.144 802 83 |       |              |
| 16            | 9           | 7  | 36.205 | 17          | 57 | 29.68 | 1.264 268 05 | <b>Oct.</b> 1 | 13          | 56             | 7.808  | -14         | 3      | 35.41 | 1.130 955 27 |       |              |
| 17            | 9           | 15 | 45.298 | 17          | 27 | 24.79 | 1.280 168 64 | 2             | 14          | 0              | 46.961 | -14         | 35     | 51.07 | 1.116 734 54 |       |              |

## MERCURE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date            | asc. droite     | déclinaison  | distance        | Date            | asc. droite     | déclinaison  | distance     |
|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|
|                 | h m s           | ° ' "        | ua              |                 | h m s           | ° ' "        | ua           |
| Oct.            | 3 14 5 21.545   | -15 7 7.55   | 1.102 141 36    | Nov.            | 18 14 19 42.749 | -11 26 46.55 | 0.996 207 90 |
|                 | 4 14 9 51.165   | -15 37 22.08 | 1.087 177 29    |                 | 19 14 23 41.270 | -11 48 36.93 | 1.021 561 17 |
|                 | 5 14 14 15.362  | -16 6 31.66  | 1.071 845 08    |                 | 20 14 27 57.608 | -12 12 30.69 | 1.046 326 58 |
|                 | 6 14 18 33.605  | -16 34 33.02 | 1.056 148 91    |                 | 21 14 32 29.608 | -12 38 5.67  | 1.070 421 76 |
|                 | 7 14 22 45.285  | -17 1 22.59  | 1.040 094 82    |                 | 22 14 37 15.363 | -13 5 1.87   | 1.093 784 13 |
|                 | 8 14 26 49.705  | -17 26 56.47 | 1.023 691 13    |                 | 23 14 42 13.200 | -13 33 1.43  | 1.116 367 90 |
|                 | 9 14 30 46.074  | -17 51 10.33 | 1.006 948 89    |                 | 24 14 47 21.661 | -14 1 48.49  | 1.138 141 38 |
|                 | 10 14 34 33.495 | -18 13 59.43 | 0.989 882 49    |                 | 25 14 52 39.483 | -14 31 9.03  | 1.159 084 47 |
|                 | 11 14 38 10.956 | -18 35 18.49 | 0.972 510 28    |                 | 26 14 58 5.580  | -15 0 50.68  | 1.179 186 48 |
|                 | 12 14 41 37.324 | -18 55 1.65  | 0.954 855 33    |                 | 27 15 3 39.020  | -15 30 42.57 | 1.198 444 24 |
|                 | 13 14 44 51.333 | -19 13 2.41  | 0.936 946 31    |                 | 28 15 9 19.008  | -16 0 35.14  | 1.216 860 46 |
|                 | 14 14 47 51.580 | -19 29 13.51 | 0.918 818 49    |                 | 29 15 15 4.864  | -16 30 19.99 | 1.234 442 42 |
| 15 14 50 36.514 | -19 43 26.88    | 0.900 514 90 | 30 15 20 56.012 | -16 59 49.75    | 1.251 200 81    |              |              |
| 16 14 53 4.440  | -19 55 33.52    | 0.882 087 64 | Déc.            | 1 15 26 51.959  | -17 28 57.90    | 1.267 148 83 |              |
| 17 14 55 13.516 | -20 5 23.42     | 0.863 599 41 |                 | 2 15 32 52.291  | -17 57 38.70    | 1.282 301 47 |              |
| 18 14 57 1.765  | -20 12 45.50    | 0.845 125 14 | 3 15 38 56.650  | -18 25 47.06    | 1.296 674 90    |              |              |
| 19 14 58 27.100 | -20 17 27.55    | 0.826 753 89 | 4 15 45 4.736   | -18 53 18.45    | 1.310 285 99    |              |              |
| 20 14 59 27.355 | -20 19 16.25    | 0.808 590 72 | 5 15 51 16.290  | -19 20 8.82     | 1.323 151 94    |              |              |
| 21 15 0 0.345   | -20 17 57.28    | 0.790 758 76 | 6 15 57 31.093  | -19 46 14.54    | 1.335 289 96    |              |              |
| 22 15 0 3.952   | -20 13 15.54    | 0.773 401 01 | 7 16 3 48.961   | -20 11 32.33    | 1.346 717 02    |              |              |
| 23 14 59 36.232 | -20 4 55.66     | 0.756 682 02 | 8 16 10 9.736   | -20 35 59.22    | 1.357 449 61    |              |              |
| 24 14 58 35.568 | -19 52 42.66    | 0.740 788 90 | 9 16 16 33.285  | -20 59 32.50    | 1.367 503 56    |              |              |
| 25 14 57 0.854  | -19 36 23.07    | 0.725 931 34 | 10 16 22 59.495 | -21 22 9.69     | 1.376 893 94    |              |              |
| 26 14 54 51.712 | -19 15 46.42    | 0.712 340 38 | 11 16 29 28.267 | -21 43 48.52    | 1.385 634 95    |              |              |
| 27 14 52 8.721  | -18 50 47.14    | 0.700 265 11 | 12 16 35 59.514 | -22 4 26.86     | 1.393 739 82    |              |              |
| 28 14 48 53.656 | -18 21 26.83    | 0.689 967 05 | 13 16 42 33.159 | -22 24 2.75     | 1.401 220 80    |              |              |
| 29 14 45 9.670  | -17 47 56.68    | 0.681 711 68 | 14 16 49 9.130  | -22 42 34.31    | 1.408 089 12    |              |              |
| 30 14 41 1.415  | -17 10 39.72    | 0.675 757 22 | 15 16 55 47.359 | -22 59 59.80    | 1.414 354 95    |              |              |
| 31 14 36 35.015 | -16 30 12.33    | 0.672 340 86 | 16 17 2 27.782  | -23 16 17.54    | 1.420 027 41    |              |              |
| Nov.            | 1 14 31 57.900  | -15 47 24.50 | 0.671 663 61    | 17 17 9 10.337  | -23 31 25.93    | 1.425 114 55 |              |
|                 | 2 14 27 18.457  | -15 3 18.46  | 0.673 875 21    | 18 17 15 54.959 | -23 45 23.43    | 1.429 623 36 |              |
|                 | 3 14 22 45.544  | -14 19 5.45  | 0.679 061 16    | 19 17 22 41.588 | -23 58 8.56     | 1.433 559 73 |              |
|                 | 4 14 18 27.921  | -13 36 0.92  | 0.687 233 72    | 20 17 29 30.156 | -24 9 39.90     | 1.436 928 49 |              |
|                 | 5 14 14 33.677  | -12 55 18.93 | 0.698 328 40    | 21 17 36 20.597 | -24 19 56.05    | 1.439 733 40 |              |
|                 | 6 14 11 9.744   | -12 18 6.67  | 0.712 206 45    | 22 17 43 12.842 | -24 28 55.65    | 1.441 977 11 |              |
|                 | 7 14 8 21.554   | -11 45 19.95 | 0.728 663 06    | 23 17 50 6.817  | -24 36 37.40    | 1.443 661 20 |              |
|                 | 8 14 6 12.881   | -11 17 40.34 | 0.747 439 89    | 24 17 57 2.445  | -24 43 0.03     | 1.444 786 13 |              |
|                 | 9 14 4 45.845   | -10 55 34.15 | 0.768 240 25    | 25 18 3 59.643  | -24 48 2.28     | 1.445 351 27 |              |
|                 | 10 14 4 1.061   | -10 39 13.04 | 0.790 744 97    | 26 18 10 58.325 | -24 51 42.94    | 1.445 354 82 |              |
|                 | 11 14 3 57.877  | -10 28 35.74 | 0.814 627 52    | 27 18 17 58.399 | -24 54 0.85     | 1.444 793 88 |              |
|                 | 12 14 4 34.653  | -10 23 30.55 | 0.839 567 08    | 28 18 24 59.767 | -24 54 54.86    | 1.443 664 32 |              |
| 13 14 5 49.043  | -10 23 38.00    | 0.865 258 95 | 29 18 32 2.322  | -24 54 23.88    | 1.441 960 87    |              |              |
| 14 14 7 38.255  | -10 28 33.35    | 0.891 422 21 | 30 18 39 5.951  | -24 52 26.86    | 1.439 677 02    |              |              |
| 15 14 9 59.267  | -10 37 48.82    | 0.917 804 47 | 31 18 46 10.533 | -24 49 2.77     | 1.436 805 07    |              |              |
| 16 14 12 49.000 | -10 50 55.34    | 0.944 184 35 | 32 18 53 15.934 | -24 44 10.65    | 1.433 336 10    |              |              |
| 17 14 16 4.445  | -11 7 23.91     | 0.970 371 97 | 33 19 0 22.014  | -24 37 49.59    | 1.429 259 96    |              |              |

## VÉNUS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |     |       | distance   | Date       | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | distance   |            |            |
|-------|-------------|----|--------|-------------|-----|-------|------------|------------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|------------|------------|------------|
|       | h           | m  | s      | °           | '   | "     | ua         |            | h           | m  | s      | °           | '      | "     | ua         |            |            |
| Janv. | 0           | 17 | 10     | 18.244      | -22 | 12    | 8.44       | 1.54718285 | Févr.       | 15 | 21     | 15          | 40.591 | -16   | 59         | 48.95      | 1.67770878 |
|       | 1           | 17 | 15     | 40.924      | -22 | 20    | 40.74      | 1.55087538 |             | 16 | 21     | 20          | 41.663 | -16   | 38         | 38.02      | 1.67964493 |
|       | 2           | 17 | 21     | 4.290       | -22 | 28    | 33.04      | 1.55453057 |             | 17 | 21     | 25          | 41.545 | -16   | 16         | 59.08      | 1.68154183 |
|       | 3           | 17 | 26     | 28.293      | -22 | 35    | 44.94      | 1.55814823 |             | 18 | 21     | 30          | 40.241 | -15   | 54         | 52.87      | 1.68339959 |
|       | 4           | 17 | 31     | 52.884      | -22 | 42    | 16.07      | 1.56172814 |             | 19 | 21     | 35          | 37.759 | -15   | 32         | 20.12      | 1.68521831 |
|       | 5           | 17 | 37     | 18.013      | -22 | 48    | 6.09       | 1.56527005 |             | 20 | 21     | 40          | 34.108 | -15   | 9          | 21.56      | 1.68699805 |
|       | 6           | 17 | 42     | 43.627      | -22 | 53    | 14.68      | 1.56877369 |             | 21 | 21     | 45          | 29.299 | -14   | 45         | 57.93      | 1.68873890 |
|       | 7           | 17 | 48     | 9.670       | -22 | 57    | 41.59      | 1.57223879 |             | 22 | 21     | 50          | 23.346 | -14   | 22         | 9.97       | 1.69044087 |
|       | 8           | 17 | 53     | 36.086      | -23 | 1     | 26.57      | 1.57566508 |             | 23 | 21     | 55          | 16.263 | -13   | 57         | 58.43      | 1.69210400 |
|       | 9           | 17 | 59     | 2.814       | -23 | 4     | 29.42      | 1.57905234 |             | 24 | 22     | 0           | 8.068  | -13   | 33         | 24.04      | 1.69372828 |
|       | 10          | 18 | 4      | 29.791      | -23 | 6     | 49.97      | 1.58240041 |             | 25 | 22     | 4           | 58.782 | -13   | 8          | 27.54      | 1.69531365 |
|       | 11          | 18 | 9      | 56.953      | -23 | 8     | 28.09      | 1.58570921 |             | 26 | 22     | 9           | 48.427 | -12   | 43         | 9.67       | 1.69686003 |
|       | 12          | 18 | 15     | 24.232      | -23 | 9     | 23.66      | 1.58897876 |             | 27 | 22     | 14          | 37.027 | -12   | 17         | 31.17      | 1.69836727 |
|       | 13          | 18 | 20     | 51.565      | -23 | 9     | 36.61      | 1.59220919 |             | 28 | 22     | 19          | 24.609 | -11   | 51         | 32.77      | 1.69983516 |
| 14    | 18          | 26 | 18.886 | -23         | 9   | 6.86  | 1.59540071 | Mars       | 1           | 22 | 24     | 11.202      | -11    | 25    | 15.20      | 1.70126342 |            |
| 15    | 18          | 31 | 46.136 | -23         | 7   | 54.42 | 1.59855360 |            | 2           | 22 | 28     | 56.835      | -10    | 58    | 39.22      | 1.70265169 |            |
| 16    | 18          | 37 | 13.252 | -23         | 5   | 59.29 | 1.60166816 |            | 3           | 22 | 33     | 41.539      | -10    | 31    | 45.56      | 1.70399956 |            |
| 17    | 18          | 42 | 40.176 | -23         | 3   | 21.53 | 1.60474468 |            | 4           | 22 | 38     | 25.343      | -10    | 4     | 34.97      | 1.70530656 |            |
| 18    | 18          | 48 | 6.851  | -23         | 0   | 1.23  | 1.60778345 |            | 5           | 22 | 43     | 8.278       | -9     | 37    | 8.23       | 1.70657220 |            |
| 19    | 18          | 53 | 33.218 | -22         | 55  | 58.51 | 1.61078473 |            | 6           | 22 | 47     | 50.373      | -9     | 9     | 26.08      | 1.70779594 |            |
| 20    | 18          | 58 | 59.222 | -22         | 51  | 13.53 | 1.61374875 |            | 7           | 22 | 52     | 31.659      | -8     | 41    | 29.29      | 1.70897729 |            |
| 21    | 19          | 4  | 24.805 | -22         | 45  | 46.47 | 1.61667570 |            | 8           | 22 | 57     | 12.166      | -8     | 13    | 18.64      | 1.71011573 |            |
| 22    | 19          | 9  | 49.914 | -22         | 39  | 37.55 | 1.61956576 |            | 9           | 23 | 1      | 51.926      | -7     | 44    | 54.88      | 1.71121082 |            |
| 23    | 19          | 15 | 14.496 | -22         | 32  | 47.01 | 1.62241907 |            | 10          | 23 | 6      | 30.971      | -7     | 16    | 18.76      | 1.71226216 |            |
| 24    | 19          | 20 | 38.497 | -22         | 25  | 15.14 | 1.62523574 |            | 11          | 23 | 11     | 9.336       | -6     | 47    | 31.04      | 1.71326941 |            |
| 25    | 19          | 26 | 1.868  | -22         | 17  | 2.22  | 1.62801586 | 12         | 23          | 15 | 47.056 | -6          | 18     | 32.48 | 1.71423232 |            |            |
| 26    | 19          | 31 | 24.561 | -22         | 8   | 8.60  | 1.63075948 | 13         | 23          | 20 | 24.167 | -5          | 49     | 23.80 | 1.71515068 |            |            |
| 27    | 19          | 36 | 46.528 | -21         | 58  | 34.63 | 1.63346661 | 14         | 23          | 25 | 0.708  | -5          | 20     | 5.76  | 1.71602437 |            |            |
| 28    | 19          | 42 | 7.725  | -21         | 48  | 20.67 | 1.63613722 | 15         | 23          | 29 | 36.714 | -4          | 50     | 39.09 | 1.71685329 |            |            |
| 29    | 19          | 47 | 28.111 | -21         | 37  | 27.14 | 1.63877122 | 16         | 23          | 34 | 12.225 | -4          | 21     | 4.54  | 1.71763737 |            |            |
| 30    | 19          | 52 | 47.647 | -21         | 25  | 54.47 | 1.64136849 | 17         | 23          | 38 | 47.278 | -3          | 51     | 22.84 | 1.71837656 |            |            |
| Févr. | 31          | 19 | 58     | 6.296       | -21 | 13    | 43.10      | 1.64392882 | 18          | 23 | 43     | 21.913      | -3     | 21    | 34.72      | 1.71907083 |            |
|       | 1           | 20 | 3      | 24.023      | -21 | 0     | 53.51      | 1.64645200 | 19          | 23 | 47     | 56.169      | -2     | 51    | 40.93      | 1.71972013 |            |
|       | 2           | 20 | 8      | 40.798      | -20 | 47    | 26.20      | 1.64893772 | 20          | 23 | 52     | 30.085      | -2     | 21    | 42.19      | 1.72032443 |            |
|       | 3           | 20 | 13     | 56.590      | -20 | 33    | 21.71      | 1.65138567 | 21          | 23 | 57     | 3.703       | -1     | 51    | 39.23      | 1.72088370 |            |
|       | 4           | 20 | 19     | 11.371      | -20 | 18    | 40.59      | 1.65379549 | 22          | 0  | 1      | 37.062      | -1     | 21    | 32.78      | 1.72139788 |            |
|       | 5           | 20 | 24     | 25.113      | -20 | 3     | 23.42      | 1.65616682 | 23          | 0  | 6      | 10.205      | -0     | 51    | 23.56      | 1.72186696 |            |
|       | 6           | 20 | 29     | 37.789      | -19 | 47    | 30.81      | 1.65849929 | 24          | 0  | 10     | 43.173      | -0     | 21    | 12.29      | 1.72229087 |            |
|       | 7           | 20 | 34     | 49.376      | -19 | 31    | 3.37       | 1.66079256 | 25          | 0  | 15     | 16.009      | 0      | 9     | 0.32       | 1.72266957 |            |
|       | 8           | 20 | 39     | 59.848      | -19 | 14    | 1.74       | 1.66304634 | 26          | 0  | 19     | 48.757      | 0      | 39    | 13.55      | 1.72300297 |            |
|       | 9           | 20 | 45     | 9.185       | -18 | 56    | 26.58      | 1.66526042 | 27          | 0  | 24     | 21.463      | 1      | 9     | 26.70      | 1.72329095 |            |
|       | 10          | 20 | 50     | 17.369      | -18 | 38    | 18.55      | 1.66743466 | 28          | 0  | 28     | 54.171      | 1      | 39    | 39.06      | 1.72353336 |            |
|       | 11          | 20 | 55     | 24.384      | -18 | 19    | 38.31      | 1.66956901 | 29          | 0  | 33     | 26.928      | 2      | 9     | 49.94      | 1.72372993 |            |
|       | 12          | 21 | 0      | 30.220      | -18 | 0     | 26.54      | 1.67166349 | 30          | 0  | 37     | 59.779      | 2      | 39    | 58.62      | 1.72388036 |            |
| 13    | 21          | 5  | 34.869 | -17         | 40  | 43.92 | 1.67371820 | 31         | 0           | 42 | 32.768 | 3           | 10     | 4.40  | 1.72398422 |            |            |
| 14    | 21          | 10 | 38.326 | -17         | 20  | 31.16 | 1.67573325 | Avril      | 1           | 0  | 47     | 5.939       | 3      | 40    | 6.56       | 1.72404104 |            |

## VÉNUS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance   | Date       | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | distance   |            |            |
|-------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|------------|------------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|------------|------------|------------|
|       | h           | m  | s      | °           | '  | "     | ua         |            | h           | m  | s      | °           | '      | "     | ua         |            |            |
| Avril | 2           | 0  | 51     | 39.334      | 4  | 10    | 4.37       | 1.72405027 | Mai         | 18 | 4      | 34          | 29.198 | 22    | 17         | 24.00      | 1.66767121 |
|       | 3           | 0  | 56     | 12.993      | 4  | 39    | 57.10      | 1.72401133 |             | 19 | 4      | 39          | 43.112 | 22    | 30         | 11.29      | 1.66513641 |
|       | 4           | 1  | 0      | 46.957      | 5  | 9     | 44.02      | 1.72392361 |             | 20 | 4      | 44          | 57.877 | 22    | 42         | 20.38      | 1.66254424 |
|       | 5           | 1  | 5      | 21.263      | 5  | 39    | 24.39      | 1.72378653 |             | 21 | 4      | 50          | 13.456 | 22    | 53         | 50.76      | 1.65989495 |
|       | 6           | 1  | 9      | 55.953      | 6  | 8     | 57.45      | 1.72359952 |             | 22 | 4      | 55          | 29.812 | 23    | 4          | 41.96      | 1.65718885 |
|       | 7           | 1  | 14     | 31.064      | 6  | 38    | 22.49      | 1.72336205 |             | 23 | 5      | 0           | 46.903 | 23    | 14         | 53.51      | 1.65442624 |
|       | 8           | 1  | 19     | 6.637       | 7  | 7     | 38.76      | 1.72307364 |             | 24 | 5      | 6           | 4.690  | 23    | 24         | 25.01      | 1.65160744 |
|       | 9           | 1  | 23     | 42.708      | 7  | 36    | 45.52      | 1.72273386 |             | 25 | 5      | 11          | 23.128 | 23    | 33         | 16.06      | 1.64873273 |
|       | 10          | 1  | 28     | 19.315      | 8  | 5     | 42.04      | 1.72234236 |             | 26 | 5      | 16          | 42.171 | 23    | 41         | 26.28      | 1.64580233 |
|       | 11          | 1  | 32     | 56.495      | 8  | 34    | 27.59      | 1.72189883 |             | 27 | 5      | 22          | 1.770  | 23    | 48         | 55.32      | 1.64281638 |
|       | 12          | 1  | 37     | 34.282      | 9  | 3     | 1.41       | 1.72140302 |             | 28 | 5      | 27          | 21.873 | 23    | 55         | 42.85      | 1.63977490 |
| 13    | 1           | 42 | 12.712 | 9           | 31 | 22.78 | 1.72085473 | 29         | 5           | 32 | 42.429 | 24          | 1      | 48.57 | 1.63667783 |            |            |
| 14    | 1           | 46 | 51.817 | 9           | 59 | 30.95 | 1.72025381 | 30         | 5           | 38 | 3.383  | 24          | 7      | 12.18 | 1.63352505 |            |            |
| 15    | 1           | 51 | 31.630 | 10          | 27 | 25.17 | 1.71960012 | 31         | 5           | 43 | 24.681 | 24          | 11     | 53.44 | 1.63031638 |            |            |
| 16    | 1           | 56 | 12.182 | 10          | 55 | 4.69  | 1.71889356 | Juin       | 1           | 5  | 48     | 46.267      | 24     | 15    | 52.13      | 1.62705162 |            |
| 17    | 2           | 0  | 53.503 | 11          | 22 | 28.78 | 1.71813407 |            | 2           | 5  | 54     | 8.083       | 24     | 19    | 8.05       | 1.62373061 |            |
| 18    | 2           | 5  | 35.624 | 11          | 49 | 36.67 | 1.71732157 |            | 3           | 5  | 59     | 30.073      | 24     | 21    | 41.07      | 1.62035318 |            |
| 19    | 2           | 10 | 18.573 | 12          | 16 | 27.63 | 1.71645604 |            | 4           | 6  | 4      | 52.174      | 24     | 23    | 31.07      | 1.61691921 |            |
| 20    | 2           | 15 | 2.379  | 12          | 43 | 0.90  | 1.71553746 |            | 5           | 6  | 10     | 14.326      | 24     | 24    | 37.97      | 1.61342861 |            |
| 21    | 2           | 19 | 47.070 | 13          | 9  | 15.74 | 1.71456583 |            | 6           | 6  | 15     | 36.465      | 24     | 25    | 1.71       | 1.60988133 |            |
| 22    | 2           | 24 | 32.672 | 13          | 35 | 11.40 | 1.71354118 |            | 7           | 6  | 20     | 58.528      | 24     | 24    | 42.29      | 1.60627738 |            |
| 23    | 2           | 29 | 19.212 | 14          | 0  | 47.13 | 1.71246353 |            | 8           | 6  | 26     | 20.451      | 24     | 23    | 39.71      | 1.60261679 |            |
| 24    | 2           | 34 | 6.717  | 14          | 26 | 2.21  | 1.71133293 |            | 9           | 6  | 31     | 42.169      | 24     | 21    | 54.04      | 1.59889964 |            |
| 25    | 2           | 38 | 55.212 | 14          | 50 | 55.90 | 1.71014937 |            | 10          | 6  | 37     | 3.618       | 24     | 19    | 25.34      | 1.59512607 |            |
| 26    | 2           | 43 | 44.720 | 15          | 15 | 27.46 | 1.70891283 |            | 11          | 6  | 42     | 24.733      | 24     | 16    | 13.73      | 1.59129624 |            |
| 27    | 2           | 48 | 35.265 | 15          | 39 | 36.18 | 1.70762321 | 12         | 6           | 47 | 45.451 | 24          | 12     | 19.35 | 1.58741039 |            |            |
| 28    | 2           | 53 | 26.867 | 16          | 3  | 21.32 | 1.70628032 | 13         | 6           | 53 | 5.710  | 24          | 7      | 42.37 | 1.58346875 |            |            |
| 29    | 2           | 58 | 19.542 | 16          | 26 | 42.15 | 1.70488387 | 14         | 6           | 58 | 25.449 | 24          | 2      | 22.99 | 1.57947166 |            |            |
| 30    | 3           | 3  | 13.304 | 16          | 49 | 37.93 | 1.70343350 | 15         | 7           | 3  | 44.608 | 23          | 56     | 21.44 | 1.57541945 |            |            |
| Mai   | 1           | 3  | 8      | 8.166       | 17 | 12    | 7.92       | 1.70192877 | 16          | 7  | 9      | 3.131       | 23     | 49    | 37.98      | 1.57131253 |            |
|       | 2           | 3  | 13     | 4.136       | 17 | 34    | 11.38      | 1.70036921 | 17          | 7  | 14     | 20.960      | 23     | 42    | 12.90      | 1.56715134 |            |
|       | 3           | 3  | 18     | 1.224       | 17 | 55    | 47.56      | 1.69875433 | 18          | 7  | 19     | 38.044      | 23     | 34    | 6.50       | 1.56293640 |            |
|       | 4           | 3  | 22     | 59.434      | 18 | 16    | 55.75      | 1.69708366 | 19          | 7  | 24     | 54.331      | 23     | 25    | 19.15      | 1.55866824 |            |
|       | 5           | 3  | 27     | 58.771      | 18 | 37    | 35.22      | 1.69535675 | 20          | 7  | 30     | 9.773       | 23     | 15    | 51.20      | 1.55434748 |            |
|       | 6           | 3  | 32     | 59.236      | 18 | 57    | 45.25      | 1.69357320 | 21          | 7  | 35     | 24.323      | 23     | 5     | 43.06      | 1.54997474 |            |
|       | 7           | 3  | 38     | 0.827       | 19 | 17    | 25.14      | 1.69173264 | 22          | 7  | 40     | 37.939      | 22     | 54    | 55.15      | 1.54555068 |            |
|       | 8           | 3  | 43     | 3.539       | 19 | 36    | 34.20      | 1.68983476 | 23          | 7  | 45     | 50.576      | 22     | 43    | 27.93      | 1.54107593 |            |
|       | 9           | 3  | 48     | 7.365       | 19 | 55    | 11.75      | 1.68787930 | 24          | 7  | 51     | 2.195       | 22     | 31    | 21.85      | 1.53655106 |            |
|       | 10          | 3  | 53     | 12.294      | 20 | 13    | 17.11      | 1.68586605 | 25          | 7  | 56     | 12.758      | 22     | 18    | 37.40      | 1.53197656 |            |
|       | 11          | 3  | 58     | 18.312      | 20 | 30    | 49.61      | 1.68379487 | 26          | 8  | 1      | 22.231      | 22     | 5     | 15.07      | 1.52735281 |            |
| 12    | 4           | 3  | 25.403 | 20          | 47 | 48.61 | 1.68166564 | 27         | 8           | 6  | 30.584 | 21          | 51     | 15.37 | 1.52268010 |            |            |
| 13    | 4           | 8  | 33.546 | 21          | 4  | 13.46 | 1.67947832 | 28         | 8           | 11 | 37.788 | 21          | 36     | 38.82 | 1.51795863 |            |            |
| 14    | 4           | 13 | 42.720 | 21          | 20 | 3.53  | 1.67723290 | 29         | 8           | 16 | 43.820 | 21          | 21     | 25.98 | 1.51318856 |            |            |
| 15    | 4           | 18 | 52.900 | 21          | 35 | 18.21 | 1.67492938 | 30         | 8           | 21 | 48.656 | 21          | 5      | 37.41 | 1.50837001 |            |            |
| 16    | 4           | 24 | 4.059  | 21          | 49 | 56.90 | 1.67256786 | Juill.     | 1           | 8  | 26     | 52.276      | 20     | 49    | 13.72      | 1.50350310 |            |
| 17    | 4           | 29 | 16.169 | 22          | 3  | 59.02 | 1.67014842 |            | 2           | 8  | 31     | 54.659      | 20     | 32    | 15.50      | 1.49858797 |            |

## VÉNUS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date          | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance<br>ua | Date         | asc. droite |              |        | déclinaison |        |        | distance<br>ua |              |              |              |
|---------------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|----------------|--------------|-------------|--------------|--------|-------------|--------|--------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|               | h           | m  | s      | °           | '  | "     |                |              | h           | m            | s      | °           | '      | "      |                |              |              |              |
| <b>Juill.</b> | 3           | 8  | 36     | 55.789      | 20 | 14    | 43.40          | 1.493 624 75 | <b>Août</b> | 18           | 12     | 6           | 55.145 | - 0    | 1              | 28.26        | 1.220 688 62 |              |
|               | 4           | 8  | 41     | 55.648      | 19 | 56    | 38.05          | 1.488 613 63 |             | 19           | 12     | 11          | 10.888 | - 0    | 32             | 24.65        | 1.213 960 59 |              |
|               | 5           | 8  | 46     | 54.223      | 19 | 38    | 0.12           | 1.483 554 80 |             | 20           | 12     | 15          | 26.387 | - 1    | 3              | 21.52        | 1.207 207 01 |              |
|               | 6           | 8  | 51     | 51.501      | 19 | 18    | 50.26          | 1.478 448 46 |             | 21           | 12     | 19          | 41.682 | - 1    | 34             | 18.21        | 1.200 428 62 |              |
|               | 7           | 8  | 56     | 47.472      | 18 | 59    | 9.17           | 1.473 294 87 |             | 22           | 12     | 23          | 56.813 | - 2    | 5              | 14.10        | 1.193 626 10 |              |
|               | 8           | 9  | 1      | 42.127      | 18 | 38    | 57.52          | 1.468 094 30 |             | 23           | 12     | 28          | 11.821 | - 2    | 36             | 8.53         | 1.186 800 04 |              |
|               | 9           | 9  | 6      | 35.460      | 18 | 18    | 16.01          | 1.462 847 05 |             | 24           | 12     | 32          | 26.749 | - 3    | 7              | 0.89         | 1.179 950 92 |              |
|               | 10          | 9  | 11     | 27.467      | 17 | 57    | 5.34           | 1.457 553 46 |             | 25           | 12     | 36          | 41.639 | - 3    | 37             | 50.54        | 1.173 079 15 |              |
|               | 11          | 9  | 16     | 18.147      | 17 | 35    | 26.22          | 1.452 213 90 |             | 26           | 12     | 40          | 56.531 | - 4    | 8              | 36.83        | 1.166 185 07 |              |
|               | 12          | 9  | 21     | 7.500       | 17 | 13    | 19.36          | 1.446 828 79 |             | 27           | 12     | 45          | 11.463 | - 4    | 39             | 19.12        | 1.159 268 95 |              |
|               | 13          | 9  | 25     | 55.529      | 16 | 50    | 45.47          | 1.441 398 59 |             | 28           | 12     | 49          | 26.475 | - 5    | 9              | 56.76        | 1.152 331 04 |              |
|               | 14          | 9  | 30     | 42.240      | 16 | 27    | 45.27          | 1.435 923 79 |             | 29           | 12     | 53          | 41.602 | - 5    | 40             | 29.09        | 1.145 371 56 |              |
|               | 15          | 9  | 35     | 27.641      | 16 | 4     | 19.48          | 1.430 404 95 |             | 30           | 12     | 57          | 56.880 | - 6    | 10             | 55.45        | 1.138 390 72 |              |
|               | 16          | 9  | 40     | 11.742      | 15 | 40    | 28.81          | 1.424 842 68 |             | 31           | 13     | 2           | 12.345 | - 6    | 41             | 15.19        | 1.131 388 71 |              |
|               | 17          | 9  | 44     | 54.554      | 15 | 16    | 14.00          | 1.419 237 64 |             | <b>Sept.</b> | 1      | 13          | 6      | 28.029 | - 7            | 11           | 27.63        | 1.124 365 69 |
|               | 18          | 9  | 49     | 36.092      | 14 | 51    | 35.77          | 1.413 590 54 |             | 2            | 13     | 10          | 43.967 | - 7    | 41             | 32.12        | 1.117 321 83 |              |
|               | 19          | 9  | 54     | 16.372      | 14 | 26    | 34.84          | 1.407 902 16 |             | 3            | 13     | 15          | 0.191  | - 8    | 11             | 27.97        | 1.110 257 28 |              |
| 20            | 9           | 58 | 55.409 | 14          | 1  | 11.94 | 1.402 173 31   | 4            | 13          | 19           | 16.731 | - 8         | 41     | 14.52  | 1.103 172 20   |              |              |              |
| 21            | 10          | 3  | 33.223 | 13          | 35 | 27.80 | 1.396 404 82   | 5            | 13          | 23           | 33.618 | - 9         | 10     | 51.11  | 1.096 066 73   |              |              |              |
| 22            | 10          | 8  | 9.834  | 13          | 9  | 23.14 | 1.390 597 52   | 6            | 13          | 27           | 50.881 | - 9         | 40     | 17.04  | 1.088 941 03   |              |              |              |
| 23            | 10          | 12 | 45.264 | 12          | 42 | 58.67 | 1.384 752 15   | 7            | 13          | 32           | 8.549  | -10         | 9      | 31.66  | 1.081 795 27   |              |              |              |
| 24            | 10          | 17 | 19.538 | 12          | 16 | 15.10 | 1.378 869 42   | 8            | 13          | 36           | 26.649 | -10         | 38     | 34.29  | 1.074 629 66   |              |              |              |
| 25            | 10          | 21 | 52.686 | 11          | 49 | 13.10 | 1.372 949 89   | 9            | 13          | 40           | 45.204 | -11         | 7      | 24.25  | 1.067 444 45   |              |              |              |
| 26            | 10          | 26 | 24.738 | 11          | 21 | 53.38 | 1.366 994 05   | 10           | 13          | 45           | 4.240  | -11         | 36     | 0.87   | 1.060 239 93   |              |              |              |
| 27            | 10          | 30 | 55.725 | 10          | 54 | 16.63 | 1.361 002 29   | 11           | 13          | 49           | 23.778 | -12         | 4      | 23.48  | 1.053 016 49   |              |              |              |
| 28            | 10          | 35 | 25.681 | 10          | 26 | 23.52 | 1.354 974 95   | 12           | 13          | 53           | 43.836 | -12         | 32     | 31.38  | 1.045 774 55   |              |              |              |
| 29            | 10          | 39 | 54.638 | 9           | 58 | 14.78 | 1.348 912 31   | 13           | 13          | 58           | 4.434  | -13         | 0      | 23.91  | 1.038 514 63   |              |              |              |
| 30            | 10          | 44 | 22.629 | 9           | 29 | 51.08 | 1.342 814 63   | 14           | 14          | 2            | 25.586 | -13         | 28     | 0.37   | 1.031 237 28   |              |              |              |
| 31            | 10          | 48 | 49.686 | 9           | 1  | 13.14 | 1.336 682 16   | 15           | 14          | 6            | 47.309 | -13         | 55     | 20.08  | 1.023 943 15   |              |              |              |
| <b>Août</b>   | 1           | 10 | 53     | 15.842      | 8  | 32    | 21.67          | 1.330 515 17 | 16          | 14           | 11     | 9.618       | -14    | 22     | 22.35          | 1.016 632 89 |              |              |
| 2             | 10          | 57 | 41.128 | 8           | 3  | 17.36 | 1.324 313 89   | 17           | 14          | 15           | 32.527 | -14         | 49     | 6.52   | 1.009 307 21   |              |              |              |
| 3             | 11          | 2  | 5.579  | 7           | 34 | 0.93  | 1.318 078 59   | 18           | 14          | 19           | 56.054 | -15         | 15     | 31.91  | 1.001 966 78   |              |              |              |
| 4             | 11          | 6  | 29.227 | 7           | 4  | 33.06 | 1.311 809 52   | 19           | 14          | 24           | 20.213 | -15         | 41     | 37.86  | 0.994 612 26   |              |              |              |
| 5             | 11          | 10 | 52.104 | 6           | 34 | 54.47 | 1.305 506 95   | 20           | 14          | 28           | 45.022 | -16         | 7      | 23.73  | 0.987 244 24   |              |              |              |
| 6             | 11          | 15 | 14.246 | 6           | 5  | 5.86  | 1.299 171 16   | 21           | 14          | 33           | 10.495 | -16         | 32     | 48.88  | 0.979 863 27   |              |              |              |
| 7             | 11          | 19 | 35.685 | 5           | 35 | 7.92  | 1.292 802 43   | 22           | 14          | 37           | 36.644 | -16         | 57     | 52.65  | 0.972 469 78   |              |              |              |
| 8             | 11          | 23 | 56.456 | 5           | 5  | 1.34  | 1.286 401 09   | 23           | 14          | 42           | 3.481  | -17         | 22     | 34.42  | 0.965 064 18   |              |              |              |
| 9             | 11          | 28 | 16.593 | 4           | 34 | 46.83 | 1.279 967 45   | 24           | 14          | 46           | 31.014 | -17         | 46     | 53.54  | 0.957 646 77   |              |              |              |
| 10            | 11          | 32 | 36.132 | 4           | 4  | 25.06 | 1.273 501 90   | 25           | 14          | 50           | 59.246 | -18         | 10     | 49.38  | 0.950 217 84   |              |              |              |
| 11            | 11          | 36 | 55.107 | 3           | 33 | 56.73 | 1.267 004 85   | 26           | 14          | 55           | 28.181 | -18         | 34     | 21.29  | 0.942 777 61   |              |              |              |
| 12            | 11          | 41 | 13.555 | 3           | 3  | 22.51 | 1.260 476 74   | 27           | 14          | 59           | 57.819 | -18         | 57     | 28.63  | 0.935 326 30   |              |              |              |
| 13            | 11          | 45 | 31.511 | 2           | 32 | 43.09 | 1.253 918 10   | 28           | 15          | 4            | 28.156 | -19         | 20     | 10.78  | 0.927 864 07   |              |              |              |
| 14            | 11          | 49 | 49.010 | 2           | 1  | 59.15 | 1.247 329 48   | 29           | 15          | 8            | 59.187 | -19         | 42     | 27.11  | 0.920 391 10   |              |              |              |
| 15            | 11          | 54 | 6.088  | 1           | 31 | 11.37 | 1.240 711 51   | 30           | 15          | 13           | 30.902 | -20         | 4      | 16.99  | 0.912 907 53   |              |              |              |
| 16            | 11          | 58 | 22.780 | 1           | 0  | 20.42 | 1.234 064 87   | <b>Oct.</b>  | 1           | 15           | 18     | 3.292       | -20    | 25     | 39.80          | 0.905 413 46 |              |              |
| 17            | 12          | 2  | 39.121 | 0           | 29 | 26.99 | 1.227 390 32   | 2            | 15          | 22           | 36.342 | -20         | 46     | 34.95  | 0.897 909 02   |              |              |              |

## VÉNUS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date | asc. droite |    |        | déclinaison |     |       | distance   | Date       | asc. droite |      |        | déclinaison |        |        | distance   |            |            |            |
|------|-------------|----|--------|-------------|-----|-------|------------|------------|-------------|------|--------|-------------|--------|--------|------------|------------|------------|------------|
|      | h           | m  | s      | °           | '   | "     | ua         |            | h           | m    | s      | °           | '      | "      | ua         |            |            |            |
| Oct. | 3           | 15 | 27     | 10.034      | -21 | 7     | 1.82       | 0.89039427 | Nov.        | 18   | 18     | 51          | 48.976 | -26    | 33         | 55.65      | 0.54116368 |            |
|      | 4           | 15 | 31     | 44.348      | -21 | 26    | 59.84      | 0.88286931 |             | 19   | 18     | 55          | 33.649 | -26    | 27         | 34.40      | 0.53374595 |            |
|      | 5           | 15 | 36     | 19.261      | -21 | 46    | 28.42      | 0.87533422 |             | 20   | 18     | 59          | 14.472 | -26    | 20         | 44.96      | 0.52635360 |            |
|      | 6           | 15 | 40     | 54.744      | -22 | 5     | 27.01      | 0.86778909 |             | 21   | 19     | 2           | 51.291 | -26    | 13         | 28.10      | 0.51898844 |            |
|      | 7           | 15 | 45     | 30.764      | -22 | 23    | 55.06      | 0.86023405 |             | 22   | 19     | 6           | 23.947 | -26    | 5          | 44.64      | 0.51165229 |            |
|      | 8           | 15 | 50     | 7.285       | -22 | 41    | 52.04      | 0.85266931 |             | 23   | 19     | 9           | 52.281 | -25    | 57         | 35.42      | 0.50434706 |            |
|      | 9           | 15 | 54     | 44.264      | -22 | 59    | 17.44      | 0.84509511 |             | 24   | 19     | 13          | 16.128 | -25    | 49         | 1.31       | 0.49707469 |            |
|      | 10          | 15 | 59     | 21.654      | -23 | 16    | 10.73      | 0.83751183 |             | 25   | 19     | 16          | 35.323 | -25    | 40         | 3.20       | 0.48983720 |            |
|      | 11          | 16 | 3      | 59.404      | -23 | 32    | 31.44      | 0.82991988 |             | 26   | 19     | 19          | 49.693 | -25    | 30         | 42.01      | 0.48263667 |            |
|      | 12          | 16 | 8      | 37.461      | -23 | 48    | 19.09      | 0.82231981 |             | 27   | 19     | 22          | 59.064 | -25    | 20         | 58.69      | 0.47547527 |            |
|      | 13          | 16 | 13     | 15.767      | -24 | 3     | 33.21      | 0.81471221 |             | 28   | 19     | 26          | 3.258  | -25    | 10         | 54.20      | 0.46835524 |            |
|      | 14          | 16 | 17     | 54.264      | -24 | 18    | 13.36      | 0.80709775 |             | 29   | 19     | 29          | 2.090  | -25    | 0          | 29.55      | 0.46127889 |            |
|      | 15          | 16 | 22     | 32.893      | -24 | 32    | 19.12      | 0.79947716 |             | 30   | 19     | 31          | 55.370 | -24    | 49         | 45.78      | 0.45424866 |            |
|      | 16          | 16 | 27     | 11.593      | -24 | 45    | 50.12      | 0.79185118 |             | Déc. | 1      | 19          | 34     | 42.903 | -24        | 38         | 43.94      | 0.44726704 |
|      | 17          | 16 | 31     | 50.301      | -24 | 58    | 45.97      | 0.78422056 |             |      | 2      | 19          | 37     | 24.484 | -24        | 27         | 25.14      | 0.44033669 |
|      | 18          | 16 | 36     | 28.953      | -25 | 11    | 6.36       | 0.77658604 |             | 3    | 19     | 39          | 59.899 | -24    | 15         | 50.51      | 0.43346041 |            |
|      | 19          | 16 | 41     | 7.483       | -25 | 22    | 50.98      | 0.76894835 |             | 4    | 19     | 42          | 28.924 | -24    | 4          | 1.20       | 0.42664121 |            |
| 20   | 16          | 45 | 45.822 | -25         | 33  | 59.56 | 0.76130816 | 5          | 19          | 44   | 51.324 | -23         | 51     | 58.40  | 0.41988238 |            |            |            |
| 21   | 16          | 50 | 23.898 | -25         | 44  | 31.85 | 0.75366611 | 6          | 19          | 47   | 6.858  | -23         | 39     | 43.31  | 0.41318749 |            |            |            |
| 22   | 16          | 55 | 1.634  | -25         | 54  | 27.62 | 0.74602279 | 7          | 19          | 49   | 15.278 | -23         | 27     | 17.11  | 0.40656042 |            |            |            |
| 23   | 16          | 59 | 38.953 | -26         | 3   | 46.70 | 0.73837876 | 8          | 19          | 51   | 16.332 | -23         | 14     | 41.02  | 0.40000540 |            |            |            |
| 24   | 17          | 4  | 15.771 | -26         | 12  | 28.91 | 0.73073455 | 9          | 19          | 53   | 9.769  | -23         | 1      | 56.24  | 0.39352699 |            |            |            |
| 25   | 17          | 8  | 52.005 | -26         | 20  | 34.12 | 0.72309065 | 10         | 19          | 54   | 55.333 | -22         | 49     | 3.96   | 0.38713003 |            |            |            |
| 26   | 17          | 13 | 27.565 | -26         | 28  | 2.21  | 0.71544755 | 11         | 19          | 56   | 32.771 | -22         | 36     | 5.39   | 0.38081968 |            |            |            |
| 27   | 17          | 18 | 2.360  | -26         | 34  | 53.13 | 0.70780573 | 12         | 19          | 58   | 1.832  | -22         | 23     | 1.73   | 0.37460136 |            |            |            |
| 28   | 17          | 22 | 36.298 | -26         | 41  | 6.83  | 0.70016565 | 13         | 19          | 59   | 22.264 | -22         | 9      | 54.17  | 0.36848077 |            |            |            |
| 29   | 17          | 27 | 9.281  | -26         | 46  | 43.29 | 0.69252776 | 14         | 20          | 0    | 33.822 | -21         | 56     | 43.92  | 0.36246386 |            |            |            |
| 30   | 17          | 31 | 41.209 | -26         | 51  | 42.55 | 0.68489250 | 15         | 20          | 1    | 36.263 | -21         | 43     | 32.14  | 0.35655685 |            |            |            |
| 31   | 17          | 36 | 11.980 | -26         | 56  | 4.67  | 0.67726031 | 16         | 20          | 2    | 29.355 | -21         | 30     | 20.00  | 0.35076623 |            |            |            |
| Nov. | 1           | 17 | 40     | 41.490      | -26 | 59    | 49.76      | 0.66963161 | 17          | 20   | 3      | 12.874      | -21    | 17     | 8.66       | 0.34509872 |            |            |
|      | 2           | 17 | 45     | 9.629       | -27 | 2     | 57.95      | 0.66200683 | 18          | 20   | 3      | 46.610      | -21    | 3      | 59.26      | 0.33956130 |            |            |
|      | 3           | 17 | 49     | 36.284      | -27 | 5     | 29.43      | 0.65438641 | 19          | 20   | 4      | 10.369      | -20    | 50     | 52.90      | 0.33416118 |            |            |
|      | 4           | 17 | 54     | 1.338       | -27 | 7     | 24.44      | 0.64677081 | 20          | 20   | 4      | 23.976      | -20    | 37     | 50.69      | 0.32890580 |            |            |
|      | 5           | 17 | 58     | 24.669      | -27 | 8     | 43.22      | 0.63916056 | 21          | 20   | 4      | 27.280      | -20    | 24     | 53.70      | 0.32380284 |            |            |
|      | 6           | 18 | 2      | 46.147      | -27 | 9     | 26.11      | 0.63155629 | 22          | 20   | 4      | 20.161      | -20    | 12     | 2.98       | 0.31886017 |            |            |
|      | 7           | 18 | 7      | 5.639       | -27 | 9     | 33.42      | 0.62395875 | 23          | 20   | 4      | 2.527       | -19    | 59     | 19.55      | 0.31408584 |            |            |
|      | 8           | 18 | 11     | 23.009      | -27 | 9     | 5.55       | 0.61636880 | 24          | 20   | 3      | 34.328      | -19    | 46     | 44.42      | 0.30948808 |            |            |
|      | 9           | 18 | 15     | 38.117      | -27 | 8     | 2.88       | 0.60878746 | 25          | 20   | 2      | 55.555      | -19    | 34     | 18.56      | 0.30507523 |            |            |
|      | 10          | 18 | 19     | 50.822      | -27 | 6     | 25.85      | 0.60121588 | 26          | 20   | 2      | 6.248       | -19    | 22     | 2.96       | 0.30085574 |            |            |
|      | 11          | 18 | 24     | 0.984       | -27 | 4     | 14.93      | 0.59365532 | 27          | 20   | 1      | 6.498       | -19    | 9      | 58.54      | 0.29683808 |            |            |
|      | 12          | 18 | 28     | 8.461       | -27 | 1     | 30.61      | 0.58610715 | 28          | 19   | 59     | 56.457      | -18    | 58     | 6.25       | 0.29303072 |            |            |
|      | 13          | 18 | 32     | 13.113      | -26 | 58    | 13.42      | 0.57857282 | 29          | 19   | 58     | 36.335      | -18    | 46     | 27.03      | 0.28944209 |            |            |
|      | 14          | 18 | 36     | 14.796      | -26 | 54    | 23.94      | 0.57105385 | 30          | 19   | 57     | 6.410       | -18    | 35     | 1.80       | 0.28608050 |            |            |
|      | 15          | 18 | 40     | 13.369      | -26 | 50    | 2.77       | 0.56355181 | 31          | 19   | 55     | 27.024      | -18    | 23     | 51.52      | 0.28295410 |            |            |
|      | 16          | 18 | 44     | 8.688       | -26 | 45    | 10.55      | 0.55606832 | 32          | 19   | 53     | 38.590      | -18    | 12     | 57.13      | 0.28007088 |            |            |
|      | 17          | 18 | 48     | 0.606       | -26 | 39    | 47.94      | 0.54860505 | 33          | 19   | 51     | 41.595      | -18    | 2      | 19.60      | 0.27743863 |            |            |

## MARS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite  | déclinaison  | distance     | Date       | asc. droite  | déclinaison  | distance     |              |            |
|-------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
|       | h m s        | ° ' "        | ua           |            | h m s        | ° ' "        | ua           |              |            |
| Janv. | 0            | 20 26 0.330  | -20 23 51.67 | 2.22257083 | Févr.        | 15           | 22 48 20.415 | - 8 37 23.65 | 2.32410384 |
|       | 1            | 20 29 15.338 | -20 12 29.98 | 2.22494838 |              | 16           | 22 51 16.712 | - 8 19 5.14  | 2.32614384 |
|       | 2            | 20 32 29.967 | -20 0 54.87  | 2.22731823 |              | 17           | 22 54 12.677 | - 8 0 42.48  | 2.32817603 |
|       | 3            | 20 35 44.213 | -19 49 6.47  | 2.22968047 |              | 18           | 22 57 8.317  | - 7 42 15.89 | 2.33020058 |
|       | 4            | 20 38 58.071 | -19 37 4.95  | 2.23203508 |              | 19           | 23 0 3.638   | - 7 23 45.56 | 2.33221766 |
|       | 5            | 20 42 11.539 | -19 24 50.47 | 2.23438203 |              | 20           | 23 2 58.647  | - 7 5 11.72  | 2.33422742 |
|       | 6            | 20 45 24.614 | -19 12 23.19 | 2.23672118 |              | 21           | 23 5 53.350  | - 6 46 34.56 | 2.33623002 |
|       | 7            | 20 48 37.292 | -18 59 43.28 | 2.23905237 |              | 22           | 23 8 47.755  | - 6 27 54.30 | 2.33822561 |
|       | 8            | 20 51 49.570 | -18 46 50.94 | 2.24137535 |              | 23           | 23 11 41.868 | - 6 9 11.14  | 2.34021434 |
|       | 9            | 20 55 1.444  | -18 33 46.35 | 2.24368987 |              | 24           | 23 14 35.697 | - 5 50 25.27 | 2.34219631 |
|       | 10           | 20 58 12.907 | -18 20 29.72 | 2.24599567 |              | 25           | 23 17 29.251 | - 5 31 36.90 | 2.34417162 |
|       | 11           | 21 1 23.953  | -18 7 1.25   | 2.24829252 |              | 26           | 23 20 22.540 | - 5 12 46.21 | 2.34614032 |
|       | 12           | 21 4 34.574  | -17 53 21.15 | 2.25058026 |              | 27           | 23 23 15.572 | - 4 53 53.39 | 2.34810241 |
|       | 13           | 21 7 44.763  | -17 39 29.63 | 2.25285884 |              | 28           | 23 26 8.360  | - 4 34 58.63 | 2.35005782 |
| 14    | 21 10 54.514 | -17 25 26.88 | 2.25512830   | Mars       | 1            | 23 29 0.913  | - 4 16 2.10  | 2.35200639   |            |
| 15    | 21 14 3.825  | -17 11 13.09 | 2.25738879   | 2          | 23 31 53.244 | - 3 57 3.99  | 2.35394789   |              |            |
| 16    | 21 17 12.693 | -16 56 48.47 | 2.25964054   | 3          | 23 34 45.363 | - 3 38 4.49  | 2.35588202   |              |            |
| 17    | 21 20 21.116 | -16 42 13.21 | 2.26188383   | 4          | 23 37 37.279 | - 3 19 3.79  | 2.35780836   |              |            |
| 18    | 21 23 29.094 | -16 27 27.51 | 2.26411898   | 5          | 23 40 29.002 | - 3 0 2.08   | 2.35972647   |              |            |
| 19    | 21 26 36.626 | -16 12 31.58 | 2.26634631   | 6          | 23 43 20.537 | - 2 40 59.57 | 2.36163585   |              |            |
| 20    | 21 29 43.713 | -15 57 25.62 | 2.26856616   | 7          | 23 46 11.894 | - 2 21 56.47 | 2.36353599   |              |            |
| 21    | 21 32 50.354 | -15 42 9.84  | 2.27077884   | 8          | 23 49 3.077  | - 2 2 52.98  | 2.36542636   |              |            |
| 22    | 21 35 56.551 | -15 26 44.44 | 2.27298466   | 9          | 23 51 54.093 | - 1 43 49.32 | 2.36730648   |              |            |
| 23    | 21 39 2.303  | -15 11 9.63  | 2.27518392   | 10         | 23 54 44.949 | - 1 24 45.67 | 2.36917591   |              |            |
| 24    | 21 42 7.612  | -14 55 25.62 | 2.27737690   | 11         | 23 57 35.652 | - 1 5 42.23  | 2.37103427   |              |            |
| 25    | 21 45 12.479 | -14 39 32.62 | 2.27956387   | 12         | 0 0 26.210   | - 0 46 39.21 | 2.37288125   |              |            |
| 26    | 21 48 16.907 | -14 23 30.83 | 2.28174506   | 13         | 0 3 16.630   | - 0 27 36.79 | 2.37471664   |              |            |
| 27    | 21 51 20.898 | -14 7 20.45  | 2.28392069   | 14         | 0 6 6.921    | - 0 8 35.16  | 2.37654029   |              |            |
| 28    | 21 54 24.455 | -13 51 1.69  | 2.28609092   | 15         | 0 8 57.089   | 0 10 25.50   | 2.37835209   |              |            |
| 29    | 21 57 27.583 | -13 34 34.75 | 2.28825587   | 16         | 0 11 47.142  | 0 29 24.98   | 2.38015200   |              |            |
| 30    | 22 0 30.286  | -13 17 59.81 | 2.29041561   | 17         | 0 14 37.087  | 0 48 23.10   | 2.38194000   |              |            |
| 31    | 22 3 32.571  | -13 1 17.09  | 2.29257013   | 18         | 0 17 26.931  | 1 7 19.68    | 2.38371610   |              |            |
| Févr. | 1            | 22 6 34.444  | -12 44 26.77 | 2.29471935 | 19           | 0 20 16.680  | 1 26 14.53   | 2.38548032   |            |
|       | 2            | 22 9 35.912  | -12 27 29.06 | 2.29686314 | 20           | 0 23 6.342   | 1 45 7.45    | 2.38723267   |            |
|       | 3            | 22 12 36.982 | -12 10 24.14 | 2.29900127 | 21           | 0 25 55.923  | 2 3 58.27    | 2.38897319   |            |
|       | 4            | 22 15 37.660 | -11 53 12.25 | 2.30113348 | 22           | 0 28 45.431  | 2 22 46.81   | 2.39070191   |            |
|       | 5            | 22 18 37.952 | -11 35 53.57 | 2.30325941 | 23           | 0 31 34.874  | 2 41 32.88   | 2.39241887   |            |
|       | 6            | 22 21 37.862 | -11 18 28.35 | 2.30537870 | 24           | 0 34 24.258  | 3 0 16.31    | 2.39412409   |            |
|       | 7            | 22 24 37.394 | -11 0 56.81  | 2.30749096 | 25           | 0 37 13.594  | 3 18 56.93   | 2.39581760   |            |
|       | 8            | 22 27 36.550 | -10 43 19.17 | 2.30959581 | 26           | 0 40 2.890   | 3 37 34.57   | 2.39749939   |            |
|       | 9            | 22 30 35.332 | -10 25 35.66 | 2.31169292 | 27           | 0 42 52.156  | 3 56 9.07    | 2.39916943   |            |
|       | 10           | 22 33 33.745 | -10 7 46.51  | 2.31378200 | 28           | 0 45 41.403  | 4 14 40.27   | 2.40082759   |            |
|       | 11           | 22 36 31.790 | - 9 49 51.93 | 2.31586289 | 29           | 0 48 30.642  | 4 33 8.03    | 2.40247370   |            |
|       | 12           | 22 39 29.474 | - 9 31 52.15 | 2.31793549 | 30           | 0 51 19.884  | 4 51 32.18   | 2.40410748   |            |
|       | 13           | 22 42 26.803 | - 9 13 47.36 | 2.31999979 | 31           | 0 54 9.138   | 5 9 52.57    | 2.40572854   |            |
|       | 14           | 22 45 23.781 | - 8 55 37.79 | 2.32205587 | Avril        | 1            | 0 56 58.412  | 5 28 9.04    | 2.40733641 |

## MARS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance     | Date         | asc. droite |     |        | déclinaison |        |        | distance     |              |              |              |
|-------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|--------------|--------------|-------------|-----|--------|-------------|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|       | h           | m  | s      | °           | '  | "     | ua           |              | h           | m   | s      | °           | '      | "      | ua           |              |              |              |
| Avril | 2           | 0  | 59     | 47.715      | 5  | 46    | 21.41        | 2.408 930 55 | Mai         | 18  | 3      | 11          | 34.895 | 17     | 44           | 45.85        | 2.461 175 64 |              |
|       | 3           | 1  | 2      | 37.051      | 6  | 4     | 29.52        | 2.410 510 34 |             | 19  | 3      | 14          | 30.697 | 17     | 56           | 55.36        | 2.461 733 74 |              |
|       | 4           | 1  | 5      | 26.428      | 6  | 22    | 33.18        | 2.412 075 18 |             | 20  | 3      | 17          | 26.675 | 18     | 8            | 54.08        | 2.462 262 57 |              |
|       | 5           | 1  | 8      | 15.851      | 6  | 40    | 32.22        | 2.413 624 42 |             | 21  | 3      | 20          | 22.830 | 18     | 20           | 41.89        | 2.462 762 09 |              |
|       | 6           | 1  | 11     | 5.325       | 6  | 58    | 26.47        | 2.415 157 47 |             | 22  | 3      | 23          | 19.161 | 18     | 32           | 18.71        | 2.463 232 25 |              |
|       | 7           | 1  | 13     | 54.859      | 7  | 16    | 15.76        | 2.416 673 76 |             | 23  | 3      | 26          | 15.669 | 18     | 43           | 44.46        | 2.463 672 96 |              |
|       | 8           | 1  | 16     | 44.457      | 7  | 33    | 59.92        | 2.418 172 78 |             | 24  | 3      | 29          | 12.356 | 18     | 54           | 59.05        | 2.464 084 12 |              |
|       | 9           | 1  | 19     | 34.126      | 7  | 51    | 38.79        | 2.419 654 06 |             | 25  | 3      | 32          | 9.220  | 19     | 6            | 2.41         | 2.464 465 51 |              |
|       | 10          | 1  | 22     | 23.872      | 8  | 9     | 12.21        | 2.421 117 24 |             | 26  | 3      | 35          | 6.260  | 19     | 16           | 54.45        | 2.464 816 83 |              |
|       | 11          | 1  | 25     | 13.700      | 8  | 26    | 40.02        | 2.422 561 97 |             | 27  | 3      | 38          | 3.475  | 19     | 27           | 35.10        | 2.465 137 63 |              |
|       | 12          | 1  | 28     | 3.615       | 8  | 44    | 2.06         | 2.423 988 00 |             | 28  | 3      | 41          | 0.859  | 19     | 38           | 4.26         | 2.465 427 36 |              |
|       | 13          | 1  | 30     | 53.623      | 9  | 1     | 18.18        | 2.425 395 11 |             | 29  | 3      | 43          | 58.411 | 19     | 48           | 21.83        | 2.465 685 39 |              |
|       | 14          | 1  | 33     | 43.726      | 9  | 18    | 28.21        | 2.426 783 14 |             | 30  | 3      | 46          | 56.126 | 19     | 58           | 27.74        | 2.465 910 99 |              |
|       | 15          | 1  | 36     | 33.929      | 9  | 35    | 31.99        | 2.428 151 95 |             | 31  | 3      | 49          | 54.001 | 20     | 8            | 21.89        | 2.466 103 46 |              |
|       | 16          | 1  | 39     | 24.236      | 9  | 52    | 29.38        | 2.429 501 43 |             | Jun | 1      | 3           | 52     | 52.034 | 20           | 18           | 4.19         | 2.466 262 08 |
|       | 17          | 1  | 42     | 14.650      | 10 | 9     | 20.20        | 2.430 831 48 |             | 2   | 3      | 55          | 50.221 | 20     | 27           | 34.58        | 2.466 386 18 |              |
| 18    | 1           | 45 | 5.176  | 10          | 26 | 4.31  | 2.432 142 03 | 3            | 3           | 58  | 48.558 | 20          | 36     | 52.98  | 2.466 475 11 |              |              |              |
| 19    | 1           | 47 | 55.817 | 10          | 42 | 41.55 | 2.433 433 03 | 4            | 4           | 1   | 47.040 | 20          | 45     | 59.32  | 2.466 528 30 |              |              |              |
| 20    | 1           | 50 | 46.578 | 10          | 59 | 11.77 | 2.434 704 42 | 5            | 4           | 4   | 45.660 | 20          | 54     | 53.55  | 2.466 545 22 |              |              |              |
| 21    | 1           | 53 | 37.463 | 11          | 15 | 34.82 | 2.435 956 18 | 6            | 4           | 7   | 44.414 | 21          | 3      | 35.60  | 2.466 525 37 |              |              |              |
| 22    | 1           | 56 | 28.478 | 11          | 31 | 50.56 | 2.437 188 26 | 7            | 4           | 10  | 43.292 | 21          | 12     | 5.41   | 2.466 468 34 |              |              |              |
| 23    | 1           | 59 | 19.629 | 11          | 47 | 58.85 | 2.438 400 62 | 8            | 4           | 13  | 42.289 | 21          | 20     | 22.92  | 2.466 373 73 |              |              |              |
| 24    | 2           | 2  | 10.922 | 12          | 3  | 59.56 | 2.439 593 23 | 9            | 4           | 16  | 41.394 | 21          | 28     | 28.07  | 2.466 241 22 |              |              |              |
| 25    | 2           | 5  | 2.365  | 12          | 19 | 52.56 | 2.440 765 96 | 10           | 4           | 19  | 40.601 | 21          | 36     | 20.81  | 2.466 070 51 |              |              |              |
| 26    | 2           | 7  | 53.965 | 12          | 35 | 37.73 | 2.441 918 64 | 11           | 4           | 22  | 39.899 | 21          | 44     | 1.07   | 2.465 861 35 |              |              |              |
| 27    | 2           | 10 | 45.727 | 12          | 51 | 14.95 | 2.443 051 02 | 12           | 4           | 25  | 39.281 | 21          | 51     | 28.82  | 2.465 613 54 |              |              |              |
| 28    | 2           | 13 | 37.658 | 13          | 6  | 44.08 | 2.444 162 71 | 13           | 4           | 28  | 38.738 | 21          | 58     | 43.98  | 2.465 326 89 |              |              |              |
| 29    | 2           | 16 | 29.762 | 13          | 22 | 5.01  | 2.445 253 22 | 14           | 4           | 31  | 38.262 | 22          | 5      | 46.52  | 2.465 001 28 |              |              |              |
| 30    | 2           | 19 | 22.041 | 13          | 37 | 17.58 | 2.446 321 96 | 15           | 4           | 34  | 37.844 | 22          | 12     | 36.38  | 2.464 636 59 |              |              |              |
| Mai   | 1           | 2  | 22     | 14.499      | 13 | 52    | 21.67        | 2.447 368 29 | 16          | 4   | 37     | 37.479      | 22     | 19     | 13.53        | 2.464 232 74 |              |              |
| 2     | 2           | 25 | 7.136  | 14          | 7  | 17.13 | 2.448 391 50 | 17           | 4           | 40  | 37.158 | 22          | 25     | 37.93  | 2.463 789 68 |              |              |              |
| 3     | 2           | 27 | 59.955 | 14          | 22 | 3.81  | 2.449 390 90 | 18           | 4           | 43  | 36.875 | 22          | 31     | 49.53  | 2.463 307 38 |              |              |              |
| 4     | 2           | 30 | 52.960 | 14          | 36 | 41.59 | 2.450 365 81 | 19           | 4           | 46  | 36.625 | 22          | 37     | 48.33  | 2.462 785 82 |              |              |              |
| 5     | 2           | 33 | 46.153 | 14          | 51 | 10.33 | 2.451 315 59 | 20           | 4           | 49  | 36.402 | 22          | 43     | 34.28  | 2.462 224 96 |              |              |              |
| 6     | 2           | 36 | 39.534 | 15          | 5  | 29.91 | 2.452 239 63 | 21           | 4           | 52  | 36.200 | 22          | 49     | 7.39   | 2.461 624 76 |              |              |              |
| 7     | 2           | 39 | 33.107 | 15          | 19 | 40.20 | 2.453 137 41 | 22           | 4           | 55  | 36.012 | 22          | 54     | 27.64  | 2.460 985 10 |              |              |              |
| 8     | 2           | 42 | 26.873 | 15          | 33 | 41.07 | 2.454 008 42 | 23           | 4           | 58  | 35.833 | 22          | 59     | 35.01  | 2.460 305 76 |              |              |              |
| 9     | 2           | 45 | 20.830 | 15          | 47 | 32.41 | 2.454 852 24 | 24           | 5           | 1   | 35.652 | 23          | 4      | 29.50  | 2.459 586 43 |              |              |              |
| 10    | 2           | 48 | 14.980 | 16          | 1  | 14.11 | 2.455 668 49 | 25           | 5           | 4   | 35.462 | 23          | 9      | 11.08  | 2.458 826 64 |              |              |              |
| 11    | 2           | 51 | 9.320  | 16          | 14 | 46.02 | 2.456 456 85 | 26           | 5           | 7   | 35.254 | 23          | 13     | 39.73  | 2.458 025 84 |              |              |              |
| 12    | 2           | 54 | 3.850  | 16          | 28 | 8.05  | 2.457 217 04 | 27           | 5           | 10  | 35.022 | 23          | 17     | 55.44  | 2.457 183 36 |              |              |              |
| 13    | 2           | 56 | 58.567 | 16          | 41 | 20.06 | 2.457 948 82 | 28           | 5           | 13  | 34.758 | 23          | 21     | 58.18  | 2.456 298 52 |              |              |              |
| 14    | 2           | 59 | 53.469 | 16          | 54 | 21.95 | 2.458 652 00 | 29           | 5           | 16  | 34.455 | 23          | 25     | 47.96  | 2.455 370 63 |              |              |              |
| 15    | 3           | 2  | 48.555 | 17          | 7  | 13.58 | 2.459 326 40 | 30           | 5           | 19  | 34.106 | 23          | 29     | 24.77  | 2.454 399 01 |              |              |              |
| 16    | 3           | 5  | 43.822 | 17          | 19 | 54.85 | 2.459 971 88 | Juill.       | 1           | 5   | 22     | 33.702      | 23     | 32     | 48.62        | 2.453 383 04 |              |              |
| 17    | 3           | 8  | 39.270 | 17          | 32 | 25.65 | 2.460 588 33 | 2            | 5           | 25  | 33.234 | 23          | 35     | 59.53  | 2.452 322 13 |              |              |              |



## MARS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date   | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance     | Date         | asc. droite |         |        | déclinaison |        |       | distance     |       |              |
|--------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|--------------|--------------|-------------|---------|--------|-------------|--------|-------|--------------|-------|--------------|
|        | h           | m  | s      | °           | '  | "     | ua           |              | h           | m       | s      | °           | '      | "     | ua           |       |              |
| Juill. | 3           | 5  | 28     | 32.692      | 23 | 38    | 57.50        | 2.451 215 75 | Août        | 18      | 7      | 42          | 3.060  | 22    | 14           | 41.70 | 2.346 839 70 |
|        | 4           | 5  | 31     | 32.066      | 23 | 41    | 42.57        | 2.450 063 41 |             | 19      | 7      | 44          | 48.940 | 22    | 8            | 30.63 | 2.343 318 82 |
|        | 5           | 5  | 34     | 31.344      | 23 | 44    | 14.75        | 2.448 864 67 |             | 20      | 7      | 47          | 34.371 | 22    | 2            | 9.96  | 2.339 742 86 |
|        | 6           | 5  | 37     | 30.515      | 23 | 46    | 34.05        | 2.447 619 14 |             | 21      | 7      | 50          | 19.352 | 21    | 55           | 39.77 | 2.336 111 58 |
|        | 7           | 5  | 40     | 29.567      | 23 | 48    | 40.51        | 2.446 326 47 |             | 22      | 7      | 53          | 3.881  | 21    | 49           | 0.18  | 2.332 424 63 |
|        | 8           | 5  | 43     | 28.489      | 23 | 50    | 34.15        | 2.444 986 35 |             | 23      | 7      | 55          | 47.959 | 21    | 42           | 11.28 | 2.328 681 58 |
|        | 9           | 5  | 46     | 27.268      | 23 | 52    | 14.99        | 2.443 598 53 |             | 24      | 7      | 58          | 31.585 | 21    | 35           | 13.17 | 2.324 881 94 |
|        | 10          | 5  | 49     | 25.893      | 23 | 53    | 43.06        | 2.442 162 81 |             | 25      | 8      | 1           | 14.758 | 21    | 28           | 5.98  | 2.321 025 23 |
|        | 11          | 5  | 52     | 24.353      | 23 | 54    | 58.39        | 2.440 679 00 |             | 26      | 8      | 3           | 57.477 | 21    | 20           | 49.82 | 2.317 110 96 |
|        | 12          | 5  | 55     | 22.637      | 23 | 56    | 1.00         | 2.439 146 99 |             | 27      | 8      | 6           | 39.739 | 21    | 13           | 24.82 | 2.313 138 70 |
|        | 13          | 5  | 58     | 20.736      | 23 | 56    | 50.94        | 2.437 566 69 |             | 28      | 8      | 9           | 21.540 | 21    | 5            | 51.11 | 2.309 108 03 |
|        | 14          | 6  | 1      | 18.640      | 23 | 57    | 28.24        | 2.435 938 05 |             | 29      | 8      | 12          | 2.877  | 20    | 58           | 8.81  | 2.305 018 58 |
|        | 15          | 6  | 4      | 16.340      | 23 | 57    | 52.93        | 2.434 261 08 |             | 30      | 8      | 14          | 43.745 | 20    | 50           | 18.05 | 2.300 870 04 |
|        | 16          | 6  | 7      | 13.829      | 23 | 58    | 5.07         | 2.432 535 77 |             | 31      | 8      | 17          | 24.141 | 20    | 42           | 18.97 | 2.296 662 11 |
|        | 17          | 6  | 10     | 11.098      | 23 | 58    | 4.71         | 2.430 762 17 |             | Sept. 1 | 8      | 20          | 4.061  | 20    | 34           | 11.68 | 2.292 394 57 |
|        | 18          | 6  | 13     | 8.140       | 23 | 57    | 51.89        | 2.428 940 31 |             | 2       | 8      | 22          | 43.500 | 20    | 25           | 56.32 | 2.288 067 20 |
|        | 19          | 6  | 16     | 4.949       | 23 | 57    | 26.69        | 2.427 070 23 |             | 3       | 8      | 25          | 22.455 | 20    | 17           | 33.00 | 2.283 679 87 |
| 20     | 6           | 19 | 1.516  | 23          | 56 | 49.15 | 2.425 151 91 | 4            | 8           | 28      | 0.922  | 20          | 9      | 1.86  | 2.279 232 47 |       |              |
| 21     | 6           | 21 | 57.832 | 23          | 55 | 59.36 | 2.423 185 25 | 5            | 8           | 30      | 38.899 | 20          | 0      | 23.02 | 2.274 724 95 |       |              |
| 22     | 6           | 24 | 53.890 | 23          | 54 | 57.36 | 2.421 170 08 | 6            | 8           | 33      | 16.383 | 19          | 51     | 36.60 | 2.270 157 34 |       |              |
| 23     | 6           | 27 | 49.681 | 23          | 53 | 43.21 | 2.419 106 07 | 7            | 8           | 35      | 53.372 | 19          | 42     | 42.72 | 2.265 529 72 |       |              |
| 24     | 6           | 30 | 45.198 | 23          | 52 | 16.95 | 2.416 992 81 | 8            | 8           | 38      | 29.866 | 19          | 33     | 41.51 | 2.260 842 22 |       |              |
| 25     | 6           | 33 | 40.435 | 23          | 50 | 38.65 | 2.414 829 74 | 9            | 8           | 41      | 5.864  | 19          | 24     | 33.08 | 2.256 095 06 |       |              |
| 26     | 6           | 36 | 35.386 | 23          | 48 | 48.37 | 2.412 616 30 | 10           | 8           | 43      | 41.365 | 19          | 15     | 17.57 | 2.251 288 49 |       |              |
| 27     | 6           | 39 | 30.046 | 23          | 46 | 46.16 | 2.410 351 85 | 11           | 8           | 46      | 16.369 | 19          | 5      | 55.09 | 2.246 422 78 |       |              |
| 28     | 6           | 42 | 24.409 | 23          | 44 | 32.11 | 2.408 035 78 | 12           | 8           | 48      | 50.877 | 18          | 56     | 25.79 | 2.241 498 24 |       |              |
| 29     | 6           | 45 | 18.468 | 23          | 42 | 6.29  | 2.405 667 52 | 13           | 8           | 51      | 24.887 | 18          | 46     | 49.78 | 2.236 515 17 |       |              |
| 30     | 6           | 48 | 12.215 | 23          | 39 | 28.80 | 2.403 246 51 | 14           | 8           | 53      | 58.400 | 18          | 37     | 7.20  | 2.231 473 82 |       |              |
| 31     | 6           | 51 | 5.642  | 23          | 36 | 39.73 | 2.400 772 27 | 15           | 8           | 56      | 31.415 | 18          | 27     | 18.15 | 2.226 374 41 |       |              |
| Août 1 | 6           | 53 | 58.740 | 23          | 33 | 39.15 | 2.398 244 34 | 16           | 8           | 59      | 3.933  | 18          | 17     | 22.76 | 2.221 217 09 |       |              |
| 2      | 6           | 56 | 51.500 | 23          | 30 | 27.17 | 2.395 662 31 | 17           | 9           | 1       | 35.957 | 18          | 7      | 21.15 | 2.216 001 91 |       |              |
| 3      | 6           | 59 | 43.912 | 23          | 27 | 3.88  | 2.393 025 84 | 18           | 9           | 4       | 7.488  | 17          | 57     | 13.40 | 2.210 728 84 |       |              |
| 4      | 7           | 2  | 35.969 | 23          | 23 | 29.36 | 2.390 334 59 | 19           | 9           | 6       | 38.531 | 17          | 46     | 59.64 | 2.205 397 74 |       |              |
| 5      | 7           | 5  | 27.659 | 23          | 19 | 43.72 | 2.387 588 30 | 20           | 9           | 9       | 9.090  | 17          | 36     | 39.96 | 2.200 008 39 |       |              |
| 6      | 7           | 8  | 18.975 | 23          | 15 | 47.05 | 2.384 786 73 | 21           | 9           | 11      | 39.169 | 17          | 26     | 14.49 | 2.194 560 54 |       |              |
| 7      | 7           | 11 | 9.908  | 23          | 11 | 39.44 | 2.381 929 72 | 22           | 9           | 14      | 8.770  | 17          | 15     | 43.35 | 2.189 053 88 |       |              |
| 8      | 7           | 14 | 0.450  | 23          | 7  | 20.98 | 2.379 017 14 | 23           | 9           | 16      | 37.897 | 17          | 5      | 6.66  | 2.183 488 10 |       |              |
| 9      | 7           | 16 | 50.593 | 23          | 2  | 51.78 | 2.376 048 91 | 24           | 9           | 19      | 6.549  | 16          | 54     | 24.55 | 2.177 862 93 |       |              |
| 10     | 7           | 19 | 40.331 | 22          | 58 | 11.92 | 2.373 025 01 | 25           | 9           | 21      | 34.729 | 16          | 43     | 37.16 | 2.172 178 09 |       |              |
| 11     | 7           | 22 | 29.658 | 22          | 53 | 21.50 | 2.369 945 47 | 26           | 9           | 24      | 2.434  | 16          | 32     | 44.62 | 2.166 433 38 |       |              |
| 12     | 7           | 25 | 18.569 | 22          | 48 | 20.62 | 2.366 810 37 | 27           | 9           | 26      | 29.666 | 16          | 21     | 47.06 | 2.160 628 59 |       |              |
| 13     | 7           | 28 | 7.060  | 22          | 43 | 9.39  | 2.363 619 80 | 28           | 9           | 28      | 56.423 | 16          | 10     | 44.62 | 2.154 763 59 |       |              |
| 14     | 7           | 30 | 55.126 | 22          | 37 | 47.91 | 2.360 373 91 | 29           | 9           | 31      | 22.705 | 15          | 59     | 37.42 | 2.148 838 26 |       |              |
| 15     | 7           | 33 | 42.763 | 22          | 32 | 16.29 | 2.357 072 84 | 30           | 9           | 33      | 48.511 | 15          | 48     | 25.61 | 2.142 852 55 |       |              |
| 16     | 7           | 36 | 29.968 | 22          | 26 | 34.64 | 2.353 716 72 | Oct. 1       | 9           | 36      | 13.841 | 15          | 37     | 9.31  | 2.136 806 42 |       |              |
| 17     | 7           | 39 | 16.735 | 22          | 20 | 43.07 | 2.350 305 66 | 2            | 9           | 38      | 38.695 | 15          | 25     | 48.64 | 2.130 699 90 |       |              |

## MARS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date | asc. droite  | déclinaison  | distance    | Date       | asc. droite  | déclinaison  | distance     |              |            |            |
|------|--------------|--------------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
|      | h m s        | ° ' "        | ua          |            | h m s        | ° ' "        | ua           |              |            |            |
| Oct. | 3            | 9 41 3.071   | 15 14 23.73 | 2.12453309 | Nov.         | 18           | 11 23 35.289 | 5 47 22.01   | 1.78047727 |            |
|      | 4            | 9 43 26.972  | 15 2 54.72  | 2.11830613 |              | 19           | 11 25 38.763 | 5 34 51.60   | 1.77180193 |            |
|      | 5            | 9 45 50.396  | 14 51 21.72 | 2.11201925 |              | 20           | 11 27 41.807 | 5 22 22.52   | 1.76308215 |            |
|      | 6            | 9 48 13.346  | 14 39 44.86 | 2.10567275 |              | 21           | 11 29 44.418 | 5 9 54.88    | 1.75431819 |            |
|      | 7            | 9 50 35.823  | 14 28 4.25  | 2.09926702 |              | 22           | 11 31 46.593 | 4 57 28.81   | 1.74551033 |            |
|      | 8            | 9 52 57.827  | 14 16 20.04 | 2.09280251 |              | 23           | 11 33 48.328 | 4 45 4.43    | 1.73665888 |            |
|      | 9            | 9 55 19.361  | 14 4 32.34  | 2.08627969 |              | 24           | 11 35 49.621 | 4 32 41.86   | 1.72776418 |            |
|      | 10           | 9 57 40.423  | 13 52 41.28 | 2.07969911 |              | 25           | 11 37 50.466 | 4 20 21.22   | 1.71882662 |            |
|      | 11           | 10 0 1.016   | 13 40 46.99 | 2.07306126 |              | 26           | 11 39 50.860 | 4 8 2.63     | 1.70984661 |            |
|      | 12           | 10 2 21.140  | 13 28 49.59 | 2.06636663 |              | 27           | 11 41 50.798 | 3 55 46.22   | 1.70082462 |            |
|      | 13           | 10 4 40.797  | 13 16 49.18 | 2.05961566 |              | 28           | 11 43 50.275 | 3 43 32.10   | 1.69176117 |            |
|      | 14           | 10 6 59.990  | 13 4 45.89  | 2.05280872 |              | 29           | 11 45 49.287 | 3 31 20.40   | 1.68265683 |            |
|      | 15           | 10 9 18.722  | 12 52 39.80 | 2.04594609 |              | 30           | 11 47 47.827 | 3 19 11.23   | 1.67351227 |            |
|      | 16           | 10 11 36.999 | 12 40 31.03 | 2.03902797 |              | Déc.         | 1            | 11 49 45.891 | 3 7 4.72   | 1.66432825 |
|      | 17           | 10 13 54.826 | 12 28 19.67 | 2.03205450 |              |              | 2            | 11 51 43.472 | 2 55 0.97  | 1.65510560 |
|      | 18           | 10 16 12.207 | 12 16 5.83  | 2.02502572 |              | 3            | 11 53 40.563 | 2 43 0.13    | 1.64584531 |            |
|      | 19           | 10 18 29.147 | 12 3 49.61  | 2.01794164 |              | 4            | 11 55 37.155 | 2 31 2.31    | 1.63654843 |            |
| 20   | 10 20 45.650 | 11 51 31.12  | 2.01080220  | 5          | 11 57 33.242 | 2 19 7.63    | 1.62721609   |              |            |            |
| 21   | 10 23 1.719  | 11 39 10.49  | 2.00360735  | 6          | 11 59 28.814 | 2 7 16.22    | 1.61784942   |              |            |            |
| 22   | 10 25 17.355 | 11 26 47.84  | 1.99635704  | 7          | 12 1 23.866  | 1 55 28.19   | 1.60844955   |              |            |            |
| 23   | 10 27 32.560 | 11 14 23.30  | 1.98905123  | 8          | 12 3 18.394  | 1 43 43.64   | 1.59901756   |              |            |            |
| 24   | 10 29 47.334 | 11 1 56.98   | 1.98168989  | 9          | 12 5 12.394  | 1 32 2.66    | 1.58955444   |              |            |            |
| 25   | 10 32 1.676  | 10 49 29.02  | 1.97427304  | 10         | 12 7 5.863   | 1 20 25.34   | 1.58006108   |              |            |            |
| 26   | 10 34 15.586 | 10 36 59.55  | 1.96680074  | 11         | 12 8 58.798  | 1 8 51.77    | 1.57053832   |              |            |            |
| 27   | 10 36 29.065 | 10 24 28.68  | 1.95927308  | 12         | 12 10 51.197 | 0 57 22.05   | 1.56098692   |              |            |            |
| 28   | 10 38 42.111 | 10 11 56.56  | 1.95169016  | 13         | 12 12 43.055 | 0 45 56.26   | 1.55140758   |              |            |            |
| 29   | 10 40 54.724 | 9 59 23.29   | 1.94405218  | 14         | 12 14 34.366 | 0 34 34.51   | 1.54180095   |              |            |            |
| 30   | 10 43 6.903  | 9 46 49.01   | 1.93635933  | 15         | 12 16 25.126 | 0 23 16.91   | 1.53216767   |              |            |            |
| 31   | 10 45 18.648 | 9 34 13.84   | 1.92861189  | 16         | 12 18 15.326 | 0 12 3.55    | 1.52250834   |              |            |            |
| Nov. | 1            | 10 47 29.958 | 9 21 37.89  | 1.92081020 | 17           | 12 20 4.958  | 0 0 54.56    | 1.51282355   |            |            |
|      | 2            | 10 49 40.833 | 9 9 1.29    | 1.91295467 | 18           | 12 21 54.014 | - 0 10 9.95  | 1.50311390   |            |            |
|      | 3            | 10 51 51.272 | 8 56 24.16  | 1.90504580 | 19           | 12 23 42.482 | - 0 21 9.86  | 1.49338000   |            |            |
|      | 4            | 10 54 1.275  | 8 43 46.62  | 1.89708420 | 20           | 12 25 30.352 | - 0 32 5.05  | 1.48362247   |            |            |
|      | 5            | 10 56 10.841 | 8 31 8.79   | 1.88907056 | 21           | 12 27 17.614 | - 0 42 55.39 | 1.47384195   |            |            |
|      | 6            | 10 58 19.968 | 8 18 30.79  | 1.88100562 | 22           | 12 29 4.254  | - 0 53 40.76 | 1.46403913   |            |            |
|      | 7            | 11 0 28.654  | 8 5 52.76   | 1.87289019 | 23           | 12 30 50.261 | - 1 4 21.04  | 1.45421471   |            |            |
|      | 8            | 11 2 36.899  | 7 53 14.80  | 1.86472506 | 24           | 12 32 35.621 | - 1 14 56.11 | 1.44436946   |            |            |
|      | 9            | 11 4 44.701  | 7 40 37.03  | 1.85651101 | 25           | 12 34 20.322 | - 1 25 25.84 | 1.43450419   |            |            |
|      | 10           | 11 6 52.060  | 7 27 59.56  | 1.84824876 | 26           | 12 36 4.348  | - 1 35 50.10 | 1.42461975   |            |            |
|      | 11           | 11 8 58.979  | 7 15 22.49  | 1.83993894 | 27           | 12 37 47.685 | - 1 46 8.78  | 1.41471706   |            |            |
|      | 12           | 11 11 5.460  | 7 2 45.90   | 1.83158213 | 28           | 12 39 30.318 | - 1 56 21.75 | 1.40479714   |            |            |
|      | 13           | 11 13 11.505 | 6 50 9.90   | 1.82317881 | 29           | 12 41 12.229 | - 2 6 28.87  | 1.39486107   |            |            |
|      | 14           | 11 15 17.119 | 6 37 34.57  | 1.81472939 | 30           | 12 42 53.401 | - 2 16 30.04 | 1.38491006   |            |            |
|      | 15           | 11 17 22.302 | 6 25 0.01   | 1.80623425 | 31           | 12 44 33.814 | - 2 26 25.11 | 1.37494545   |            |            |
|      | 16           | 11 19 27.058 | 6 12 26.33  | 1.79769367 | 32           | 12 46 13.450 | - 2 36 13.95 | 1.36496867   |            |            |
|      | 17           | 11 21 31.387 | 5 59 53.62  | 1.78910793 | 33           | 12 47 52.287 | - 2 45 56.43 | 1.35498125   |            |            |

## JUPITER 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance     | Date         | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | distance     |              |              |
|-------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|--------------|--------------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|--------------|--------------|--------------|
|       | h           | m  | s      | °           | '  | "     | ua           |              | h           | m  | s      | °           | '      | "     | ua           |              |              |
| Janv. | 0           | 4  | 24     | 52.071      | 20 | 55    | 1.79         | 4.201 383 03 | Févr.       | 15 | 4      | 19          | 56.735 | 20    | 54           | 13.28        | 4.808 250 74 |
|       | 1           | 4  | 24     | 27.654      | 20 | 54    | 19.21        | 4.210 271 43 |             | 16 | 4      | 20          | 10.085 | 20    | 54           | 58.48        | 4.824 221 91 |
|       | 2           | 4  | 24     | 3.904       | 20 | 53    | 38.05        | 4.219 416 08 |             | 17 | 4      | 20          | 24.243 | 20    | 55           | 45.46        | 4.840 233 96 |
|       | 3           | 4  | 23     | 40.838      | 20 | 52    | 58.33        | 4.228 813 42 |             | 18 | 4      | 20          | 39.203 | 20    | 56           | 34.19        | 4.856 282 33 |
|       | 4           | 4  | 23     | 18.469      | 20 | 52    | 20.11        | 4.238 459 86 |             | 19 | 4      | 20          | 54.957 | 20    | 57           | 24.66        | 4.872 362 56 |
|       | 5           | 4  | 22     | 56.814      | 20 | 51    | 43.43        | 4.248 351 71 |             | 20 | 4      | 21          | 11.497 | 20    | 58           | 16.83        | 4.888 470 28 |
|       | 6           | 4  | 22     | 35.888      | 20 | 51    | 8.34         | 4.258 485 19 |             | 21 | 4      | 21          | 28.816 | 20    | 59           | 10.66        | 4.904 601 21 |
|       | 7           | 4  | 22     | 15.706      | 20 | 50    | 34.89        | 4.268 856 44 |             | 22 | 4      | 21          | 46.906 | 21    | 0            | 6.12         | 4.920 751 16 |
|       | 8           | 4  | 21     | 56.280      | 20 | 50    | 3.14         | 4.279 461 46 |             | 23 | 4      | 22          | 5.757  | 21    | 1            | 3.18         | 4.936 916 05 |
|       | 9           | 4  | 21     | 37.624      | 20 | 49    | 33.13        | 4.290 296 06 |             | 24 | 4      | 22          | 25.362 | 21    | 2            | 1.78         | 4.953 091 89 |
|       | 10          | 4  | 21     | 19.748      | 20 | 49    | 4.91         | 4.301 355 92 |             | 25 | 4      | 22          | 45.714 | 21    | 3            | 1.89         | 4.969 274 78 |
|       | 11          | 4  | 21     | 2.662       | 20 | 48    | 38.52        | 4.312 636 47 |             | 26 | 4      | 23          | 6.805  | 21    | 4            | 3.47         | 4.985 460 92 |
|       | 12          | 4  | 20     | 46.373      | 20 | 48    | 13.98        | 4.324 132 99 |             | 27 | 4      | 23          | 28.629 | 21    | 5            | 6.48         | 5.001 646 59 |
|       | 13          | 4  | 20     | 30.891      | 20 | 47    | 51.30        | 4.335 840 55 |             | 28 | 4      | 23          | 51.180 | 21    | 6            | 10.87        | 5.017 828 13 |
| 14    | 4           | 20 | 16.223 | 20          | 47 | 30.51 | 4.347 754 14 | Mars         | 1           | 4  | 24     | 14.453      | 21     | 7     | 16.63        | 5.034 001 90 |              |
| 15    | 4           | 20 | 2.379  | 20          | 47 | 11.63 | 4.359 868 62 | 2            | 4           | 24 | 38.443 | 21          | 8      | 23.70 | 5.050 164 32 |              |              |
| 16    | 4           | 19 | 49.366 | 20          | 46 | 54.68 | 4.372 178 86 | 3            | 4           | 25 | 3.144  | 21          | 9      | 32.08 | 5.066 311 76 |              |              |
| 17    | 4           | 19 | 37.193 | 20          | 46 | 39.68 | 4.384 679 73 | 4            | 4           | 25 | 28.549 | 21          | 10     | 41.73 | 5.082 440 56 |              |              |
| 18    | 4           | 19 | 25.865 | 20          | 46 | 26.66 | 4.397 366 11 | 5            | 4           | 25 | 54.652 | 21          | 11     | 52.62 | 5.098 547 04 |              |              |
| 19    | 4           | 19 | 15.388 | 20          | 46 | 15.65 | 4.410 232 92 | 6            | 4           | 26 | 21.444 | 21          | 13     | 4.72  | 5.114 627 42 |              |              |
| 20    | 4           | 19 | 5.766  | 20          | 46 | 6.67  | 4.423 275 13 | 7            | 4           | 26 | 48.917 | 21          | 14     | 17.98 | 5.130 677 89 |              |              |
| 21    | 4           | 18 | 57.001 | 20          | 45 | 59.73 | 4.436 487 73 | 8            | 4           | 27 | 17.063 | 21          | 15     | 32.36 | 5.146 694 56 |              |              |
| 22    | 4           | 18 | 49.096 | 20          | 45 | 54.86 | 4.449 865 78 | 9            | 4           | 27 | 45.874 | 21          | 16     | 47.81 | 5.162 673 51 |              |              |
| 23    | 4           | 18 | 42.052 | 20          | 45 | 52.06 | 4.463 404 33 | 10           | 4           | 28 | 15.342 | 21          | 18     | 4.29  | 5.178 610 83 |              |              |
| 24    | 4           | 18 | 35.870 | 20          | 45 | 51.34 | 4.477 098 53 | 11           | 4           | 28 | 45.462 | 21          | 19     | 21.73 | 5.194 502 57 |              |              |
| 25    | 4           | 18 | 30.549 | 20          | 45 | 52.71 | 4.490 943 54 | 12           | 4           | 29 | 16.226 | 21          | 20     | 40.11 | 5.210 344 86 |              |              |
| 26    | 4           | 18 | 26.091 | 20          | 45 | 56.17 | 4.504 934 58 | 13           | 4           | 29 | 47.628 | 21          | 21     | 59.38 | 5.226 133 88 |              |              |
| 27    | 4           | 18 | 22.493 | 20          | 46 | 1.72  | 4.519 066 93 | 14           | 4           | 30 | 19.662 | 21          | 23     | 19.50 | 5.241 865 93 |              |              |
| 28    | 4           | 18 | 19.756 | 20          | 46 | 9.34  | 4.533 335 91 | 15           | 4           | 30 | 52.318 | 21          | 24     | 40.46 | 5.257 537 37 |              |              |
| 29    | 4           | 18 | 17.879 | 20          | 46 | 19.03 | 4.547 736 89 | 16           | 4           | 31 | 25.590 | 21          | 26     | 2.20  | 5.273 144 73 |              |              |
| 30    | 4           | 18 | 16.862 | 20          | 46 | 30.79 | 4.562 265 31 | 17           | 4           | 31 | 59.469 | 21          | 27     | 24.70 | 5.288 684 61 |              |              |
| Févr. | 31          | 4  | 18     | 16.704      | 20 | 46    | 44.60        | 4.576 916 60 | 18          | 4  | 32     | 33.945      | 21     | 28    | 47.91        | 5.304 153 73 |              |
|       | 1           | 4  | 18     | 17.407      | 20 | 47    | 0.46         | 4.591 686 25 | 19          | 4  | 33     | 9.008       | 21     | 30    | 11.81        | 5.319 548 94 |              |
|       | 2           | 4  | 18     | 18.971      | 20 | 47    | 18.37        | 4.606 569 70 | 20          | 4  | 33     | 44.651      | 21     | 31    | 36.34        | 5.334 867 15 |              |
|       | 3           | 4  | 18     | 21.396      | 20 | 47    | 38.32        | 4.621 562 41 | 21          | 4  | 34     | 20.862      | 21     | 33    | 1.46         | 5.350 105 40 |              |
|       | 4           | 4  | 18     | 24.682      | 20 | 48    | 0.32         | 4.636 659 78 | 22          | 4  | 34     | 57.633      | 21     | 34    | 27.14        | 5.365 260 80 |              |
|       | 5           | 4  | 18     | 28.827      | 20 | 48    | 24.36        | 4.651 857 15 | 23          | 4  | 35     | 34.955      | 21     | 35    | 53.31        | 5.380 330 59 |              |
|       | 6           | 4  | 18     | 33.828      | 20 | 48    | 50.45        | 4.667 149 78 | 24          | 4  | 36     | 12.820      | 21     | 37    | 19.95        | 5.395 312 07 |              |
|       | 7           | 4  | 18     | 39.682      | 20 | 49    | 18.56        | 4.682 532 85 | 25          | 4  | 36     | 51.218      | 21     | 38    | 47.00        | 5.410 202 67 |              |
|       | 8           | 4  | 18     | 46.385      | 20 | 49    | 48.67        | 4.698 001 42 | 26          | 4  | 37     | 30.143      | 21     | 40    | 14.41        | 5.424 999 90 |              |
|       | 9           | 4  | 18     | 53.932      | 20 | 50    | 20.77        | 4.713 550 49 | 27          | 4  | 38     | 9.588       | 21     | 41    | 42.14        | 5.439 701 34 |              |
|       | 10          | 4  | 19     | 2.320       | 20 | 50    | 54.81        | 4.729 174 96 | 28          | 4  | 38     | 49.547      | 21     | 43    | 10.16        | 5.454 304 65 |              |
|       | 11          | 4  | 19     | 11.544      | 20 | 51    | 30.77        | 4.744 869 73 | 29          | 4  | 39     | 30.015      | 21     | 44    | 38.43        | 5.468 807 53 |              |
|       | 12          | 4  | 19     | 21.601      | 20 | 52    | 8.62         | 4.760 629 70 | 30          | 4  | 40     | 10.986      | 21     | 46    | 6.92         | 5.483 207 66 |              |
| 13    | 4           | 19 | 32.488 | 20          | 52 | 48.33 | 4.776 449 82 | 31           | 4           | 40 | 52.453 | 21          | 47     | 35.61 | 5.497 502 69 |              |              |
| 14    | 4           | 19 | 44.201 | 20          | 53 | 29.89 | 4.792 325 12 | Avril        | 1           | 4  | 41     | 34.410      | 21     | 49    | 4.47         | 5.511 690 24 |              |

## JUPITER 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance   | Date       | asc. droite |     |        | déclinaison |        |       | distance   |            |            |            |
|-------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|------------|------------|-------------|-----|--------|-------------|--------|-------|------------|------------|------------|------------|
|       | h           | m  | s      | °           | '  | "     |            |            | ua          | h   | m      | s           | °      | '     |            | "          | ua         |            |
| Avril | 2           | 4  | 42     | 16.848      | 21 | 50    | 33.46      | 5.52576784 | Mai         | 18  | 5      | 21          | 27.563 | 22    | 51         | 17.76      | 6.01765161 |            |
|       | 3           | 4  | 42     | 59.759      | 21 | 52    | 2.55       | 5.53973295 |             | 19  | 5      | 22          | 24.868 | 22    | 52         | 16.83      | 6.02436355 |            |
|       | 4           | 4  | 43     | 43.136      | 21 | 53    | 31.69      | 5.55358297 |             | 20  | 5      | 23          | 22.335 | 22    | 53         | 14.67      | 6.03088757 |            |
|       | 5           | 4  | 44     | 26.970      | 21 | 55    | 0.84       | 5.56731527 |             | 21  | 5      | 24          | 19.958 | 22    | 54         | 11.27      | 6.03722320 |            |
|       | 6           | 4  | 45     | 11.255      | 21 | 56    | 29.94      | 5.58092717 |             | 22  | 5      | 25          | 17.735 | 22    | 55         | 6.62       | 6.04337007 |            |
|       | 7           | 4  | 45     | 55.984      | 21 | 57    | 58.97      | 5.59441603 |             | 23  | 5      | 26          | 15.660 | 22    | 56         | 0.70       | 6.04932785 |            |
|       | 8           | 4  | 46     | 41.152      | 21 | 59    | 27.87      | 5.60777919 |             | 24  | 5      | 27          | 13.730 | 22    | 56         | 53.50      | 6.05509623 |            |
|       | 9           | 4  | 47     | 26.751      | 22 | 0     | 56.62      | 5.62101408 |             | 25  | 5      | 28          | 11.941 | 22    | 57         | 45.03      | 6.06067487 |            |
|       | 10          | 4  | 48     | 12.777      | 22 | 2     | 25.18      | 5.63411817 |             | 26  | 5      | 29          | 10.287 | 22    | 58         | 35.29      | 6.06606338 |            |
|       | 11          | 4  | 48     | 59.223      | 22 | 3     | 53.52      | 5.64708903 |             | 27  | 5      | 30          | 8.761  | 22    | 59         | 24.25      | 6.07126126 |            |
|       | 12          | 4  | 49     | 46.081      | 22 | 5     | 21.61      | 5.65992431 |             | 28  | 5      | 31          | 7.357  | 23    | 0          | 11.92      | 6.07626793 |            |
|       | 13          | 4  | 50     | 33.344      | 22 | 6     | 49.44      | 5.67262178 |             | 29  | 5      | 32          | 6.068  | 23    | 0          | 58.27      | 6.08108266 |            |
|       | 14          | 4  | 51     | 21.004      | 22 | 8     | 16.96      | 5.68517930 |             | 30  | 5      | 33          | 4.889  | 23    | 1          | 43.28      | 6.08570466 |            |
|       | 15          | 4  | 52     | 9.052       | 22 | 9     | 44.16      | 5.69759482 |             | 31  | 5      | 34          | 3.816  | 23    | 2          | 26.92      | 6.09013311 |            |
|       | 16          | 4  | 52     | 57.479      | 22 | 11    | 10.98      | 5.70986640 |             | Jun | 1      | 5           | 35     | 2.843 | 23         | 3          | 9.19       | 6.09436715 |
|       | 17          | 4  | 53     | 46.278      | 22 | 12    | 37.41      | 5.72199218 |             | 2   | 5      | 36          | 1.968  | 23    | 3          | 50.06      | 6.09840596 |            |
| 18    | 4           | 54 | 35.439 | 22          | 14 | 3.41  | 5.73397041 | 3          | 5           | 37  | 1.187  | 23          | 4      | 29.53 | 6.10224874 |            |            |            |
| 19    | 4           | 55 | 24.956 | 22          | 15 | 28.94 | 5.74579940 | 4          | 5           | 38  | 0.494  | 23          | 5      | 7.60  | 6.10589476 |            |            |            |
| 20    | 4           | 56 | 14.819 | 22          | 16 | 53.97 | 5.75747756 | 5          | 5           | 38  | 59.886 | 23          | 5      | 44.26 | 6.10934336 |            |            |            |
| 21    | 4           | 57 | 5.022  | 22          | 18 | 18.45 | 5.76900337 | 6          | 5           | 39  | 59.356 | 23          | 6      | 19.52 | 6.11259394 |            |            |            |
| 22    | 4           | 57 | 55.557 | 22          | 19 | 42.35 | 5.78037542 | 7          | 5           | 40  | 58.899 | 23          | 6      | 53.37 | 6.11564597 |            |            |            |
| 23    | 4           | 58 | 46.420 | 22          | 21 | 5.64  | 5.79159238 | 8          | 5           | 41  | 58.508 | 23          | 7      | 25.81 | 6.11849900 |            |            |            |
| 24    | 4           | 59 | 37.604 | 22          | 22 | 28.29 | 5.80265297 | 9          | 5           | 42  | 58.176 | 23          | 7      | 56.84 | 6.12115266 |            |            |            |
| 25    | 5           | 0  | 29.105 | 22          | 23 | 50.26 | 5.81355599 | 10         | 5           | 43  | 57.896 | 23          | 8      | 26.46 | 6.12360666 |            |            |            |
| 26    | 5           | 1  | 20.918 | 22          | 25 | 11.55 | 5.82430026 | 11         | 5           | 44  | 57.663 | 23          | 8      | 54.65 | 6.12586078 |            |            |            |
| 27    | 5           | 2  | 13.039 | 22          | 26 | 32.13 | 5.83488458 | 12         | 5           | 45  | 57.467 | 23          | 9      | 21.42 | 6.12791487 |            |            |            |
| 28    | 5           | 3  | 5.461  | 22          | 27 | 51.98 | 5.84530771 | 13         | 5           | 46  | 57.304 | 23          | 9      | 46.75 | 6.12976889 |            |            |            |
| 29    | 5           | 3  | 58.178 | 22          | 29 | 11.10 | 5.85556831 | 14         | 5           | 47  | 57.167 | 23          | 10     | 10.63 | 6.13142282 |            |            |            |
| 30    | 5           | 4  | 51.183 | 22          | 30 | 29.44 | 5.86566497 | 15         | 5           | 48  | 57.051 | 23          | 10     | 33.07 | 6.13287676 |            |            |            |
| Mai   | 1           | 5  | 5      | 44.467      | 22 | 31    | 46.99      | 5.87559617 | 16          | 5   | 49     | 56.949      | 23     | 10    | 54.04      | 6.13413086 |            |            |
| 2     | 5           | 6  | 38.025 | 22          | 33 | 3.71  | 5.88536035 | 17         | 5           | 50  | 56.858 | 23          | 11     | 13.54 | 6.13518532 |            |            |            |
| 3     | 5           | 7  | 31.851 | 22          | 34 | 19.55 | 5.89495586 | 18         | 5           | 51  | 56.773 | 23          | 11     | 31.58 | 6.13604042 |            |            |            |
| 4     | 5           | 8  | 25.939 | 22          | 35 | 34.50 | 5.90438108 | 19         | 5           | 52  | 56.691 | 23          | 11     | 48.14 | 6.13669650 |            |            |            |
| 5     | 5           | 9  | 20.284 | 22          | 36 | 48.52 | 5.91363437 | 20         | 5           | 53  | 56.607 | 23          | 12     | 3.24  | 6.13715393 |            |            |            |
| 6     | 5           | 10 | 14.882 | 22          | 38 | 1.58  | 5.92271415 | 21         | 5           | 54  | 56.518 | 23          | 12     | 16.88 | 6.13741310 |            |            |            |
| 7     | 5           | 11 | 9.728  | 22          | 39 | 13.68 | 5.93161886 | 22         | 5           | 55  | 56.420 | 23          | 12     | 29.07 | 6.13747437 |            |            |            |
| 8     | 5           | 12 | 4.816  | 22          | 40 | 24.78 | 5.94034704 | 23         | 5           | 56  | 56.306 | 23          | 12     | 39.82 | 6.13733804 |            |            |            |
| 9     | 5           | 13 | 0.141  | 22          | 41 | 34.88 | 5.94889727 | 24         | 5           | 57  | 56.170 | 23          | 12     | 49.14 | 6.13700431 |            |            |            |
| 10    | 5           | 13 | 55.696 | 22          | 42 | 43.96 | 5.95726823 | 25         | 5           | 58  | 56.006 | 23          | 12     | 57.03 | 6.13647328 |            |            |            |
| 11    | 5           | 14 | 51.475 | 22          | 43 | 52.00 | 5.96545868 | 26         | 5           | 59  | 55.807 | 23          | 13     | 3.48  | 6.13574490 |            |            |            |
| 12    | 5           | 15 | 47.470 | 22          | 44 | 58.99 | 5.97346748 | 27         | 6           | 0   | 55.569 | 23          | 13     | 8.47  | 6.13481907 |            |            |            |
| 13    | 5           | 16 | 43.673 | 22          | 46 | 4.91  | 5.98129355 | 28         | 6           | 1   | 55.288 | 23          | 13     | 12.00 | 6.13369562 |            |            |            |
| 14    | 5           | 17 | 40.077 | 22          | 47 | 9.75  | 5.98893592 | 29         | 6           | 2   | 54.961 | 23          | 13     | 14.07 | 6.13237436 |            |            |            |
| 15    | 5           | 18 | 36.676 | 22          | 48 | 13.47 | 5.99639370 | 30         | 6           | 3   | 54.585 | 23          | 13     | 14.68 | 6.13085515 |            |            |            |
| 16    | 5           | 19 | 33.461 | 22          | 49 | 16.06 | 6.00366605 | Jul.       | 1           | 6   | 4      | 54.155      | 23     | 13    | 13.84      | 6.12913789 |            |            |
| 17    | 5           | 20 | 30.425 | 22          | 50 | 17.50 | 6.01075224 | 2          | 6           | 5   | 53.666 | 23          | 13     | 11.56 | 6.12722253 |            |            |            |

## JUPITER 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date          | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance     | Date         | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | distance     |              |              |
|---------------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|--------------|--------------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|--------------|--------------|--------------|
|               | h           | m  | s      | °           | '  | "     | ua           |              | h           | m  | s      | °           | '      | "     | ua           |              |              |
| <b>Juill.</b> | 3           | 6  | 6      | 53.115      | 23 | 13    | 7.86         | 6.125 109 11 | <b>Août</b> | 18 | 6      | 49          | 38.960 | 22    | 48           | 13.56        | 5.824 902 53 |
|               | 4           | 6  | 7      | 52.493      | 23 | 13    | 2.75         | 6.122 797 72 |             | 19 | 6      | 50          | 28.928 | 22    | 47           | 19.00        | 5.814 326 63 |
|               | 5           | 6  | 8      | 51.797      | 23 | 12    | 56.24        | 6.120 288 53 |             | 20 | 6      | 51          | 18.550 | 22    | 46           | 23.89        | 5.803 600 73 |
|               | 6           | 6  | 9      | 51.018      | 23 | 12    | 48.35        | 6.117 581 80 |             | 21 | 6      | 52          | 7.822  | 22    | 45           | 28.23        | 5.792 726 31 |
|               | 7           | 6  | 10     | 50.151      | 23 | 12    | 39.08        | 6.114 677 84 |             | 22 | 6      | 52          | 56.737 | 22    | 44           | 32.05        | 5.781 704 82 |
|               | 8           | 6  | 11     | 49.188      | 23 | 12    | 28.44        | 6.111 577 04 |             | 23 | 6      | 53          | 45.292 | 22    | 43           | 35.37        | 5.770 537 61 |
|               | 9           | 6  | 12     | 48.122      | 23 | 12    | 16.44        | 6.108 279 89 |             | 24 | 6      | 54          | 33.482 | 22    | 42           | 38.21        | 5.759 226 07 |
|               | 10          | 6  | 13     | 46.947      | 23 | 12    | 3.10         | 6.104 786 93 |             | 25 | 6      | 55          | 21.302 | 22    | 41           | 40.61        | 5.747 771 63 |
|               | 11          | 6  | 14     | 45.656      | 23 | 11    | 48.40        | 6.101 098 79 |             | 26 | 6      | 56          | 8.747  | 22    | 40           | 42.60        | 5.736 175 78 |
|               | 12          | 6  | 15     | 44.244      | 23 | 11    | 32.37        | 6.097 216 17 |             | 27 | 6      | 56          | 55.810 | 22    | 39           | 44.23        | 5.724 440 07 |
|               | 13          | 6  | 16     | 42.705      | 23 | 11    | 15.00        | 6.093 139 85 |             | 28 | 6      | 57          | 42.483 | 22    | 38           | 45.54        | 5.712 566 18 |
|               | 14          | 6  | 17     | 41.033      | 23 | 10    | 56.30        | 6.088 870 68 |             | 29 | 6      | 58          | 28.758 | 22    | 37           | 46.56        | 5.700 555 84 |
| 15            | 6           | 18 | 39.225 | 23          | 10 | 36.29 | 6.084 409 55 | 30           | 6           | 59 | 14.628 | 22          | 36     | 47.33 | 5.688 410 90 |              |              |
| 16            | 6           | 19 | 37.275 | 23          | 10 | 14.96 | 6.079 757 44 | 31           | 7           | 0  | 0.084  | 22          | 35     | 47.89 | 5.676 133 28 |              |              |
| 17            | 6           | 20 | 35.181 | 23          | 9  | 52.35 | 6.074 915 36 | <b>Sept.</b> | 1           | 7  | 0      | 45.118      | 22     | 34    | 48.27        | 5.663 725 00 |              |
| 18            | 6           | 21 | 32.937 | 23          | 9  | 28.46 | 6.069 884 36 | 2            | 7           | 1  | 29.720 | 22          | 33     | 48.51 | 5.651 188 17 |              |              |
| 19            | 6           | 22 | 30.540 | 23          | 9  | 3.31  | 6.064 665 49 | 3            | 7           | 2  | 13.884 | 22          | 32     | 48.64 | 5.638 524 97 |              |              |
| 20            | 6           | 23 | 27.983 | 23          | 8  | 36.94 | 6.059 259 77 | 4            | 7           | 2  | 57.601 | 22          | 31     | 48.69 | 5.625 737 71 |              |              |
| 21            | 6           | 24 | 25.261 | 23          | 8  | 9.37  | 6.053 668 17 | 5            | 7           | 3  | 40.863 | 22          | 30     | 48.68 | 5.612 828 76 |              |              |
| 22            | 6           | 25 | 22.366 | 23          | 7  | 40.60 | 6.047 891 58 | 6            | 7           | 4  | 23.664 | 22          | 29     | 48.66 | 5.599 800 62 |              |              |
| 23            | 6           | 26 | 19.293 | 23          | 7  | 10.65 | 6.041 930 77 | 7            | 7           | 5  | 5.995  | 22          | 28     | 48.64 | 5.586 655 87 |              |              |
| 24            | 6           | 27 | 16.035 | 23          | 6  | 39.52 | 6.035 786 39 | 8            | 7           | 5  | 47.853 | 22          | 27     | 48.66 | 5.573 397 20 |              |              |
| 25            | 6           | 28 | 12.587 | 23          | 6  | 7.22  | 6.029 459 01 | 9            | 7           | 6  | 29.229 | 22          | 26     | 48.76 | 5.560 027 34 |              |              |
| 26            | 6           | 29 | 8.947  | 23          | 5  | 33.75 | 6.022 949 16 | 10           | 7           | 7  | 10.119 | 22          | 25     | 48.97 | 5.546 549 10 |              |              |
| 27            | 6           | 30 | 5.111  | 23          | 4  | 59.13 | 6.016 257 36 | 11           | 7           | 7  | 50.515 | 22          | 24     | 49.34 | 5.532 965 34 |              |              |
| 28            | 6           | 31 | 1.075  | 23          | 4  | 23.37 | 6.009 384 16 | 12           | 7           | 8  | 30.411 | 22          | 23     | 49.92 | 5.519 278 90 |              |              |
| 29            | 6           | 31 | 56.834 | 23          | 3  | 46.50 | 6.002 330 16 | 13           | 7           | 9  | 9.800  | 22          | 22     | 50.73 | 5.505 492 65 |              |              |
| 30            | 6           | 32 | 52.382 | 23          | 3  | 8.55  | 5.995 096 04 | 14           | 7           | 9  | 48.673 | 22          | 21     | 51.82 | 5.491 609 39 |              |              |
| 31            | 6           | 33 | 47.715 | 23          | 2  | 29.54 | 5.987 682 57 | 15           | 7           | 10 | 27.022 | 22          | 20     | 53.24 | 5.477 631 91 |              |              |
| <b>Août</b>   | 1           | 6  | 34     | 42.824      | 23 | 1     | 49.51        | 5.980 090 56 | 16          | 7  | 11     | 4.839       | 22     | 19    | 55.00        | 5.463 562 89 |              |
| 2             | 6           | 35 | 37.704 | 23          | 1  | 8.47  | 5.972 320 95 | 17           | 7           | 11 | 42.118 | 22          | 18     | 57.15 | 5.449 404 96 |              |              |
| 3             | 6           | 36 | 32.347 | 23          | 0  | 26.45 | 5.964 374 71 | 18           | 7           | 12 | 18.852 | 22          | 17     | 59.69 | 5.435 160 69 |              |              |
| 4             | 6           | 37 | 26.746 | 22          | 59 | 43.47 | 5.956 252 91 | 19           | 7           | 12 | 55.035 | 22          | 17     | 2.66  | 5.420 832 60 |              |              |
| 5             | 6           | 38 | 20.892 | 22          | 58 | 59.56 | 5.947 956 72 | 20           | 7           | 13 | 30.663 | 22          | 16     | 6.08  | 5.406 423 19 |              |              |
| 6             | 6           | 39 | 14.780 | 22          | 58 | 14.75 | 5.939 487 35 | 21           | 7           | 14 | 5.730  | 22          | 15     | 10.01 | 5.391 934 97 |              |              |
| 7             | 6           | 40 | 8.401  | 22          | 57 | 29.04 | 5.930 846 12 | 22           | 7           | 14 | 40.230 | 22          | 14     | 14.47 | 5.377 370 51 |              |              |
| 8             | 6           | 41 | 1.749  | 22          | 56 | 42.45 | 5.922 034 44 | 23           | 7           | 15 | 14.155 | 22          | 13     | 19.51 | 5.362 732 44 |              |              |
| 9             | 6           | 41 | 54.818 | 22          | 55 | 55.02 | 5.913 053 79 | 24           | 7           | 15 | 47.498 | 22          | 12     | 25.19 | 5.348 023 51 |              |              |
| 10            | 6           | 42 | 47.601 | 22          | 55 | 6.74  | 5.903 905 73 | 25           | 7           | 16 | 20.251 | 22          | 11     | 31.54 | 5.333 246 52 |              |              |
| 11            | 6           | 43 | 40.094 | 22          | 54 | 17.65 | 5.894 591 91 | 26           | 7           | 16 | 52.404 | 22          | 10     | 38.61 | 5.318 404 43 |              |              |
| 12            | 6           | 44 | 32.290 | 22          | 53 | 27.78 | 5.885 114 04 | 27           | 7           | 17 | 23.948 | 22          | 9      | 46.44 | 5.303 500 25 |              |              |
| 13            | 6           | 45 | 24.186 | 22          | 52 | 37.13 | 5.875 473 89 | 28           | 7           | 17 | 54.875 | 22          | 8      | 55.07 | 5.288 537 13 |              |              |
| 14            | 6           | 46 | 15.776 | 22          | 51 | 45.75 | 5.865 673 27 | 29           | 7           | 18 | 25.175 | 22          | 8      | 4.54  | 5.273 518 28 |              |              |
| 15            | 6           | 47 | 7.054  | 22          | 50 | 53.67 | 5.855 714 01 | 30           | 7           | 18 | 54.840 | 22          | 7      | 14.90 | 5.258 447 05 |              |              |
| 16            | 6           | 47 | 58.016 | 22          | 50 | 0.92  | 5.845 597 94 | <b>Oct.</b>  | 1           | 7  | 19     | 23.860      | 22     | 6     | 26.16        | 5.243 326 86 |              |
| 17            | 6           | 48 | 48.653 | 22          | 49 | 7.54  | 5.835 326 86 | 2            | 7           | 19 | 52.227 | 22          | 5      | 38.37 | 5.228 161 24 |              |              |

## JUPITER 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance     | Date         | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | distance     |              |              |
|------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|--------------|--------------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|--------------|--------------|--------------|
|      | h           | m  | s      | °           | '  | "     | ua           |              | h           | m  | s      | °           | '      | "     | ua           |              |              |
| Oct. | 3           | 7  | 20     | 19.934      | 22 | 4     | 51.56        | 5.212 953 83 | Nov.        | 18 | 7      | 27          | 54.912 | 21    | 55           | 3.92         | 4.539 042 88 |
|      | 4           | 7  | 20     | 46.973      | 22 | 4     | 5.76         | 5.197 708 40 |             | 19 | 7      | 27          | 45.423 | 21    | 55           | 31.84        | 4.526 630 47 |
|      | 5           | 7  | 21     | 13.337      | 22 | 3     | 21.00        | 5.182 428 80 |             | 20 | 7      | 27          | 35.101 | 21    | 56           | 1.53         | 4.514 388 43 |
|      | 6           | 7  | 21     | 39.021      | 22 | 2     | 37.31        | 5.167 118 99 |             | 21 | 7      | 27          | 23.947 | 21    | 56           | 32.96        | 4.502 321 48 |
|      | 7           | 7  | 22     | 4.017       | 22 | 1     | 54.74        | 5.151 783 01 |             | 22 | 7      | 27          | 11.965 | 21    | 57           | 6.12         | 4.490 434 36 |
|      | 8           | 7  | 22     | 28.320      | 22 | 1     | 13.32        | 5.136 424 97 |             | 23 | 7      | 26          | 59.157 | 21    | 57           | 40.99        | 4.478 731 85 |
|      | 9           | 7  | 22     | 51.922      | 22 | 0     | 33.10        | 5.121 048 98 |             | 24 | 7      | 26          | 45.528 | 21    | 58           | 17.54        | 4.467 218 78 |
|      | 10          | 7  | 23     | 14.816      | 21 | 59    | 54.11        | 5.105 659 18 |             | 25 | 7      | 26          | 31.084 | 21    | 58           | 55.74        | 4.455 899 98 |
|      | 11          | 7  | 23     | 36.996      | 21 | 59    | 16.39        | 5.090 259 65 |             | 26 | 7      | 26          | 15.831 | 21    | 59           | 35.56        | 4.444 780 31 |
|      | 12          | 7  | 23     | 58.451      | 21 | 58    | 39.98        | 5.074 854 43 |             | 27 | 7      | 25          | 59.775 | 22    | 0            | 16.96        | 4.433 864 66 |
|      | 13          | 7  | 24     | 19.177      | 21 | 58    | 4.90         | 5.059 447 51 |             | 28 | 7      | 25          | 42.924 | 22    | 0            | 59.91        | 4.423 157 92 |
|      | 14          | 7  | 24     | 39.165      | 21 | 57    | 31.19        | 5.044 042 80 |             | 29 | 7      | 25          | 25.289 | 22    | 1            | 44.36        | 4.412 665 01 |
| 15   | 7           | 24 | 58.411 | 21          | 56 | 58.84 | 5.028 644 17 | 30           | 7           | 25 | 6.879  | 22          | 2      | 30.28 | 4.402 390 85 |              |              |
| 16   | 7           | 25 | 16.910 | 21          | 56 | 27.90 | 5.013 255 43 | Déc.         | 1           | 7  | 24     | 47.705      | 22     | 3     | 17.63        | 4.392 340 36 |              |
| 17   | 7           | 25 | 34.656 | 21          | 55 | 58.37 | 4.997 880 36 |              | 2           | 7  | 24     | 27.779      | 22     | 4     | 6.38         | 4.382 518 42 |              |
| 18   | 7           | 25 | 51.646 | 21          | 55 | 30.29 | 4.982 522 76 | 3            | 7           | 24 | 7.113  | 22          | 4      | 56.49 | 4.372 929 84 |              |              |
| 19   | 7           | 26 | 7.876  | 21          | 55 | 3.68  | 4.967 186 43 | 4            | 7           | 23 | 45.718 | 22          | 5      | 47.92 | 4.363 579 33 |              |              |
| 20   | 7           | 26 | 23.339 | 21          | 54 | 38.58 | 4.951 875 25 | 5            | 7           | 23 | 23.607 | 22          | 6      | 40.64 | 4.354 471 40 |              |              |
| 21   | 7           | 26 | 38.029 | 21          | 54 | 15.02 | 4.936 593 15 | 6            | 7           | 23 | 0.791  | 22          | 7      | 34.59 | 4.345 610 38 |              |              |
| 22   | 7           | 26 | 51.941 | 21          | 53 | 53.05 | 4.921 344 15 | 7            | 7           | 22 | 37.284 | 22          | 8      | 29.72 | 4.337 000 39 |              |              |
| 23   | 7           | 27 | 5.067  | 21          | 53 | 32.69 | 4.906 132 37 | 8            | 7           | 22 | 13.102 | 22          | 9      | 25.97 | 4.328 645 29 |              |              |
| 24   | 7           | 27 | 17.399 | 21          | 53 | 13.97 | 4.890 962 03 | 9            | 7           | 21 | 48.262 | 22          | 10     | 23.27 | 4.320 548 80 |              |              |
| 25   | 7           | 27 | 28.932 | 21          | 52 | 56.92 | 4.875 837 44 | 10           | 7           | 21 | 22.782 | 22          | 11     | 21.55 | 4.312 714 43 |              |              |
| 26   | 7           | 27 | 39.657 | 21          | 52 | 41.57 | 4.860 763 00 | 11           | 7           | 20 | 56.680 | 22          | 12     | 20.78 | 4.305 145 59 |              |              |
| 27   | 7           | 27 | 49.569 | 21          | 52 | 27.94 | 4.845 743 21 | 12           | 7           | 20 | 29.976 | 22          | 13     | 20.88 | 4.297 845 55 |              |              |
| 28   | 7           | 27 | 58.661 | 21          | 52 | 16.04 | 4.830 782 66 | 13           | 7           | 20 | 2.687  | 22          | 14     | 21.81 | 4.290 817 50 |              |              |
| 29   | 7           | 28 | 6.928  | 21          | 52 | 5.89  | 4.815 886 02 | 14           | 7           | 19 | 34.833 | 22          | 15     | 23.52 | 4.284 064 54 |              |              |
| 30   | 7           | 28 | 14.365 | 21          | 51 | 57.50 | 4.801 058 05 | 15           | 7           | 19 | 6.432  | 22          | 16     | 25.97 | 4.277 589 70 |              |              |
| 31   | 7           | 28 | 20.967 | 21          | 51 | 50.89 | 4.786 303 62 | 16           | 7           | 18 | 37.501 | 22          | 17     | 29.11 | 4.271 395 95 |              |              |
| Nov. | 1           | 7  | 28     | 26.732      | 21 | 51    | 46.07        | 4.771 627 69 | 17          | 7  | 18     | 8.060       | 22     | 18    | 32.88        | 4.265 486 18 |              |
|      | 2           | 7  | 28     | 31.655      | 21 | 51    | 43.03        | 4.757 035 31 | 18          | 7  | 17     | 38.126      | 22     | 19    | 37.24        | 4.259 863 22 |              |
|      | 3           | 7  | 28     | 35.736      | 21 | 51    | 41.81        | 4.742 531 59 | 19          | 7  | 17     | 7.720       | 22     | 20    | 42.14        | 4.254 529 86 |              |
|      | 4           | 7  | 28     | 38.972      | 21 | 51    | 42.40        | 4.728 121 74 | 20          | 7  | 16     | 36.860      | 22     | 21    | 47.50        | 4.249 488 79 |              |
|      | 5           | 7  | 28     | 41.361      | 21 | 51    | 44.83        | 4.713 810 96 | 21          | 7  | 16     | 5.568       | 22     | 22    | 53.28        | 4.244 742 67 |              |
|      | 6           | 7  | 28     | 42.901      | 21 | 51    | 49.11        | 4.699 604 45 | 22          | 7  | 15     | 33.863      | 22     | 23    | 59.42        | 4.240 294 04 |              |
| 7    | 7           | 28 | 43.590 | 21          | 51 | 55.25 | 4.685 507 35 | 23           | 7           | 15 | 1.769  | 22          | 25     | 5.85  | 4.236 145 39 |              |              |
| 8    | 7           | 28 | 43.424 | 21          | 52 | 3.26  | 4.671 524 73 | 24           | 7           | 14 | 29.307 | 22          | 26     | 12.51 | 4.232 299 12 |              |              |
| 9    | 7           | 28 | 42.403 | 21          | 52 | 13.13 | 4.657 661 54 | 25           | 7           | 13 | 56.503 | 22          | 27     | 19.33 | 4.228 757 54 |              |              |
| 10   | 7           | 28 | 40.526 | 21          | 52 | 24.85 | 4.643 922 63 | 26           | 7           | 13 | 23.380 | 22          | 28     | 26.26 | 4.225 522 85 |              |              |
| 11   | 7           | 28 | 37.793 | 21          | 52 | 38.42 | 4.630 312 73 | 27           | 7           | 12 | 49.964 | 22          | 29     | 33.23 | 4.222 597 17 |              |              |
| 12   | 7           | 28 | 34.207 | 21          | 52 | 53.81 | 4.616 836 53 | 28           | 7           | 12 | 16.280 | 22          | 30     | 40.19 | 4.219 982 49 |              |              |
| 13   | 7           | 28 | 29.769 | 21          | 53 | 11.01 | 4.603 498 62 | 29           | 7           | 11 | 42.356 | 22          | 31     | 47.09 | 4.217 680 71 |              |              |
| 14   | 7           | 28 | 24.483 | 21          | 53 | 30.01 | 4.590 303 57 | 30           | 7           | 11 | 8.218  | 22          | 32     | 53.87 | 4.215 693 55 |              |              |
| 15   | 7           | 28 | 18.352 | 21          | 53 | 50.81 | 4.577 255 92 | 31           | 7           | 10 | 33.892 | 22          | 34     | 0.49  | 4.214 022 57 |              |              |
| 16   | 7           | 28 | 11.378 | 21          | 54 | 13.40 | 4.564 360 21 | 32           | 7           | 9  | 59.404 | 22          | 35     | 6.90  | 4.212 669 08 |              |              |
| 17   | 7           | 28 | 3.564  | 21          | 54 | 37.77 | 4.551 621 01 | 33           | 7           | 9  | 24.779 | 22          | 36     | 13.04 | 4.211 634 14 |              |              |

## SATURNE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite  | déclinaison  | distance     | Date        | asc. droite  | déclinaison  | distance     |              |            |
|-------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
|       | h m s        | ° ' "        | ua           |             | h m s        | ° ' "        | ua           |              |            |
| Janv. | 0            | 14 31 18.513 | -12 25 37.71 | 10.24226149 | Févr.        | 15           | 14 39 30.216 | -12 53 53.00 | 9.50256893 |
|       | 1            | 14 31 36.958 | -12 26 55.29 | 10.22775088 |              | 16           | 14 39 31.823 | -12 53 45.37 | 9.48652832 |
|       | 2            | 14 31 55.111 | -12 28 11.21 | 10.21310815 |              | 17           | 14 39 33.021 | -12 53 35.87 | 9.47056957 |
|       | 3            | 14 32 12.967 | -12 29 25.43 | 10.19833677 |              | 18           | 14 39 33.813 | -12 53 24.49 | 9.45469768 |
|       | 4            | 14 32 30.524 | -12 30 37.94 | 10.18344025 |              | 19           | 14 39 34.198 | -12 53 11.26 | 9.43891758 |
|       | 5            | 14 32 47.778 | -12 31 48.74 | 10.16842217 |              | 20           | 14 39 34.175 | -12 52 56.18 | 9.42323415 |
|       | 6            | 14 33 4.726  | -12 32 57.82 | 10.15328623 |              | 21           | 14 39 33.747 | -12 52 39.25 | 9.40765218 |
|       | 7            | 14 33 21.366 | -12 34 5.18  | 10.13803622 |              | 22           | 14 39 32.911 | -12 52 20.49 | 9.39217644 |
|       | 8            | 14 33 37.692 | -12 35 10.81 | 10.12267609 |              | 23           | 14 39 31.670 | -12 51 59.89 | 9.37681162 |
|       | 9            | 14 33 53.700 | -12 36 14.70 | 10.10720994 |              | 24           | 14 39 30.023 | -12 51 37.46 | 9.36156237 |
|       | 10           | 14 34 9.385  | -12 37 16.84 | 10.09164203 |              | 25           | 14 39 27.972 | -12 51 13.21 | 9.34643326 |
|       | 11           | 14 34 24.740 | -12 38 17.22 | 10.07597681 |              | 26           | 14 39 25.519 | -12 50 47.14 | 9.33142886 |
|       | 12           | 14 34 39.757 | -12 39 15.81 | 10.06021888 |              | 27           | 14 39 22.665 | -12 50 19.27 | 9.31655369 |
|       | 13           | 14 34 54.433 | -12 40 12.59 | 10.04437293 |              | 28           | 14 39 19.413 | -12 49 49.60 | 9.30181226 |
| 14    | 14 35 8.763  | -12 41 7.53  | 10.02844374  | Mars        | 1            | 14 39 15.767 | -12 49 18.16 | 9.28720912   |            |
| 15    | 14 35 22.744 | -12 42 0.62  | 10.01243608  | 2           | 14 39 11.730 | -12 48 44.97 | 9.27274885   |              |            |
| 16    | 14 35 36.375 | -12 42 51.86 | 9.99635472   | 3           | 14 39 7.302  | -12 48 10.06 | 9.25843608   |              |            |
| 17    | 14 35 49.653 | -12 43 41.26 | 9.98020437   | 4           | 14 39 2.488  | -12 47 33.43 | 9.24427552   |              |            |
| 18    | 14 36 2.577  | -12 44 28.80 | 9.96398971   | 5           | 14 38 57.287 | -12 46 55.12 | 9.23027195   |              |            |
| 19    | 14 36 15.145 | -12 45 14.49 | 9.94771539   | 6           | 14 38 51.700 | -12 46 15.13 | 9.21643021   |              |            |
| 20    | 14 36 27.355 | -12 45 58.33 | 9.93138601   | 7           | 14 38 45.728 | -12 45 33.47 | 9.20275522   |              |            |
| 21    | 14 36 39.203 | -12 46 40.32 | 9.91500615   | 8           | 14 38 39.373 | -12 44 50.15 | 9.18925191   |              |            |
| 22    | 14 36 50.687 | -12 47 20.46 | 9.89858037   | 9           | 14 38 32.636 | -12 44 5.17  | 9.17592522   |              |            |
| 23    | 14 37 1.804  | -12 47 58.74 | 9.88211320   | 10          | 14 38 25.521 | -12 43 18.56 | 9.16278006   |              |            |
| 24    | 14 37 12.550 | -12 48 35.15 | 9.86560917   | 11          | 14 38 18.033 | -12 42 30.33 | 9.14982129   |              |            |
| 25    | 14 37 22.921 | -12 49 9.68  | 9.84907280   | 12          | 14 38 10.176 | -12 41 40.51 | 9.13705365   |              |            |
| 26    | 14 37 32.916 | -12 49 42.33 | 9.83250857   | 13          | 14 38 1.957  | -12 40 49.12 | 9.12448180   |              |            |
| 27    | 14 37 42.530 | -12 50 13.09 | 9.81592096   | 14          | 14 37 53.382 | -12 39 56.19 | 9.11211023   |              |            |
| 28    | 14 37 51.761 | -12 50 41.94 | 9.79931446   | 15          | 14 37 44.456 | -12 39 1.77  | 9.09994329   |              |            |
| 29    | 14 38 0.606  | -12 51 8.88  | 9.78269353   | 16          | 14 37 35.185 | -12 38 5.88  | 9.08798522   |              |            |
| 30    | 14 38 9.063  | -12 51 33.89 | 9.76606269   | 17          | 14 37 25.574 | -12 37 8.56  | 9.07624008   |              |            |
| 31    | 14 38 17.132 | -12 51 56.98 | 9.74942646   | 18          | 14 37 15.628 | -12 36 9.83  | 9.06471184   |              |            |
| Févr. | 1            | 14 38 24.810 | -12 52 18.15 | 9.73278941  | 19           | 14 37 5.351  | -12 35 9.72  | 9.05340433   |            |
|       | 2            | 14 38 32.096 | -12 52 37.40 | 9.71615620  | 20           | 14 36 54.749 | -12 34 8.27  | 9.04232127   |            |
|       | 3            | 14 38 38.990 | -12 52 54.73 | 9.69953156  | 21           | 14 36 43.827 | -12 33 5.48  | 9.03146627   |            |
|       | 4            | 14 38 45.490 | -12 53 10.15 | 9.68292032  | 22           | 14 36 32.590 | -12 32 1.39  | 9.02084283   |            |
|       | 5            | 14 38 51.593 | -12 53 23.66 | 9.66632744  | 23           | 14 36 21.044 | -12 30 56.03 | 9.01045432   |            |
|       | 6            | 14 38 57.297 | -12 53 35.27 | 9.64975798  | 24           | 14 36 9.194  | -12 29 49.41 | 9.00030402   |            |
|       | 7            | 14 39 2.597  | -12 53 44.97 | 9.63321716  | 25           | 14 35 57.047 | -12 28 41.57 | 8.99039512   |            |
|       | 8            | 14 39 7.490  | -12 53 52.75 | 9.61671028  | 26           | 14 35 44.609 | -12 27 32.54 | 8.98073068   |            |
|       | 9            | 14 39 11.972 | -12 53 58.60 | 9.60024276  | 27           | 14 35 31.888 | -12 26 22.34 | 8.97131371   |            |
|       | 10           | 14 39 16.043 | -12 54 2.50  | 9.58382005  | 28           | 14 35 18.891 | -12 25 11.01 | 8.96214718   |            |
|       | 11           | 14 39 19.700 | -12 54 4.46  | 9.56744764  | 29           | 14 35 5.627  | -12 23 58.60 | 8.95323401   |            |
|       | 12           | 14 39 22.945 | -12 54 4.48  | 9.55113098  | 30           | 14 34 52.102 | -12 22 45.15 | 8.94457714   |            |
|       | 13           | 14 39 25.778 | -12 54 2.57  | 9.53487545  | 31           | 14 34 38.323 | -12 21 30.70 | 8.93617954   |            |
|       | 14           | 14 39 28.202 | -12 53 58.74 | 9.51868636  | Avril        | 1            | 14 34 24.297 | -12 20 15.28 | 8.92804421 |

## SATURNE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date            | asc. droite     | déclinaison  | distance        | Date            | asc. droite     | déclinaison    | distance     |            |
|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|------------|
|                 | h m s           | ° ' "        | ua              |                 | h m s           | ° ' "          | ua           |            |
| Avril           | 2 14 34 10.027  | -12 18 58.94 | 8.92017417      | Mai             | 18 14 21 17.884 | -11 15 32.91   | 8.87383792   |            |
|                 | 3 14 33 55.520  | -12 17 41.70 | 8.91257244      |                 | 19 14 21 1.964  | -11 14 20.44   | 8.87978210   |            |
|                 | 4 14 33 40.782  | -12 16 23.58 | 8.90524204      |                 | 20 14 20 46.220 | -11 13 9.08    | 8.88600352   |            |
|                 | 5 14 33 25.818  | -12 15 4.61  | 8.89818591      |                 | 21 14 20 30.661 | -11 11 58.86   | 8.89249953   |            |
|                 | 6 14 33 10.636  | -12 13 44.84 | 8.89140693      |                 | 22 14 20 15.294 | -11 10 49.83   | 8.89926742   |            |
|                 | 7 14 32 55.246  | -12 12 24.28 | 8.88490785      |                 | 23 14 20 0.129  | -11 9 42.04    | 8.90630447   |            |
|                 | 8 14 32 39.656  | -12 11 2.99  | 8.87869128      |                 | 24 14 19 45.173 | -11 8 35.52    | 8.91360793   |            |
|                 | 9 14 32 23.877  | -12 9 41.02  | 8.87275969      |                 | 25 14 19 30.432 | -11 7 30.31    | 8.92117511   |            |
|                 | 10 14 32 7.918  | -12 8 18.40  | 8.86711535      |                 | 26 14 19 15.912 | -11 6 26.46    | 8.92900338   |            |
|                 | 11 14 31 51.789 | -12 6 55.20  | 8.86176037      |                 | 27 14 19 1.618  | -11 5 23.99    | 8.93709017   |            |
|                 | 12 14 31 35.501 | -12 5 31.46  | 8.85669667      |                 | 28 14 18 47.553 | -11 4 22.92    | 8.94543292   |            |
|                 | 13 14 31 19.061 | -12 4 7.24   | 8.85192597      |                 | 29 14 18 33.722 | -11 3 23.26    | 8.95402911   |            |
|                 | 14 14 31 2.479  | -12 2 42.58  | 8.84744983      |                 | 30 14 18 20.131 | -11 2 25.03    | 8.96287612   |            |
|                 | 15 14 30 45.764 | -12 1 17.52  | 8.84326965      |                 | 31 14 18 6.786  | -11 1 28.27    | 8.97197129   |            |
|                 | 16 14 30 28.924 | -11 59 52.11 | 8.83938664      |                 | Juin            | 1 14 17 53.695 | -11 0 33.01  | 8.98131178 |
|                 | 17 14 30 11.967 | -11 58 26.38 | 8.83580188      |                 |                 | 2 14 17 40.864 | -10 59 39.27 | 8.99089465 |
| 18 14 29 54.903 | -11 57 0.39     | 8.83251630   | 3 14 17 28.303  | -10 58 47.09    |                 | 9.00071679     |              |            |
| 19 14 29 37.739 | -11 55 34.16    | 8.82953069   | 4 14 17 16.018  | -10 57 56.52    |                 | 9.01077496     |              |            |
| 20 14 29 20.486 | -11 54 7.74     | 8.82684568   | 5 14 17 4.016   | -10 57 7.58     |                 | 9.02106579     |              |            |
| 21 14 29 3.151  | -11 52 41.17    | 8.82446180   | 6 14 16 52.303  | -10 56 20.31    |                 | 9.03158575     |              |            |
| 22 14 28 45.744 | -11 51 14.50    | 8.82237943   | 7 14 16 40.884  | -10 55 34.73    | 9.04233120      |                |              |            |
| 23 14 28 28.276 | -11 49 47.75    | 8.82059882   | 8 14 16 29.764  | -10 54 50.88    | 9.05329838      |                |              |            |
| 24 14 28 10.756 | -11 48 20.99    | 8.81912016   | 9 14 16 18.949  | -10 54 8.77     | 9.06448343      |                |              |            |
| 25 14 27 53.194 | -11 46 54.26    | 8.81794356   | 10 14 16 8.442  | -10 53 28.42    | 9.07588239      |                |              |            |
| 26 14 27 35.602 | -11 45 27.62    | 8.81706910   | 11 14 15 58.248 | -10 52 49.85    | 9.08749120      |                |              |            |
| 27 14 27 17.986 | -11 44 1.12     | 8.81649683   | 12 14 15 48.370 | -10 52 13.08    | 9.09930572      |                |              |            |
| 28 14 27 0.357  | -11 42 34.81    | 8.81622687   | 13 14 15 38.812 | -10 51 38.12    | 9.11132176      |                |              |            |
| 29 14 26 42.721 | -11 41 8.73     | 8.81625933   | 14 14 15 29.578 | -10 51 4.98     | 9.12353504      |                |              |            |
| 30 14 26 25.085 | -11 39 42.92    | 8.81659433   | 15 14 15 20.673 | -10 50 33.68    | 9.13594127      |                |              |            |
| Mai             | 1 14 26 7.456   | -11 38 17.42 | 8.81723197      | 16 14 15 12.100 | -10 50 4.22     | 9.14853608     |              |            |
|                 | 2 14 25 49.841  | -11 36 52.25 | 8.81817229      | 17 14 15 3.864  | -10 49 36.63    | 9.16131509     |              |            |
|                 | 3 14 25 32.249  | -11 35 27.45 | 8.81941523      | 18 14 14 55.968 | -10 49 10.93    | 9.17427392     |              |            |
|                 | 4 14 25 14.690  | -11 34 3.07  | 8.82096059      | 19 14 14 48.418 | -10 48 47.12    | 9.18740819     |              |            |
|                 | 5 14 24 57.175  | -11 32 39.16 | 8.82280802      | 20 14 14 41.216 | -10 48 25.24    | 9.20071355     |              |            |
|                 | 6 14 24 39.713  | -11 31 15.76 | 8.82495701      | 21 14 14 34.365 | -10 48 5.29     | 9.21418571     |              |            |
|                 | 7 14 24 22.317  | -11 29 52.92 | 8.82740685      | 22 14 14 27.869 | -10 47 47.30    | 9.22782049     |              |            |
|                 | 8 14 24 4.995   | -11 28 30.71 | 8.83015667      | 23 14 14 21.726 | -10 47 31.27    | 9.24161381     |              |            |
|                 | 9 14 23 47.758  | -11 27 9.17  | 8.83320541      | 24 14 14 15.938 | -10 47 17.21    | 9.25556169     |              |            |
|                 | 10 14 23 30.615 | -11 25 48.34 | 8.83655182      | 25 14 14 10.504 | -10 47 5.09     | 9.26966024     |              |            |
|                 | 11 14 23 13.576 | -11 24 28.29 | 8.84019450      | 26 14 14 5.424  | -10 46 54.93    | 9.28390558     |              |            |
|                 | 12 14 22 56.648 | -11 23 9.06  | 8.84413188      | 27 14 14 0.700  | -10 46 46.71    | 9.29829384     |              |            |
|                 | 13 14 22 39.841 | -11 21 50.67 | 8.84836220      | 28 14 13 56.336 | -10 46 40.44    | 9.31282107     |              |            |
|                 | 14 14 22 23.162 | -11 20 33.19 | 8.85288361      | 29 14 13 52.334 | -10 46 36.13    | 9.32748323     |              |            |
|                 | 15 14 22 6.619  | -11 19 16.63 | 8.85769409      | 30 14 13 48.699 | -10 46 33.80    | 9.34227615     |              |            |
|                 | 16 14 21 50.219 | -11 18 1.04  | 8.86279149      | Juill.          | 1 14 13 45.434  | -10 46 33.46   | 9.35719559   |            |
| 17 14 21 33.972 | -11 16 46.46    | 8.86817356   | 2 14 13 42.540  |                 | -10 46 35.11    | 9.37223720     |              |            |



## SATURNE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date                       | asc. droite     | déclinaison   | distance                   | Date         | asc. droite                 | déclinaison  | distance      |
|----------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|---------------|
|                            | h m s           | ° ' "         | ua                         |              | h m s                       | ° ' "        | ua            |
| <b>Juill.</b>              | 3 14 13 40.021  | -10 46 38.78  | 9.387 396 52               | <b>Août</b>  | 18 14 18 24.254             | -11 23 42.33 | 10.133 357 30 |
|                            | 4 14 13 37.878  | -10 46 44.46  | 9.402 669 04               |              | 19 14 18 38.637             | -11 25 10.53 | 10.149 002 41 |
|                            | 5 14 13 36.112  | -10 46 52.16  | 9.418 050 18               |              | 20 14 18 53.328             | -11 26 40.11 | 10.164 558 33 |
|                            | 6 14 13 34.722  | -10 47 1.88   | 9.433 535 28               |              | 21 14 19 8.324              | -11 28 11.05 | 10.180 021 83 |
|                            | 7 14 13 33.711  | -10 47 13.61  | 9.449 119 66               |              | 22 14 19 23.623             | -11 29 43.33 | 10.195 389 63 |
|                            | 8 14 13 33.077  | -10 47 27.35  | 9.464 798 58               |              | 23 14 19 39.224             | -11 31 16.93 | 10.210 658 48 |
|                            | 9 14 13 32.821  | -10 47 43.09  | 9.480 567 26               |              | 24 14 19 55.125             | -11 32 51.85 | 10.225 825 03 |
|                            | 10 14 13 32.942 | -10 48 0.83   | 9.496 420 89               |              | 25 14 20 11.327             | -11 34 28.06 | 10.240 885 89 |
|                            | 11 14 13 33.441 | -10 48 20.55  | 9.512 354 68               |              | 26 14 20 27.826             | -11 36 5.55  | 10.255 837 57 |
|                            | 12 14 13 34.318 | -10 48 42.25  | 9.528 363 78               |              | 27 14 20 44.620             | -11 37 44.32 | 10.270 676 58 |
|                            | 13 14 13 35.572 | -10 49 5.91   | 9.544 443 39               |              | 28 14 21 1.707              | -11 39 24.34 | 10.285 399 34 |
|                            | 14 14 13 37.205 | -10 49 31.54  | 9.560 588 70               |              | 29 14 21 19.083             | -11 41 5.59  | 10.300 002 27 |
|                            | 15 14 13 39.217 | -10 49 59.13  | 9.576 794 95               |              | 30 14 21 36.745             | -11 42 48.05 | 10.314 481 80 |
|                            | 16 14 13 41.608 | -10 50 28.67  | 9.593 057 42               |              | 31 14 21 54.688             | -11 44 31.69 | 10.328 834 32 |
|                            | 17 14 13 44.379 | -10 51 0.16   | 9.609 371 45               |              | <b>Sept.</b> 1 14 22 12.909 | -11 46 16.49 | 10.343 056 24 |
|                            | 18 14 13 47.528 | -10 51 33.60  | 9.625 732 47               |              | 2 14 22 31.405              | -11 48 2.42  | 10.357 144 00 |
|                            | 19 14 13 51.056 | -10 52 8.99   | 9.642 136 04               |              | 3 14 22 50.171              | -11 49 49.45 | 10.371 094 01 |
| 20 14 13 54.960            | -10 52 46.32    | 9.658 577 80  | 4 14 23 9.205              | -11 51 37.55 | 10.384 902 73               |              |               |
| 21 14 13 59.237            | -10 53 25.57    | 9.675 053 56  | 5 14 23 28.503             | -11 53 26.69 | 10.398 566 65               |              |               |
| 22 14 14 3.883             | -10 54 6.72     | 9.691 559 25  | 6 14 23 48.062             | -11 55 16.86 | 10.412 082 28               |              |               |
| 23 14 14 8.895             | -10 54 49.74    | 9.708 090 89  | 7 14 24 7.880              | -11 57 8.03  | 10.425 446 22               |              |               |
| 24 14 14 14.272            | -10 55 34.61    | 9.724 644 57  | 8 14 24 27.953             | -11 59 0.17  | 10.438 655 12               |              |               |
| 25 14 14 20.012            | -10 56 21.32    | 9.741 216 37  | 9 14 24 48.280             | -12 0 53.28  | 10.451 705 72               |              |               |
| 26 14 14 26.115            | -10 57 9.84     | 9.757 802 33  | 10 14 25 8.857             | -12 2 47.33  | 10.464 594 90               |              |               |
| 27 14 14 32.583            | -10 58 0.18     | 9.774 398 41  | 11 14 25 29.680            | -12 4 42.31  | 10.477 319 65               |              |               |
| 28 14 14 39.415            | -10 58 52.34    | 9.791 000 50  | 12 14 25 50.746            | -12 6 38.19  | 10.489 877 09               |              |               |
| 29 14 14 46.612            | -10 59 46.31    | 9.807 604 40  | 13 14 26 12.049            | -12 8 34.95  | 10.502 264 49               |              |               |
| 30 14 14 54.173            | -11 0 42.08     | 9.824 205 85  | 14 14 26 33.583            | -12 10 32.56 | 10.514 479 26               |              |               |
| 31 14 15 2.096             | -11 1 39.65     | 9.840 800 54  | 15 14 26 55.343            | -12 12 30.99 | 10.526 518 92               |              |               |
| <b>Août</b> 1 14 15 10.381 | -11 2 39.00     | 9.857 384 09  | 16 14 27 17.324            | -12 14 30.19 | 10.538 381 12               |              |               |
| 2 14 15 19.024             | -11 3 40.12     | 9.873 952 13  | 17 14 27 39.522            | -12 16 30.14 | 10.550 063 56               |              |               |
| 3 14 15 28.025             | -11 4 42.99     | 9.890 500 25  | 18 14 28 1.933             | -12 18 30.81 | 10.561 564 01               |              |               |
| 4 14 15 37.379             | -11 5 47.59     | 9.907 024 01  | 19 14 28 24.555            | -12 20 32.18 | 10.572 880 23               |              |               |
| 5 14 15 47.085             | -11 6 53.89     | 9.923 518 99  | 20 14 28 47.386            | -12 22 34.22 | 10.584 009 97               |              |               |
| 6 14 15 57.141             | -11 8 1.89      | 9.939 980 74  | 21 14 29 10.424            | -12 24 36.93 | 10.594 950 91               |              |               |
| 7 14 16 7.543              | -11 9 11.55     | 9.956 404 83  | 22 14 29 33.668            | -12 26 40.28 | 10.605 700 72               |              |               |
| 8 14 16 18.289             | -11 10 22.85    | 9.972 786 85  | 23 14 29 57.114            | -12 28 44.28 | 10.616 256 97               |              |               |
| 9 14 16 29.378             | -11 11 35.78    | 9.989 122 39  | 24 14 30 20.759            | -12 30 48.89 | 10.626 617 23               |              |               |
| 10 14 16 40.807            | -11 12 50.31    | 10.005 407 10 | 25 14 30 44.598            | -12 32 54.09 | 10.636 779 03               |              |               |
| 11 14 16 52.575            | -11 14 6.42     | 10.021 636 69 | 26 14 31 8.629             | -12 34 59.87 | 10.646 739 88               |              |               |
| 12 14 17 4.681             | -11 15 24.10    | 10.037 806 91 | 27 14 31 32.846            | -12 37 6.19  | 10.656 497 30               |              |               |
| 13 14 17 17.122            | -11 16 43.34    | 10.053 913 62 | 28 14 31 57.245            | -12 39 13.03 | 10.666 048 82               |              |               |
| 14 14 17 29.895            | -11 18 4.13     | 10.069 952 78 | 29 14 32 21.821            | -12 41 20.36 | 10.675 391 98               |              |               |
| 15 14 17 43.000            | -11 19 26.44    | 10.085 920 46 | 30 14 32 46.572            | -12 43 28.15 | 10.684 524 37               |              |               |
| 16 14 17 56.431            | -11 20 50.26    | 10.101 812 86 | <b>Oct.</b> 1 14 33 11.492 | -12 45 36.38 | 10.693 443 56               |              |               |
| 17 14 18 10.184            | -11 22 15.57    | 10.117 626 31 | 2 14 33 36.578             | -12 47 45.01 | 10.702 147 18               |              |               |

## SATURNE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date | asc. droite  | déclinaison  | distance     | Date        | asc. droite  | déclinaison  | distance     |              |             |
|------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
|      | h m s        | ° ' "        | ua           |             | h m s        | ° ' "        | ua           |              |             |
| Oct. | 3            | 14 34 1.827  | -12 49 54.02 | 10.71063290 | Nov.         | 18           | 14 55 7.794  | -14 29 11.90 | 10.84129490 |
|      | 4            | 14 34 27.234 | -12 52 3.39  | 10.71889842 |              | 19           | 14 55 35.973 | -14 31 13.72 | 10.83821047 |
|      | 5            | 14 34 52.798 | -12 54 13.09 | 10.72694155 |              | 20           | 14 56 4.111  | -14 33 14.90 | 10.83487355 |
|      | 6            | 14 35 18.514 | -12 56 23.11 | 10.73476015 |              | 21           | 14 56 32.202 | -14 35 15.43 | 10.83128458 |
|      | 7            | 14 35 44.380 | -12 58 33.43 | 10.74235222 |              | 22           | 14 57 0.241  | -14 37 15.27 | 10.82744401 |
|      | 8            | 14 36 10.392 | -13 0 44.04  | 10.74971589 |              | 23           | 14 57 28.223 | -14 39 14.41 | 10.82335232 |
|      | 9            | 14 36 36.544 | -13 2 54.90  | 10.75684944 |              | 24           | 14 57 56.143 | -14 41 12.82 | 10.81901003 |
|      | 10           | 14 37 2.832  | -13 5 6.01   | 10.76375130 |              | 25           | 14 58 23.996 | -14 43 10.49 | 10.81441770 |
|      | 11           | 14 37 29.249 | -13 7 17.32  | 10.77042007 |              | 26           | 14 58 51.778 | -14 45 7.38  | 10.80957594 |
|      | 12           | 14 37 55.789 | -13 9 28.82  | 10.77685446 |              | 27           | 14 59 19.485 | -14 47 3.49  | 10.80448541 |
|      | 13           | 14 38 22.447 | -13 11 40.46 | 10.78305331 |              | 28           | 14 59 47.113 | -14 48 58.78 | 10.79914684 |
|      | 14           | 14 38 49.218 | -13 13 52.21 | 10.78901554 |              | 29           | 15 0 14.657  | -14 50 53.26 | 10.81901003 |
| 15   | 14 39 16.098 | -13 16 4.04  | 10.79474014  | 30          | 15 0 42.115  | -14 52 46.90 | 10.78772884  |              |             |
| 16   | 14 39 43.083 | -13 18 15.93 | 10.80022611  | Déc.        | 1            | 15 1 9.481   | -14 54 39.69 | 10.78165129  |             |
| 17   | 14 40 10.171 | -13 20 27.87 | 10.80547247  |             | 2            | 15 1 36.752  | -14 56 31.63 | 10.77532951  |             |
| 18   | 14 40 37.361 | -13 22 39.83 | 10.81047823  | 3           | 15 2 3.922   | -14 58 22.70 | 10.76876481  |              |             |
| 19   | 14 41 4.648  | -13 24 51.80 | 10.81524234  | 4           | 15 2 30.983  | -15 0 12.90  | 10.76195867  |              |             |
| 20   | 14 41 32.030 | -13 27 3.77  | 10.81976375  | 5           | 15 2 57.929  | -15 2 2.18   | 10.75491279  |              |             |
| 21   | 14 41 59.505 | -13 29 15.72 | 10.82404136  | 6           | 15 3 24.752  | -15 3 50.54  | 10.74762903  |              |             |
| 22   | 14 42 27.066 | -13 31 27.64 | 10.82807403  | 7           | 15 3 51.447  | -15 5 37.92  | 10.74010938  |              |             |
| 23   | 14 42 54.710 | -13 33 39.50 | 10.83186064  | 8           | 15 4 18.006  | -15 7 24.33  | 10.73235594  |              |             |
| 24   | 14 43 22.432 | -13 35 51.28 | 10.83540003  | 9           | 15 4 44.428  | -15 9 9.72   | 10.72437084  |              |             |
| 25   | 14 43 50.228 | -13 38 2.95  | 10.83869109  | 10          | 15 5 10.708  | -15 10 54.08 | 10.71615624  |              |             |
| 26   | 14 44 18.091 | -13 40 14.50 | 10.84173271  | 11          | 15 5 36.844  | -15 12 37.42 | 10.70771431  |              |             |
| 27   | 14 44 46.019 | -13 42 25.88 | 10.84452382  | 12          | 15 6 2.831   | -15 14 19.71 | 10.69904718  |              |             |
| 28   | 14 45 14.007 | -13 44 37.09 | 10.84706336  | 13          | 15 6 28.667  | -15 16 0.96  | 10.69015699  |              |             |
| 29   | 14 45 42.049 | -13 46 48.08 | 10.84935033  | 14          | 15 6 54.348  | -15 17 41.16 | 10.68104583  |              |             |
| 30   | 14 46 10.143 | -13 48 58.84 | 10.85138378  | 15          | 15 7 19.869  | -15 19 20.29 | 10.67171582  |              |             |
| 31   | 14 46 38.284 | -13 51 9.34  | 10.85316278  | 16          | 15 7 45.225  | -15 20 58.35 | 10.66216905  |              |             |
| Nov. | 1            | 14 47 6.468  | -13 53 19.56 | 10.85468648 | 17           | 15 8 10.411  | -15 22 35.33 | 10.65240760  |             |
|      | 2            | 14 47 34.693 | -13 55 29.48 | 10.85595412 | 18           | 15 8 35.421  | -15 24 11.20 | 10.64243358  |             |
|      | 3            | 14 48 2.955  | -13 57 39.10 | 10.85696503 | 19           | 15 9 0.252   | -15 25 45.96 | 10.63224910  |             |
|      | 4            | 14 48 31.250 | -13 59 48.40 | 10.85771868 | 20           | 15 9 24.896  | -15 27 19.57 | 10.62185629  |             |
|      | 5            | 14 48 59.573 | -14 1 57.35  | 10.85821468 | 21           | 15 9 49.349  | -15 28 52.03 | 10.61125733  |             |
|      | 6            | 14 49 27.918 | -14 4 5.95   | 10.85845284 | 22           | 15 10 13.607 | -15 30 23.32 | 10.60045441  |             |
|      | 7            | 14 49 56.279 | -14 6 14.17  | 10.85843313 | 23           | 15 10 37.664 | -15 31 53.42 | 10.58944979  |             |
|      | 8            | 14 50 24.649 | -14 8 21.98  | 10.85815569 | 24           | 15 11 1.517  | -15 33 22.32 | 10.57824578  |             |
|      | 9            | 14 50 53.020 | -14 10 29.34 | 10.85762079 | 25           | 15 11 25.161 | -15 34 50.00 | 10.56684474  |             |
|      | 10           | 14 51 21.389 | -14 12 36.23 | 10.85682881 | 26           | 15 11 48.592 | -15 36 16.45 | 10.55524910  |             |
|      | 11           | 14 51 49.751 | -14 14 42.62 | 10.85578018 | 27           | 15 12 11.807 | -15 37 41.66 | 10.54346136  |             |
|      | 12           | 14 52 18.101 | -14 16 48.49 | 10.85447540 | 28           | 15 12 34.801 | -15 39 5.63  | 10.53148414  |             |
| 13   | 14 52 46.437 | -14 18 53.81 | 10.85291497  | 29          | 15 12 57.570 | -15 40 28.35 | 10.51932013  |              |             |
| 14   | 14 53 14.756 | -14 20 58.58 | 10.85109937  | 30          | 15 13 20.109 | -15 41 49.82 | 10.50697218  |              |             |
| 15   | 14 53 43.054 | -14 23 2.79  | 10.84902911  | 31          | 15 13 42.413 | -15 43 10.03 | 10.49444332  |              |             |
| 16   | 14 54 11.330 | -14 25 6.41  | 10.84670465  | 32          | 15 14 4.474  | -15 44 28.96 | 10.48173674  |              |             |
| 17   | 14 54 39.578 | -14 27 9.46  | 10.84412644  | 33          | 15 14 26.284 | -15 45 46.60 | 10.46885584  |              |             |

## URANUS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |    | distance | Date       | asc. droite |       |    | déclinaison |        | distance |       |            |            |            |
|-------|-------------|----|--------|-------------|----|----------|------------|-------------|-------|----|-------------|--------|----------|-------|------------|------------|------------|
|       | h           | m  | s      | °           | '  | ''       | ua         | h           | m     | s  | °           | '      | ''       | ua    |            |            |            |
| Janv. | 0           | 0  | 18     | 32.556      | 1  | 14       | 13.72      | 20.118931   | Févr. | 15 | 0           | 23     | 57.614   | 1     | 50         | 57.85      | 20.8042573 |
|       | 1           | 0  | 18     | 35.885      | 1  | 14       | 37.88      | 20.1360938  |       | 16 | 0           | 24     | 7.955    | 1     | 52         | 6.26       | 20.8152561 |
|       | 2           | 0  | 18     | 39.397      | 1  | 15       | 3.21       | 20.1532265  |       | 17 | 0           | 24     | 18.403   | 1     | 53         | 15.32      | 20.8260309 |
|       | 3           | 0  | 18     | 43.091      | 1  | 15       | 29.71      | 20.1703243  |       | 18 | 0           | 24     | 28.956   | 1     | 54         | 25.01      | 20.8365790 |
|       | 4           | 0  | 18     | 46.967      | 1  | 15       | 57.38      | 20.1873824  |       | 19 | 0           | 24     | 39.610   | 1     | 55         | 35.33      | 20.8468980 |
|       | 5           | 0  | 18     | 51.025      | 1  | 16       | 26.22      | 20.2043957  |       | 20 | 0           | 24     | 50.363   | 1     | 56         | 46.25      | 20.8569856 |
|       | 6           | 0  | 18     | 55.267      | 1  | 16       | 56.24      | 20.2213592  |       | 21 | 0           | 25     | 1.210    | 1     | 57         | 57.74      | 20.8668394 |
|       | 7           | 0  | 18     | 59.693      | 1  | 17       | 27.44      | 20.2382678  |       | 22 | 0           | 25     | 12.150   | 1     | 59         | 9.79       | 20.8764573 |
|       | 8           | 0  | 19     | 4.303       | 1  | 17       | 59.81      | 20.2551162  |       | 23 | 0           | 25     | 23.178   | 2     | 0          | 22.37      | 20.8858372 |
|       | 9           | 0  | 19     | 9.095       | 1  | 18       | 33.35      | 20.2718993  |       | 24 | 0           | 25     | 34.293   | 2     | 1          | 35.47      | 20.8949770 |
|       | 10          | 0  | 19     | 14.067      | 1  | 19       | 8.04       | 20.2886117  |       | 25 | 0           | 25     | 45.490   | 2     | 2          | 49.07      | 20.9038748 |
|       | 11          | 0  | 19     | 19.217      | 1  | 19       | 43.87      | 20.3052480  |       | 26 | 0           | 25     | 56.768   | 2     | 4          | 3.15       | 20.9125287 |
|       | 12          | 0  | 19     | 24.540      | 1  | 20       | 20.81      | 20.3218029  |       | 27 | 0           | 26     | 8.125    | 2     | 5          | 17.69      | 20.9209368 |
|       | 13          | 0  | 19     | 30.035      | 1  | 20       | 58.84      | 20.3382710  |       | 28 | 0           | 26     | 19.561   | 2     | 6          | 32.70      | 20.9290972 |
| 14    | 0           | 19 | 35.699 | 1           | 21 | 37.95    | 20.3546472 | Mars        | 1     | 0  | 26          | 31.074 | 2        | 7     | 48.17      | 20.9370080 |            |
| 15    | 0           | 19 | 41.532 | 1           | 22 | 18.12    | 20.3709263 | 2           | 0     | 26 | 42.662      | 2      | 9        | 4.08  | 20.9446673 |            |            |
| 16    | 0           | 19 | 47.532 | 1           | 22 | 59.36    | 20.3871035 | 3           | 0     | 26 | 54.326      | 2      | 10       | 20.42 | 20.9520732 |            |            |
| 17    | 0           | 19 | 53.700 | 1           | 23 | 41.66    | 20.4031740 | 4           | 0     | 27 | 6.061       | 2      | 11       | 37.19 | 20.9592236 |            |            |
| 18    | 0           | 20 | 0.036  | 1           | 24 | 25.02    | 20.4191331 | 5           | 0     | 27 | 17.866      | 2      | 12       | 54.37 | 20.9661166 |            |            |
| 19    | 0           | 20 | 6.537  | 1           | 25 | 9.44     | 20.4349763 | 6           | 0     | 27 | 29.736      | 2      | 14       | 11.92 | 20.9727503 |            |            |
| 20    | 0           | 20 | 13.203 | 1           | 25 | 54.89    | 20.4506993 | 7           | 0     | 27 | 41.668      | 2      | 15       | 29.83 | 20.9791226 |            |            |
| 21    | 0           | 20 | 20.032 | 1           | 26 | 41.38    | 20.4662977 | 8           | 0     | 27 | 53.657      | 2      | 16       | 48.07 | 20.9852317 |            |            |
| 22    | 0           | 20 | 27.022 | 1           | 27 | 28.88    | 20.4817672 | 9           | 0     | 28 | 5.700       | 2      | 18       | 6.61  | 20.9910758 |            |            |
| 23    | 0           | 20 | 34.170 | 1           | 28 | 17.39    | 20.4971038 | 10          | 0     | 28 | 17.794      | 2      | 19       | 25.42 | 20.9966532 |            |            |
| 24    | 0           | 20 | 41.474 | 1           | 29 | 6.88     | 20.5123034 | 11          | 0     | 28 | 29.937      | 2      | 20       | 44.51 | 21.0019624 |            |            |
| 25    | 0           | 20 | 48.932 | 1           | 29 | 57.34    | 20.5273619 | 12          | 0     | 28 | 42.126      | 2      | 22       | 3.84  | 21.0070019 |            |            |
| 26    | 0           | 20 | 56.540 | 1           | 30 | 48.76    | 20.5422756 | 13          | 0     | 28 | 54.362      | 2      | 23       | 23.42 | 21.0117707 |            |            |
| 27    | 0           | 21 | 4.297  | 1           | 31 | 41.11    | 20.5570404 | 14          | 0     | 29 | 6.641       | 2      | 24       | 43.24 | 21.0162677 |            |            |
| 28    | 0           | 21 | 12.200 | 1           | 32 | 34.38    | 20.5716526 | 15          | 0     | 29 | 18.962      | 2      | 26       | 3.27  | 21.0204919 |            |            |
| 29    | 0           | 21 | 20.246 | 1           | 33 | 28.56    | 20.5861084 | 16          | 0     | 29 | 31.323      | 2      | 27       | 23.51 | 21.0244427 |            |            |
| 30    | 0           | 21 | 28.436 | 1           | 34 | 23.63    | 20.6004041 | 17          | 0     | 29 | 43.720      | 2      | 28       | 43.94 | 21.0281194 |            |            |
| 31    | 0           | 21 | 36.766 | 1           | 35 | 19.59    | 20.6145358 | 18          | 0     | 29 | 56.151      | 2      | 30       | 4.54  | 21.0315216 |            |            |
| Févr. | 1           | 0  | 21     | 45.238      | 1  | 36       | 16.43      | 20.6284999  | 19    | 0  | 30          | 8.611  | 2        | 31    | 25.28      | 21.0346489 |            |
|       | 2           | 0  | 21     | 53.850      | 1  | 37       | 14.15      | 20.6422926  | 20    | 0  | 30          | 21.099 | 2        | 32    | 46.16      | 21.0375009 |            |
|       | 3           | 0  | 22     | 2.602       | 1  | 38       | 12.74      | 20.6559100  | 21    | 0  | 30          | 33.610 | 2        | 34    | 7.14       | 21.0400775 |            |
|       | 4           | 0  | 22     | 11.492      | 1  | 39       | 12.19      | 20.6693484  | 22    | 0  | 30          | 46.141 | 2        | 35    | 28.20      | 21.0423784 |            |
|       | 5           | 0  | 22     | 20.519      | 1  | 40       | 12.50      | 20.6826038  | 23    | 0  | 30          | 58.689 | 2        | 36    | 49.33      | 21.0444038 |            |
|       | 6           | 0  | 22     | 29.680      | 1  | 41       | 13.64      | 20.6956723  | 24    | 0  | 31          | 11.251 | 2        | 38    | 10.50      | 21.0461535 |            |
|       | 7           | 0  | 22     | 38.971      | 1  | 42       | 15.60      | 20.7085500  | 25    | 0  | 31          | 23.824 | 2        | 39    | 31.70      | 21.0476276 |            |
|       | 8           | 0  | 22     | 48.388      | 1  | 43       | 18.34      | 20.7212331  | 26    | 0  | 31          | 36.407 | 2        | 40    | 52.92      | 21.0488263 |            |
|       | 9           | 0  | 22     | 57.928      | 1  | 44       | 21.84      | 20.7337176  | 27    | 0  | 31          | 48.998 | 2        | 42    | 14.13      | 21.0497497 |            |
|       | 10          | 0  | 23     | 7.588       | 1  | 45       | 26.07      | 20.7459999  | 28    | 0  | 32          | 1.596  | 2        | 43    | 35.34      | 21.0503978 |            |
|       | 11          | 0  | 23     | 17.364      | 1  | 46       | 31.03      | 20.7580764  | 29    | 0  | 32          | 14.200 | 2        | 44    | 56.54      | 21.0507709 |            |
|       | 12          | 0  | 23     | 27.257      | 1  | 47       | 36.69      | 20.7699435  | 30    | 0  | 32          | 26.810 | 2        | 46    | 17.72      | 21.0508690 |            |
|       | 13          | 0  | 23     | 37.263      | 1  | 48       | 43.06      | 20.7815981  | 31    | 0  | 32          | 39.422 | 2        | 47    | 38.88      | 21.0506920 |            |
|       | 14          | 0  | 23     | 47.383      | 1  | 49       | 50.11      | 20.7930370  | Avril | 1  | 0           | 32     | 52.034   | 2     | 48         | 59.98      | 21.0502400 |

## URANUS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance   | Date       | asc. droite |      |        | déclinaison |        |        | distance   |            |            |            |
|-------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|------------|------------|-------------|------|--------|-------------|--------|--------|------------|------------|------------|------------|
|       | h           | m  | s      | °           | '  | ''    | ua         |            | h           | m    | s      | °           | '      | ''     | ua         |            |            |            |
| Avril | 2           | 0  | 33     | 4.642       | 2  | 50    | 21.02      | 21.0495129 | Mai         | 18   | 0      | 41          | 55.307 | 3      | 46         | 22.75      | 20.7372604 |            |
|       | 3           | 0  | 33     | 17.242      | 2  | 51    | 41.95      | 21.0485107 |             | 19   | 0      | 42          | 4.895  | 3      | 47         | 22.42      | 20.7251244 |            |
|       | 4           | 0  | 33     | 29.830      | 2  | 53    | 2.77       | 21.0472336 |             | 20   | 0      | 42          | 14.364 | 3      | 48         | 21.30      | 20.7128034 |            |
|       | 5           | 0  | 33     | 42.403      | 2  | 54    | 23.43      | 21.0456815 |             | 21   | 0      | 42          | 23.713 | 3      | 49         | 19.39      | 20.7003010 |            |
|       | 6           | 0  | 33     | 54.957      | 2  | 55    | 43.93      | 21.0438548 |             | 22   | 0      | 42          | 32.942 | 3      | 50         | 16.67      | 20.6876205 |            |
|       | 7           | 0  | 34     | 7.491       | 2  | 57    | 4.24       | 21.0417538 |             | 23   | 0      | 42          | 42.051 | 3      | 51         | 13.15      | 20.6747652 |            |
|       | 8           | 0  | 34     | 20.002      | 2  | 58    | 24.36      | 21.0393790 |             | 24   | 0      | 42          | 51.039 | 3      | 52         | 8.83       | 20.6617386 |            |
|       | 9           | 0  | 34     | 32.489      | 2  | 59    | 44.27      | 21.0367312 |             | 25   | 0      | 42          | 59.904 | 3      | 53         | 3.70       | 20.6485437 |            |
|       | 10          | 0  | 34     | 44.951      | 3  | 1     | 3.96       | 21.0338111 |             | 26   | 0      | 43          | 8.645  | 3      | 53         | 57.75      | 20.6351837 |            |
|       | 11          | 0  | 34     | 57.385      | 3  | 2     | 23.43      | 21.0306197 |             | 27   | 0      | 43          | 17.258 | 3      | 54         | 50.96      | 20.6216616 |            |
|       | 12          | 0  | 35     | 9.790       | 3  | 3     | 42.65      | 21.0271582 |             | 28   | 0      | 43          | 25.739 | 3      | 55         | 43.30      | 20.6079805 |            |
|       | 13          | 0  | 35     | 22.163      | 3  | 5     | 1.63       | 21.0234277 |             | 29   | 0      | 43          | 34.085 | 3      | 56         | 34.76      | 20.5941435 |            |
|       | 14          | 0  | 35     | 34.500      | 3  | 6     | 20.33      | 21.0194297 |             | 30   | 0      | 43          | 42.293 | 3      | 57         | 25.31      | 20.5801537 |            |
|       | 15          | 0  | 35     | 46.800      | 3  | 7     | 38.74      | 21.0151655 |             | 31   | 0      | 43          | 50.362 | 3      | 58         | 14.95      | 20.5660144 |            |
|       | 16          | 0  | 35     | 59.058      | 3  | 8     | 56.84      | 21.0106368 |             | Juin | 1      | 0           | 43     | 58.291 | 3          | 59         | 3.66       | 20.5517289 |
|       | 17          | 0  | 36     | 11.271      | 3  | 10    | 14.61      | 21.0058451 |             |      | 2      | 0           | 44     | 6.078  | 3          | 59         | 51.45      | 20.5373009 |
| 18    | 0           | 36 | 23.436 | 3           | 11 | 32.03 | 21.0007922 | 3          | 0           |      | 44     | 13.724      | 4      | 0      | 38.30      | 20.5227338 |            |            |
| 19    | 0           | 36 | 35.550 | 3           | 12 | 49.08 | 20.9954797 | 4          | 0           |      | 44     | 21.228      | 4      | 1      | 24.22      | 20.5080316 |            |            |
| 20    | 0           | 36 | 47.610 | 3           | 14 | 5.74  | 20.9899096 | 5          | 0           |      | 44     | 28.588      | 4      | 2      | 9.20       | 20.4931980 |            |            |
| 21    | 0           | 36 | 59.614 | 3           | 15 | 21.99 | 20.9840836 | 6          | 0           |      | 44     | 35.803      | 4      | 2      | 53.23      | 20.4782371 |            |            |
| 22    | 0           | 37 | 11.560 | 3           | 16 | 37.83 | 20.9780038 | 7          | 0           | 44   | 42.871 | 4           | 3      | 36.31  | 20.4631530 |            |            |            |
| 23    | 0           | 37 | 23.447 | 3           | 17 | 53.24 | 20.9716720 | 8          | 0           | 44   | 49.790 | 4           | 4      | 18.42  | 20.4479498 |            |            |            |
| 24    | 0           | 37 | 35.273 | 3           | 19 | 8.21  | 20.9650902 | 9          | 0           | 44   | 56.558 | 4           | 4      | 59.56  | 20.4326317 |            |            |            |
| 25    | 0           | 37 | 47.037 | 3           | 20 | 22.74 | 20.9582604 | 10         | 0           | 45   | 3.172  | 4           | 5      | 39.70  | 20.4172030 |            |            |            |
| 26    | 0           | 37 | 58.739 | 3           | 21 | 36.83 | 20.9511843 | 11         | 0           | 45   | 9.631  | 4           | 6      | 18.84  | 20.4016680 |            |            |            |
| 27    | 0           | 38 | 10.378 | 3           | 22 | 50.47 | 20.9438639 | 12         | 0           | 45   | 15.932 | 4           | 6      | 56.96  | 20.3860311 |            |            |            |
| 28    | 0           | 38 | 21.951 | 3           | 24 | 3.64  | 20.9363008 | 13         | 0           | 45   | 22.073 | 4           | 7      | 34.05  | 20.3702968 |            |            |            |
| 29    | 0           | 38 | 33.454 | 3           | 25 | 16.33 | 20.9284968 | 14         | 0           | 45   | 28.054 | 4           | 8      | 10.11  | 20.3544694 |            |            |            |
| 30    | 0           | 38 | 44.885 | 3           | 26 | 28.51 | 20.9204536 | 15         | 0           | 45   | 33.872 | 4           | 8      | 45.12  | 20.3385533 |            |            |            |
| Mai   | 1           | 0  | 38     | 56.238      | 3  | 27    | 40.16      | 20.9121728 | 16          | 0    | 45     | 39.527      | 4      | 9      | 19.08      | 20.3225531 |            |            |
|       | 2           | 0  | 39     | 7.511       | 3  | 28    | 51.25      | 20.9036563 | 17          | 0    | 45     | 45.020      | 4      | 9      | 51.98      | 20.3064731 |            |            |
|       | 3           | 0  | 39     | 18.700      | 3  | 30    | 1.76       | 20.8949059 | 18          | 0    | 45     | 50.349      | 4      | 10     | 23.84      | 20.2903178 |            |            |
|       | 4           | 0  | 39     | 29.804      | 3  | 31    | 11.68      | 20.8859237 | 19          | 0    | 45     | 55.516      | 4      | 10     | 54.64      | 20.2740915 |            |            |
|       | 5           | 0  | 39     | 40.821      | 3  | 32    | 21.00      | 20.8767118 | 20          | 0    | 46     | 0.520       | 4      | 11     | 24.40      | 20.2577986 |            |            |
|       | 6           | 0  | 39     | 51.750      | 3  | 33    | 29.72      | 20.8672725 | 21          | 0    | 46     | 5.362       | 4      | 11     | 53.12      | 20.2414432 |            |            |
| 7     | 0           | 40 | 2.589  | 3           | 34 | 37.81 | 20.8576083 | 22         | 0           | 46   | 10.040 | 4           | 12     | 20.79  | 20.2250295 |            |            |            |
| 8     | 0           | 40 | 13.338 | 3           | 35 | 45.28 | 20.8477216 | 23         | 0           | 46   | 14.553 | 4           | 12     | 47.41  | 20.2085615 |            |            |            |
| 9     | 0           | 40 | 23.994 | 3           | 36 | 52.12 | 20.8376151 | 24         | 0           | 46   | 18.898 | 4           | 13     | 12.95  | 20.1920431 |            |            |            |
| 10    | 0           | 40 | 34.555 | 3           | 37 | 58.32 | 20.8272918 | 25         | 0           | 46   | 23.072 | 4           | 13     | 37.41  | 20.1754784 |            |            |            |
| 11    | 0           | 40 | 45.019 | 3           | 39 | 3.85  | 20.8167544 | 26         | 0           | 46   | 27.072 | 4           | 14     | 0.75   | 20.1588712 |            |            |            |
| 12    | 0           | 40 | 55.383 | 3           | 40 | 8.71  | 20.8060059 | 27         | 0           | 46   | 30.898 | 4           | 14     | 22.98  | 20.1422256 |            |            |            |
| 13    | 0           | 41 | 5.644  | 3           | 41 | 12.88 | 20.7950496 | 28         | 0           | 46   | 34.548 | 4           | 14     | 44.09  | 20.1255457 |            |            |            |
| 14    | 0           | 41 | 15.799 | 3           | 42 | 16.34 | 20.7838883 | 29         | 0           | 46   | 38.024 | 4           | 15     | 4.07   | 20.1088358 |            |            |            |
| 15    | 0           | 41 | 25.845 | 3           | 43 | 19.07 | 20.7725255 | 30         | 0           | 46   | 41.326 | 4           | 15     | 22.94  | 20.0921002 |            |            |            |
| 16    | 0           | 41 | 35.780 | 3           | 44 | 21.06 | 20.7609644 | Juill.     | 1           | 0    | 46     | 44.454      | 4      | 15     | 40.70      | 20.0753435 |            |            |
| 17    | 0           | 41 | 45.602 | 3           | 45 | 22.29 | 20.7492083 |            | 2           | 0    | 46     | 47.408      | 4      | 15     | 57.35      | 20.0585702 |            |            |

## URANUS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date   | asc. droite |    |        | déclinaison |    | distance | Date       | asc. droite |      |       | déclinaison |        | distance |        |            |            |            |            |
|--------|-------------|----|--------|-------------|----|----------|------------|-------------|------|-------|-------------|--------|----------|--------|------------|------------|------------|------------|
|        | h           | m  | s      | °           | '  | ''       | ua         | h           | m    | s     | °           | '      | ''       | ua     |            |            |            |            |
| Juill. | 3           | 0  | 46     | 50.187      | 4  | 16       | 12.89      | 20.0417850  | Août | 18    | 0           | 45     | 47.309   | 4      | 8          | 7.94       | 19.3383577 |            |
|        | 4           | 0  | 46     | 52.791      | 4  | 16       | 27.31      | 20.0249927  |      | 19    | 0           | 45     | 42.055   | 4      | 7          | 33.18      | 19.3262630 |            |
|        | 5           | 0  | 46     | 55.218      | 4  | 16       | 40.61      | 20.0081981  |      | 20    | 0           | 45     | 36.655   | 4      | 6          | 57.52      | 19.3143715 |            |
|        | 6           | 0  | 46     | 57.468      | 4  | 16       | 52.80      | 19.9914060  |      | 21    | 0           | 45     | 31.110   | 4      | 6          | 20.96      | 19.3026865 |            |
|        | 7           | 0  | 46     | 59.539      | 4  | 17       | 3.85       | 19.9746213  |      | 22    | 0           | 45     | 25.424   | 4      | 5          | 43.53      | 19.2912116 |            |
|        | 8           | 0  | 47     | 1.431       | 4  | 17       | 13.76      | 19.9578489  |      | 23    | 0           | 45     | 19.600   | 4      | 5          | 5.24       | 19.2799501 |            |
|        | 9           | 0  | 47     | 3.141       | 4  | 17       | 22.54      | 19.9410938  |      | 24    | 0           | 45     | 13.641   | 4      | 4          | 26.12      | 19.2689055 |            |
|        | 10          | 0  | 47     | 4.669       | 4  | 17       | 30.16      | 19.9243608  |      | 25    | 0           | 45     | 7.550    | 4      | 3          | 46.19      | 19.2580815 |            |
|        | 11          | 0  | 47     | 6.015       | 4  | 17       | 36.64      | 19.9076551  |      | 26    | 0           | 45     | 1.331    | 4      | 3          | 5.47       | 19.2474816 |            |
|        | 12          | 0  | 47     | 7.179       | 4  | 17       | 41.96      | 19.8909815  |      | 27    | 0           | 44     | 54.986   | 4      | 2          | 23.97      | 19.2371095 |            |
|        | 13          | 0  | 47     | 8.160       | 4  | 17       | 46.14      | 19.8743448  |      | 28    | 0           | 44     | 48.516   | 4      | 1          | 41.71      | 19.2269688 |            |
|        | 14          | 0  | 47     | 8.960       | 4  | 17       | 49.16      | 19.8577501  |      | 29    | 0           | 44     | 41.924   | 4      | 0          | 58.71      | 19.2170630 |            |
|        | 15          | 0  | 47     | 9.580       | 4  | 17       | 51.05      | 19.8412021  |      | 30    | 0           | 44     | 35.212   | 4      | 0          | 14.98      | 19.2073958 |            |
|        | 16          | 0  | 47     | 10.021      | 4  | 17       | 51.81      | 19.8247057  |      | 31    | 0           | 44     | 28.381   | 3      | 59         | 30.52      | 19.1979707 |            |
|        | 17          | 0  | 47     | 10.285      | 4  | 17       | 51.45      | 19.8082654  |      | Sept. | 1           | 0      | 44       | 21.432 | 3          | 58         | 45.36      | 19.1887911 |
|        | 18          | 0  | 47     | 10.373      | 4  | 17       | 49.98      | 19.7918859  |      | 2     | 0           | 44     | 14.370   | 3      | 57         | 59.51      | 19.1798604 |            |
|        | 19          | 0  | 47     | 10.285      | 4  | 17       | 47.41      | 19.7755717  |      | 3     | 0           | 44     | 7.194    | 3      | 57         | 12.97      | 19.1711820 |            |
| 20     | 0           | 47 | 10.021 | 4           | 17 | 43.73    | 19.7593272 | 4           | 0    | 43    | 59.910      | 3      | 56       | 25.77  | 19.1627590 |            |            |            |
| 21     | 0           | 47 | 9.581  | 4           | 17 | 38.95    | 19.7431567 | 5           | 0    | 43    | 52.519      | 3      | 55       | 37.93  | 19.1545948 |            |            |            |
| 22     | 0           | 47 | 8.962  | 4           | 17 | 33.06    | 19.7270642 | 6           | 0    | 43    | 45.025      | 3      | 54       | 49.46  | 19.1466923 |            |            |            |
| 23     | 0           | 47 | 8.164  | 4           | 17 | 26.03    | 19.7110541 | 7           | 0    | 43    | 37.432      | 3      | 54       | 0.40   | 19.1390544 |            |            |            |
| 24     | 0           | 47 | 7.185  | 4           | 17 | 17.88    | 19.6951304 | 8           | 0    | 43    | 29.745      | 3      | 53       | 10.77  | 19.1316840 |            |            |            |
| 25     | 0           | 47 | 6.026  | 4           | 17 | 8.59     | 19.6792973 | 9           | 0    | 43    | 21.968      | 3      | 52       | 20.59  | 19.1245836 |            |            |            |
| 26     | 0           | 47 | 4.689  | 4           | 16 | 58.19    | 19.6635591 | 10          | 0    | 43    | 14.106      | 3      | 51       | 29.91  | 19.1177557 |            |            |            |
| 27     | 0           | 47 | 3.176  | 4           | 16 | 46.67    | 19.6479203 | 11          | 0    | 43    | 6.161       | 3      | 50       | 38.74  | 19.1112027 |            |            |            |
| 28     | 0           | 47 | 1.488  | 4           | 16 | 34.05    | 19.6323853 | 12          | 0    | 42    | 58.138      | 3      | 49       | 47.10  | 19.1049265 |            |            |            |
| 29     | 0           | 46 | 59.627 | 4           | 16 | 20.35    | 19.6169587 | 13          | 0    | 42    | 50.039      | 3      | 48       | 55.01  | 19.0989292 |            |            |            |
| 30     | 0           | 46 | 57.594 | 4           | 16 | 5.56     | 19.6016452 | 14          | 0    | 42    | 41.866      | 3      | 48       | 2.50   | 19.0932125 |            |            |            |
| 31     | 0           | 46 | 55.389 | 4           | 15 | 49.71    | 19.5864494 | 15          | 0    | 42    | 33.621      | 3      | 47       | 9.55   | 19.0877781 |            |            |            |
| Août   | 1           | 0  | 46     | 53.013      | 4  | 15       | 32.79      | 19.5713762  | 16   | 0     | 42          | 25.305 | 3        | 46     | 16.20      | 19.0826275 |            |            |
| 2      | 0           | 46 | 50.467 | 4           | 15 | 14.81    | 19.5564301 | 17          | 0    | 42    | 16.923      | 3      | 45       | 22.46  | 19.0777622 |            |            |            |
| 3      | 0           | 46 | 47.749 | 4           | 14 | 55.76    | 19.5416160 | 18          | 0    | 42    | 8.476       | 3      | 44       | 28.33  | 19.0731837 |            |            |            |
| 4      | 0           | 46 | 44.862 | 4           | 14 | 35.66    | 19.5269385 | 19          | 0    | 41    | 59.970      | 3      | 43       | 33.86  | 19.0688934 |            |            |            |
| 5      | 0           | 46 | 41.804 | 4           | 14 | 14.51    | 19.5124025 | 20          | 0    | 41    | 51.408      | 3      | 42       | 39.07  | 19.0648928 |            |            |            |
| 6      | 0           | 46 | 38.577 | 4           | 13 | 52.30    | 19.4980126 | 21          | 0    | 41    | 42.797      | 3      | 41       | 43.98  | 19.0611833 |            |            |            |
| 7      | 0           | 46 | 35.182 | 4           | 13 | 29.05    | 19.4837734 | 22          | 0    | 41    | 34.139      | 3      | 40       | 48.64  | 19.0577665 |            |            |            |
| 8      | 0           | 46 | 31.620 | 4           | 13 | 4.76     | 19.4696896 | 23          | 0    | 41    | 25.439      | 3      | 39       | 53.06  | 19.0546437 |            |            |            |
| 9      | 0           | 46 | 27.892 | 4           | 12 | 39.44    | 19.4557658 | 24          | 0    | 41    | 16.700      | 3      | 38       | 57.27  | 19.0518166 |            |            |            |
| 10     | 0           | 46 | 24.001 | 4           | 12 | 13.11    | 19.4420064 | 25          | 0    | 41    | 7.925       | 3      | 38       | 1.29   | 19.0492865 |            |            |            |
| 11     | 0           | 46 | 19.949 | 4           | 11 | 45.77    | 19.4284159 | 26          | 0    | 40    | 59.117      | 3      | 37       | 5.13   | 19.0470547 |            |            |            |
| 12     | 0           | 46 | 15.739 | 4           | 11 | 17.46    | 19.4149986 | 27          | 0    | 40    | 50.279      | 3      | 36       | 8.83   | 19.0451225 |            |            |            |
| 13     | 0           | 46 | 11.375 | 4           | 10 | 48.18    | 19.4017587 | 28          | 0    | 40    | 41.414      | 3      | 35       | 12.39  | 19.0434912 |            |            |            |
| 14     | 0           | 46 | 6.859  | 4           | 10 | 17.97    | 19.3887003 | 29          | 0    | 40    | 32.524      | 3      | 34       | 15.83  | 19.0421617 |            |            |            |
| 15     | 0           | 46 | 2.193  | 4           | 9  | 46.82    | 19.3758272 | 30          | 0    | 40    | 23.613      | 3      | 33       | 19.18  | 19.0411351 |            |            |            |
| 16     | 0           | 45 | 57.379 | 4           | 9  | 14.77    | 19.3631433 | Oct.        | 1    | 0     | 40          | 14.685 | 3        | 32     | 22.46      | 19.0404123 |            |            |
| 17     | 0           | 45 | 52.417 | 4           | 8  | 41.81    | 19.3506523 | 2           | 0    | 40    | 5.743       | 3      | 31       | 25.69  | 19.0399940 |            |            |            |

## URANUS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date | asc. droite |    |        | déclinaison |    |       | distance   | Date       | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | distance   |            |            |
|------|-------------|----|--------|-------------|----|-------|------------|------------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|------------|------------|------------|
|      | h           | m  | s      | °           | '  | "     | ua         |            | h           | m  | s      | °           | '      | "     | ua         |            |            |
| Oct. | 3           | 0  | 39     | 56.792      | 3  | 30    | 28.90      | 19.0398809 | Nov.        | 18 | 0      | 34          | 1.924  | 2     | 53         | 38.07      | 19.3483950 |
|      | 4           | 0  | 39     | 47.837      | 3  | 29    | 32.12      | 19.0400734 |             | 19 | 0      | 33          | 56.719 | 2     | 53         | 6.80       | 19.3611279 |
|      | 5           | 0  | 39     | 38.882      | 3  | 28    | 35.37      | 19.0405720 |             | 20 | 0      | 33          | 51.668 | 2     | 52         | 36.54      | 19.3740657 |
|      | 6           | 0  | 39     | 29.933      | 3  | 27    | 38.70      | 19.0413766 |             | 21 | 0      | 33          | 46.770 | 2     | 52         | 7.30       | 19.3872044 |
|      | 7           | 0  | 39     | 20.995      | 3  | 26    | 42.13      | 19.0424874 |             | 22 | 0      | 33          | 42.028 | 2     | 51         | 39.08      | 19.4005402 |
|      | 8           | 0  | 39     | 12.073      | 3  | 25    | 45.70      | 19.0439040 |             | 23 | 0      | 33          | 37.443 | 2     | 51         | 11.89      | 19.4140690 |
|      | 9           | 0  | 39     | 3.170       | 3  | 24    | 49.43      | 19.0456259 |             | 24 | 0      | 33          | 33.016 | 2     | 50         | 45.75      | 19.4277867 |
|      | 10          | 0  | 38     | 54.290      | 3  | 23    | 53.35      | 19.0476526 |             | 25 | 0      | 33          | 28.750 | 2     | 50         | 20.66      | 19.4416892 |
|      | 11          | 0  | 38     | 45.435      | 3  | 22    | 57.46      | 19.0499831 |             | 26 | 0      | 33          | 24.648 | 2     | 49         | 56.63      | 19.4557723 |
|      | 12          | 0  | 38     | 36.608      | 3  | 22    | 1.79       | 19.0526166 |             | 27 | 0      | 33          | 20.710 | 2     | 49         | 33.69      | 19.4700316 |
|      | 13          | 0  | 38     | 27.810      | 3  | 21    | 6.35       | 19.0555519 |             | 28 | 0      | 33          | 16.940 | 2     | 49         | 11.84      | 19.4844627 |
|      | 14          | 0  | 38     | 19.046      | 3  | 20    | 11.16      | 19.0587878 |             | 29 | 0      | 33          | 13.342 | 2     | 48         | 51.11      | 19.4990611 |
| 15   | 0           | 38 | 10.319 | 3           | 19 | 16.23 | 19.0623232 | 30         | 0           | 33 | 9.917  | 2           | 48     | 31.51 | 19.5138222 |            |            |
| 16   | 0           | 38 | 1.632  | 3           | 18 | 21.60 | 19.0661568 | Déc.       | 1           | 0  | 33     | 6.669       | 2      | 48    | 13.06      | 19.5287411 |            |
| 17   | 0           | 37 | 52.992 | 3           | 17 | 27.30 | 19.0702873 |            | 2           | 0  | 33     | 3.601       | 2      | 47    | 55.77      | 19.5438130 |            |
| 18   | 0           | 37 | 44.402 | 3           | 16 | 33.35 | 19.0747134 | 3          | 0           | 33 | 0.713  | 2           | 47     | 39.67 | 19.5590327 |            |            |
| 19   | 0           | 37 | 35.867 | 3           | 15 | 39.78 | 19.0794340 | 4          | 0           | 32 | 58.006 | 2           | 47     | 24.75 | 19.5743949 |            |            |
| 20   | 0           | 37 | 27.391 | 3           | 14 | 46.62 | 19.0844477 | 5          | 0           | 32 | 55.481 | 2           | 47     | 11.00 | 19.5898943 |            |            |
| 21   | 0           | 37 | 18.978 | 3           | 13 | 53.90 | 19.0897531 | 6          | 0           | 32 | 53.135 | 2           | 46     | 58.43 | 19.6055255 |            |            |
| 22   | 0           | 37 | 10.631 | 3           | 13 | 1.64  | 19.0953491 | 7          | 0           | 32 | 50.970 | 2           | 46     | 47.02 | 19.6212830 |            |            |
| 23   | 0           | 37 | 2.353  | 3           | 12 | 9.86  | 19.1012341 | 8          | 0           | 32 | 48.984 | 2           | 46     | 36.78 | 19.6371613 |            |            |
| 24   | 0           | 36 | 54.146 | 3           | 11 | 18.57 | 19.1074067 | 9          | 0           | 32 | 47.181 | 2           | 46     | 27.72 | 19.6531550 |            |            |
| 25   | 0           | 36 | 46.013 | 3           | 10 | 27.80 | 19.1138653 | 10         | 0           | 32 | 45.562 | 2           | 46     | 19.85 | 19.6692588 |            |            |
| 26   | 0           | 36 | 37.957 | 3           | 9  | 37.55 | 19.1206083 | 11         | 0           | 32 | 44.129 | 2           | 46     | 13.17 | 19.6854675 |            |            |
| 27   | 0           | 36 | 29.981 | 3           | 8  | 47.86 | 19.1276338 | 12         | 0           | 32 | 42.884 | 2           | 46     | 7.71  | 19.7017758 |            |            |
| 28   | 0           | 36 | 22.088 | 3           | 7  | 58.73 | 19.1349401 | 13         | 0           | 32 | 41.827 | 2           | 46     | 3.46  | 19.7181788 |            |            |
| 29   | 0           | 36 | 14.282 | 3           | 7  | 10.19 | 19.1425250 | 14         | 0           | 32 | 40.961 | 2           | 46     | 0.44  | 19.7346712 |            |            |
| 30   | 0           | 36 | 6.566  | 3           | 6  | 22.26 | 19.1503866 | 15         | 0           | 32 | 40.284 | 2           | 45     | 58.65 | 19.7512481 |            |            |
| 31   | 0           | 35 | 58.944 | 3           | 5  | 34.97 | 19.1585225 | 16         | 0           | 32 | 39.798 | 2           | 45     | 58.09 | 19.7679046 |            |            |
| Nov. | 1           | 0  | 35     | 51.421      | 3  | 4     | 48.35      | 19.1669305 | 17          | 0  | 32     | 39.501      | 2      | 45    | 58.76      | 19.7846355 |            |
| 2    | 0           | 35 | 44.002 | 3           | 4  | 2.42  | 19.1756078 | 18         | 0           | 32 | 39.394 | 2           | 46     | 0.65  | 19.8014359 |            |            |
| 3    | 0           | 35 | 36.691 | 3           | 3  | 17.21 | 19.1845519 | 19         | 0           | 32 | 39.476 | 2           | 46     | 3.76  | 19.8183010 |            |            |
| 4    | 0           | 35 | 29.493 | 3           | 2  | 32.75 | 19.1937598 | 20         | 0           | 32 | 39.747 | 2           | 46     | 8.09  | 19.8352256 |            |            |
| 5    | 0           | 35 | 22.411 | 3           | 1  | 49.07 | 19.2032284 | 21         | 0           | 32 | 40.206 | 2           | 46     | 13.63 | 19.8522048 |            |            |
| 6    | 0           | 35 | 15.447 | 3           | 1  | 6.18  | 19.2129543 | 22         | 0           | 32 | 40.853 | 2           | 46     | 20.39 | 19.8692335 |            |            |
| 7    | 0           | 35 | 8.604  | 3           | 0  | 24.10 | 19.2229340 | 23         | 0           | 32 | 41.689 | 2           | 46     | 28.36 | 19.8863067 |            |            |
| 8    | 0           | 35 | 1.883  | 2           | 59 | 42.83 | 19.2331640 | 24         | 0           | 32 | 42.714 | 2           | 46     | 37.54 | 19.9034194 |            |            |
| 9    | 0           | 34 | 55.285 | 2           | 59 | 2.39  | 19.2436405 | 25         | 0           | 32 | 43.929 | 2           | 46     | 47.94 | 19.9205663 |            |            |
| 10   | 0           | 34 | 48.813 | 2           | 58 | 22.77 | 19.2543597 | 26         | 0           | 32 | 45.334 | 2           | 46     | 59.57 | 19.9377423 |            |            |
| 11   | 0           | 34 | 42.468 | 2           | 57 | 44.00 | 19.2653179 | 27         | 0           | 32 | 46.932 | 2           | 47     | 12.42 | 19.9549422 |            |            |
| 12   | 0           | 34 | 36.255 | 2           | 57 | 6.09  | 19.2765110 | 28         | 0           | 32 | 48.723 | 2           | 47     | 26.51 | 19.9721606 |            |            |
| 13   | 0           | 34 | 30.176 | 2           | 56 | 29.08 | 19.2879355 | 29         | 0           | 32 | 50.708 | 2           | 47     | 41.84 | 19.9893922 |            |            |
| 14   | 0           | 34 | 24.236 | 2           | 55 | 52.97 | 19.2995875 | 30         | 0           | 32 | 52.886 | 2           | 47     | 58.41 | 20.0066315 |            |            |
| 15   | 0           | 34 | 18.438 | 2           | 55 | 17.80 | 19.3114632 | 31         | 0           | 32 | 55.258 | 2           | 48     | 16.22 | 20.0238730 |            |            |
| 16   | 0           | 34 | 12.785 | 2           | 54 | 43.58 | 19.3235588 | 32         | 0           | 32 | 57.821 | 2           | 48     | 35.25 | 20.0411108 |            |            |
| 17   | 0           | 34 | 7.280  | 2           | 54 | 10.33 | 19.3358707 | 33         | 0           | 33 | 0.574  | 2           | 48     | 55.49 | 20.0583394 |            |            |

## NEPTUNE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date  | asc. droite  | déclinaison  | distance     | Date         | asc. droite  | déclinaison  | distance     |              |              |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|       | h m s        | ° ' "        | ua           |              | h m s        | ° ' "        | ua           |              |              |
| Janv. | 0            | 22 13 13.460 | -11 40 17.70 | 30.595 200 4 | Févr.        | 15           | 22 19 5.975  | -11 7 14.01  | 30.971 129 4 |
|       | 1            | 22 13 19.531 | -11 39 43.43 | 30.608 638 8 |              | 16           | 22 19 14.624 | -11 6 25.40  | 30.972 990 4 |
|       | 2            | 22 13 25.696 | -11 39 8.64  | 30.621 889 8 |              | 17           | 22 19 23.285 | -11 5 36.72  | 30.974 562 0 |
|       | 3            | 22 13 31.953 | -11 38 33.33 | 30.634 949 6 |              | 18           | 22 19 31.956 | -11 4 48.00  | 30.975 844 2 |
|       | 4            | 22 13 38.302 | -11 37 57.50 | 30.647 814 4 |              | 19           | 22 19 40.635 | -11 3 59.23  | 30.976 837 3 |
|       | 5            | 22 13 44.742 | -11 37 21.15 | 30.660 480 4 |              | 20           | 22 19 49.318 | -11 3 10.45  | 30.977 541 3 |
|       | 6            | 22 13 51.274 | -11 36 44.29 | 30.672 943 7 |              | 21           | 22 19 58.004 | -11 2 21.67  | 30.977 956 6 |
|       | 7            | 22 13 57.898 | -11 36 6.91  | 30.685 200 5 |              | 22           | 22 20 6.689  | -11 1 32.90  | 30.978 083 4 |
|       | 8            | 22 14 4.612  | -11 35 29.03 | 30.697 246 9 |              | 23           | 22 20 15.370 | -11 0 44.15  | 30.977 922 3 |
|       | 9            | 22 14 11.415 | -11 34 50.67 | 30.709 079 1 |              | 24           | 22 20 24.046 | -10 59 55.44 | 30.977 473 6 |
|       | 10           | 22 14 18.304 | -11 34 11.83 | 30.720 693 2 |              | 25           | 22 20 32.714 | -10 59 6.78  | 30.976 737 8 |
|       | 11           | 22 14 25.276 | -11 33 32.55 | 30.732 085 4 |              | 26           | 22 20 41.372 | -10 58 18.17 | 30.975 715 5 |
|       | 12           | 22 14 32.327 | -11 32 52.85 | 30.743 252 1 |              | 27           | 22 20 50.019 | -10 57 29.62 | 30.974 407 0 |
|       | 13           | 22 14 39.452 | -11 32 12.74 | 30.754 189 7 |              | 28           | 22 20 58.655 | -10 56 41.13 | 30.972 813 1 |
| 14    | 22 14 46.651 | -11 31 32.22 | 30.764 895 1 | Mars         | 1            | 22 21 7.278  | -10 55 52.70 | 30.970 934 0 |              |
| 15    | 22 14 53.920 | -11 30 51.31 | 30.775 365 0 | 2            | 22 21 15.888 | -10 55 4.34  | 30.968 770 4 |              |              |
| 16    | 22 15 1.260  | -11 30 9.99  | 30.785 596 7 | 3            | 22 21 24.485 | -10 54 16.06 | 30.966 322 6 |              |              |
| 17    | 22 15 8.671  | -11 29 28.28 | 30.795 587 3 | 4            | 22 21 33.067 | -10 53 27.87 | 30.963 591 2 |              |              |
| 18    | 22 15 16.150 | -11 28 46.18 | 30.805 334 3 | 5            | 22 21 41.631 | -10 52 39.79 | 30.960 576 7 |              |              |
| 19    | 22 15 23.698 | -11 28 3.69  | 30.814 835 1 | 6            | 22 21 50.174 | -10 51 51.85 | 30.957 279 8 |              |              |
| 20    | 22 15 31.312 | -11 27 20.83 | 30.824 087 5 | 7            | 22 21 58.692 | -10 51 4.06  | 30.953 701 1 |              |              |
| 21    | 22 15 38.992 | -11 26 37.61 | 30.833 089 2 | 8            | 22 22 7.183  | -10 50 16.44 | 30.949 841 4 |              |              |
| 22    | 22 15 46.734 | -11 25 54.05 | 30.841 837 9 | 9            | 22 22 15.642 | -10 49 29.01 | 30.945 701 7 |              |              |
| 23    | 22 15 54.537 | -11 25 10.15 | 30.850 331 7 | 10           | 22 22 24.067 | -10 48 41.78 | 30.941 283 3 |              |              |
| 24    | 22 16 2.399  | -11 24 25.93 | 30.858 568 3 | 11           | 22 22 32.457 | -10 47 54.75 | 30.936 587 4 |              |              |
| 25    | 22 16 10.315 | -11 23 41.41 | 30.866 545 9 | 12           | 22 22 40.811 | -10 47 7.92  | 30.931 615 5 |              |              |
| 26    | 22 16 18.285 | -11 22 56.61 | 30.874 262 6 | 13           | 22 22 49.128 | -10 46 21.30 | 30.926 369 3 |              |              |
| 27    | 22 16 26.304 | -11 22 11.53 | 30.881 716 4 | 14           | 22 22 57.408 | -10 45 34.89 | 30.920 850 7 |              |              |
| 28    | 22 16 34.372 | -11 21 26.18 | 30.888 905 7 | 15           | 22 23 5.648  | -10 44 48.71 | 30.915 061 7 |              |              |
| 29    | 22 16 42.485 | -11 20 40.58 | 30.895 828 6 | 16           | 22 23 13.849 | -10 44 2.76  | 30.909 004 2 |              |              |
| 30    | 22 16 50.642 | -11 19 54.72 | 30.902 483 4 | 17           | 22 23 22.007 | -10 43 17.05 | 30.902 680 4 |              |              |
| Févr. | 31           | 22 16 58.842 | -11 19 8.62  | 30.908 868 2 | 18           | 22 23 30.121 | -10 42 31.61 | 30.896 092 7 |              |
|       | 1            | 22 17 7.085  | -11 18 22.27 | 30.914 981 4 | 19           | 22 23 38.188 | -10 41 46.45 | 30.889 243 3 |              |
|       | 2            | 22 17 15.370 | -11 17 35.67 | 30.920 821 1 | 20           | 22 23 46.206 | -10 41 1.58  | 30.882 134 5 |              |
|       | 3            | 22 17 23.697 | -11 16 48.84 | 30.926 385 5 | 21           | 22 23 54.172 | -10 40 17.02 | 30.874 768 8 |              |
|       | 4            | 22 17 32.064 | -11 16 1.78  | 30.931 673 1 | 22           | 22 24 2.084  | -10 39 32.78 | 30.867 148 6 |              |
|       | 5            | 22 17 40.469 | -11 15 14.50 | 30.936 681 9 | 23           | 22 24 9.940  | -10 38 48.87 | 30.859 276 5 |              |
|       | 6            | 22 17 48.910 | -11 14 27.04 | 30.941 410 3 | 24           | 22 24 17.737 | -10 38 5.30  | 30.851 154 9 |              |
|       | 7            | 22 17 57.384 | -11 13 39.41 | 30.945 856 7 | 25           | 22 24 25.474 | -10 37 22.08 | 30.842 786 5 |              |
|       | 8            | 22 18 5.887  | -11 12 51.62 | 30.950 019 6 | 26           | 22 24 33.150 | -10 36 39.21 | 30.834 173 6 |              |
|       | 9            | 22 18 14.414 | -11 12 3.72  | 30.953 897 5 | 27           | 22 24 40.764 | -10 35 56.69 | 30.825 319 0 |              |
|       | 10           | 22 18 22.963 | -11 11 15.69 | 30.957 489 4 | 28           | 22 24 48.315 | -10 35 14.53 | 30.816 225 0 |              |
|       | 11           | 22 18 31.531 | -11 10 27.56 | 30.960 794 2 | 29           | 22 24 55.805 | -10 34 32.72 | 30.806 894 1 |              |
|       | 12           | 22 18 40.117 | -11 9 39.32  | 30.963 811 1 | 30           | 22 25 3.232  | -10 33 51.27 | 30.797 328 8 |              |
|       | 13           | 22 18 48.720 | -11 8 50.98  | 30.966 539 5 | 31           | 22 25 10.595 | -10 33 10.19 | 30.787 531 4 |              |
| 14    | 22 18 57.340 | -11 8 2.54   | 30.968 979 0 | Avril        | 1            | 22 25 17.893 | -10 32 29.51 | 30.777 504 4 |              |

## NEPTUNE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date               | asc. droite     | déclinaison  | distance              | Date         | asc. droite         | déclinaison  | distance     |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|
|                    | h m s           | ° ' "        | ua                    |              | h m s               | ° ' "        | ua           |
| Avril              | 2 22 25 25.122  | -10 31 49.24 | 30.767 250 2          | Mai          | 18 22 29 17.584     | -10 10 43.98 | 30.110 938 6 |
|                    | 3 22 25 32.279  | -10 31 9.39  | 30.756 771 3          |              | 19 22 29 20.064     | -10 10 31.59 | 30.094 185 2 |
|                    | 4 22 25 39.362  | -10 30 30.00 | 30.746 070 5          |              | 20 22 29 22.422     | -10 10 19.90 | 30.077 398 4 |
|                    | 5 22 25 46.367  | -10 29 51.06 | 30.735 150 5          |              | 21 22 29 24.658     | -10 10 8.92  | 30.060 582 9 |
|                    | 6 22 25 53.292  | -10 29 12.59 | 30.724 014 2          |              | 22 22 29 26.772     | -10 9 58.63  | 30.043 743 3 |
|                    | 7 22 26 0.135   | -10 28 34.60 | 30.712 664 7          |              | 23 22 29 28.767     | -10 9 49.04  | 30.026 884 1 |
|                    | 8 22 26 6.897   | -10 27 57.08 | 30.701 105 3          |              | 24 22 29 30.644     | -10 9 40.14  | 30.010 009 8 |
|                    | 9 22 26 13.577  | -10 27 20.03 | 30.689 339 4          |              | 25 22 29 32.402     | -10 9 31.93  | 29.993 124 5 |
|                    | 10 22 26 20.174 | -10 26 43.46 | 30.677 370 4          |              | 26 22 29 34.041     | -10 9 24.43  | 29.976 232 7 |
|                    | 11 22 26 26.687 | -10 26 7.38  | 30.665 202 0          |              | 27 22 29 35.560     | -10 9 17.64  | 29.959 338 5 |
|                    | 12 22 26 33.117 | -10 25 31.78 | 30.652 837 9          |              | 28 22 29 36.955     | -10 9 11.59  | 29.942 446 3 |
|                    | 13 22 26 39.461 | -10 24 56.69 | 30.640 282 0          |              | 29 22 29 38.225     | -10 9 6.27   | 29.925 560 3 |
|                    | 14 22 26 45.718 | -10 24 22.11 | 30.627 538 1          |              | 30 22 29 39.368     | -10 9 1.71   | 29.908 685 0 |
|                    | 15 22 26 51.886 | -10 23 48.06 | 30.614 610 1          |              | 31 22 29 40.384     | -10 8 57.88  | 29.891 825 0 |
|                    | 16 22 26 57.962 | -10 23 14.55 | 30.601 502 0          |              | Juin 1 22 29 41.274 | -10 8 54.78  | 29.874 984 9 |
|                    | 17 22 27 3.946  | -10 22 41.59 | 30.588 217 8          |              | 2 22 29 42.039      | -10 8 52.40  | 29.858 169 7 |
| 18 22 27 9.835     | -10 22 9.19     | 30.574 761 4 | 3 22 29 42.680        | -10 8 50.74  | 29.841 384 1        |              |              |
| 19 22 27 15.627    | -10 21 37.37    | 30.561 137 0 | 4 22 29 43.198        | -10 8 49.79  | 29.824 633 1        |              |              |
| 20 22 27 21.321    | -10 21 6.12     | 30.547 348 5 | 5 22 29 43.593        | -10 8 49.56  | 29.807 921 6        |              |              |
| 21 22 27 26.914    | -10 20 35.45    | 30.533 400 0 | 6 22 29 43.867        | -10 8 50.03  | 29.791 254 7        |              |              |
| 22 22 27 32.408    | -10 20 5.37     | 30.519 295 4 | 7 22 29 44.018        | -10 8 51.21  | 29.774 637 3        |              |              |
| 23 22 27 37.800    | -10 19 35.87    | 30.505 038 9 | 8 22 29 44.048        | -10 8 53.11  | 29.758 074 4        |              |              |
| 24 22 27 43.091    | -10 19 6.95     | 30.490 634 3 | 9 22 29 43.955        | -10 8 55.72  | 29.741 571 1        |              |              |
| 25 22 27 48.282    | -10 18 38.62    | 30.476 085 6 | 10 22 29 43.739       | -10 8 59.05  | 29.725 132 4        |              |              |
| 26 22 27 53.374    | -10 18 10.86    | 30.461 396 5 | 11 22 29 43.400       | -10 9 3.10   | 29.708 763 1        |              |              |
| 27 22 27 58.365    | -10 17 43.68    | 30.446 570 8 | 12 22 29 42.938       | -10 9 7.87   | 29.692 468 2        |              |              |
| 28 22 28 3.256     | -10 17 17.11    | 30.431 612 3 | 13 22 29 42.351       | -10 9 13.37  | 29.676 252 6        |              |              |
| 29 22 28 8.044     | -10 16 51.15    | 30.416 524 6 | 14 22 29 41.641       | -10 9 19.57  | 29.660 121 0        |              |              |
| 30 22 28 12.726    | -10 16 25.82    | 30.401 311 5 | 15 22 29 40.808       | -10 9 26.49  | 29.644 078 1        |              |              |
| Mai 1 22 28 17.299 | -10 16 1.14     | 30.385 976 8 | 16 22 29 39.853       | -10 9 34.10  | 29.628 128 7        |              |              |
| 2 22 28 21.761     | -10 15 37.11    | 30.370 524 5 | 17 22 29 38.777       | -10 9 42.41  | 29.612 277 2        |              |              |
| 3 22 28 26.111     | -10 15 13.76    | 30.354 958 6 | 18 22 29 37.582       | -10 9 51.39  | 29.596 528 3        |              |              |
| 4 22 28 30.347     | -10 14 51.06    | 30.339 283 5 | 19 22 29 36.271       | -10 10 1.04  | 29.580 886 1        |              |              |
| 5 22 28 34.469     | -10 14 29.03    | 30.323 503 4 | 20 22 29 34.844       | -10 10 11.35 | 29.565 355 1        |              |              |
| 6 22 28 38.477     | -10 14 7.66     | 30.307 622 8 | 21 22 29 33.304       | -10 10 22.30 | 29.549 939 3        |              |              |
| 7 22 28 42.373     | -10 13 46.95    | 30.291 646 3 | 22 22 29 31.652       | -10 10 33.91 | 29.534 642 8        |              |              |
| 8 22 28 46.155     | -10 13 26.89    | 30.275 578 4 | 23 22 29 29.887       | -10 10 46.18 | 29.519 469 4        |              |              |
| 9 22 28 49.824     | -10 13 7.50     | 30.259 424 1 | 24 22 29 28.009       | -10 10 59.11 | 29.504 423 0        |              |              |
| 10 22 28 53.379    | -10 12 48.78    | 30.243 188 0 | 25 22 29 26.014       | -10 11 12.71 | 29.489 507 7        |              |              |
| 11 22 28 56.819    | -10 12 30.74    | 30.226 874 9 | 26 22 29 23.903       | -10 11 26.99 | 29.474 727 3        |              |              |
| 12 22 29 0.143     | -10 12 13.38    | 30.210 489 8 | 27 22 29 21.676       | -10 11 41.94 | 29.460 085 9        |              |              |
| 13 22 29 3.350     | -10 11 56.71    | 30.194 037 5 | 28 22 29 19.334       | -10 11 57.54 | 29.445 587 7        |              |              |
| 14 22 29 6.439     | -10 11 40.74    | 30.177 522 9 | 29 22 29 16.879       | -10 12 13.78 | 29.431 236 9        |              |              |
| 15 22 29 9.407     | -10 11 25.48    | 30.160 950 9 | 30 22 29 14.314       | -10 12 30.64 | 29.417 037 8        |              |              |
| 16 22 29 12.255    | -10 11 10.93    | 30.144 326 3 | Juill. 1 22 29 11.640 | -10 12 48.12 | 29.402 994 8        |              |              |
| 17 22 29 14.981    | -10 10 57.10    | 30.127 653 9 | 2 22 29 8.858         | -10 13 6.20  | 29.389 112 2        |              |              |



## NEPTUNE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date               | asc. droite     | déclinaison  | distance           | Date         | asc. droite          | déclinaison  | distance   |
|--------------------|-----------------|--------------|--------------------|--------------|----------------------|--------------|------------|
|                    | h m s           | ° ' "        | ua                 |              | h m s                | ° ' "        | ua         |
| Juill.             | 3 22 29 5.972   | -10 13 24.89 | 29.3753945         | Août         | 18 22 25 22.943      | -10 36 4.15  | 28.9832967 |
|                    | 4 22 29 2.981   | -10 13 44.16 | 29.3618458         |              | 19 22 25 16.827      | -10 36 40.35 | 28.9809724 |
|                    | 5 22 28 59.886  | -10 14 4.03  | 29.3484706         |              | 20 22 25 10.688      | -10 37 16.64 | 28.9789388 |
|                    | 6 22 28 56.689  | -10 14 24.48 | 29.3352731         |              | 21 22 25 4.528       | -10 37 53.03 | 28.9771966 |
|                    | 7 22 28 53.389  | -10 14 45.52 | 29.3222575         |              | 22 22 24 58.349      | -10 38 29.48 | 28.9757464 |
|                    | 8 22 28 49.987  | -10 15 7.14  | 29.3094279         |              | 23 22 24 52.155      | -10 39 5.98  | 28.9745887 |
|                    | 9 22 28 46.483  | -10 15 29.33 | 29.2967885         |              | 24 22 24 45.949      | -10 39 42.49 | 28.9737244 |
|                    | 10 22 28 42.880 | -10 15 52.10 | 29.2843431         |              | 25 22 24 39.735      | -10 40 19.02 | 28.9731540 |
|                    | 11 22 28 39.176 | -10 16 15.42 | 29.2720957         |              | 26 22 24 33.516      | -10 40 55.52 | 28.9728783 |
|                    | 12 22 28 35.375 | -10 16 39.30 | 29.2600501         |              | 27 22 24 27.295      | -10 41 32.01 | 28.9728979 |
|                    | 13 22 28 31.477 | -10 17 3.70  | 29.2482100         |              | 28 22 24 21.074      | -10 42 8.46  | 28.9732131 |
|                    | 14 22 28 27.486 | -10 17 28.63 | 29.2365789         |              | 29 22 24 14.854      | -10 42 44.87 | 28.9738245 |
|                    | 15 22 28 23.403 | -10 17 54.06 | 29.2251603         |              | 30 22 24 8.638       | -10 43 21.23 | 28.9747324 |
|                    | 16 22 28 19.231 | -10 18 19.97 | 29.2139576         |              | 31 22 24 2.427       | -10 43 57.53 | 28.9759369 |
|                    | 17 22 28 14.973 | -10 18 46.35 | 29.2029739         |              | Sept. 1 22 23 56.222 | -10 44 33.75 | 28.9774382 |
|                    | 18 22 28 10.633 | -10 19 13.19 | 29.1922123         |              | 2 22 23 50.027       | -10 45 9.90  | 28.9792362 |
|                    | 19 22 28 6.211  | -10 19 40.48 | 29.1816756         |              | 3 22 23 43.842       | -10 45 45.94 | 28.9813308 |
| 20 22 28 1.710     | -10 20 8.21     | 29.1713666   | 4 22 23 37.670     | -10 46 21.88 | 28.9837216           |              |            |
| 21 22 27 57.129    | -10 20 36.40    | 29.1612880   | 5 22 23 31.513     | -10 46 57.69 | 28.9864083           |              |            |
| 22 22 27 52.467    | -10 21 5.04     | 29.1514425   | 6 22 23 25.375     | -10 47 33.34 | 28.9893902           |              |            |
| 23 22 27 47.726    | -10 21 34.12    | 29.1418327   | 7 22 23 19.259     | -10 48 8.83  | 28.9926665           |              |            |
| 24 22 27 42.905    | -10 22 3.65     | 29.1324612   | 8 22 23 13.167     | -10 48 44.13 | 28.9962364           |              |            |
| 25 22 27 38.005    | -10 22 33.61    | 29.1233307   | 9 22 23 7.105      | -10 49 19.21 | 29.0000987           |              |            |
| 26 22 27 33.029    | -10 23 3.97     | 29.1144441   | 10 22 23 1.076     | -10 49 54.07 | 29.0042522           |              |            |
| 27 22 27 27.981    | -10 23 34.72    | 29.1058042   | 11 22 22 55.082    | -10 50 28.69 | 29.0086954           |              |            |
| 28 22 27 22.863    | -10 24 5.83     | 29.0974139   | 12 22 22 49.126    | -10 51 3.06  | 29.0134267           |              |            |
| 29 22 27 17.679    | -10 24 37.30    | 29.0892761   | 13 22 22 43.210    | -10 51 37.18 | 29.0184445           |              |            |
| 30 22 27 12.431    | -10 25 9.11     | 29.0813937   | 14 22 22 37.333    | -10 52 11.04 | 29.0237469           |              |            |
| 31 22 27 7.120     | -10 25 41.25    | 29.0737694   | 15 22 22 31.498    | -10 52 44.65 | 29.0293321           |              |            |
| Août 1 22 27 1.748 | -10 26 13.72    | 29.0664059   | 16 22 22 25.704    | -10 53 17.98 | 29.0351982           |              |            |
| 2 22 26 56.318     | -10 26 46.50    | 29.0593060   | 17 22 22 19.954    | -10 53 51.05 | 29.0413434           |              |            |
| 3 22 26 50.830     | -10 27 19.59    | 29.0524721   | 18 22 22 14.248    | -10 54 23.81 | 29.0477657           |              |            |
| 4 22 26 45.286     | -10 27 52.98    | 29.0459069   | 19 22 22 8.590     | -10 54 56.26 | 29.0544634           |              |            |
| 5 22 26 39.686     | -10 28 26.66    | 29.0396126   | 20 22 22 2.984     | -10 55 28.38 | 29.0614346           |              |            |
| 6 22 26 34.033     | -10 29 0.63     | 29.0335915   | 21 22 21 57.433    | -10 56 0.14  | 29.0686776           |              |            |
| 7 22 26 28.328     | -10 29 34.86    | 29.0278459   | 22 22 21 51.940    | -10 56 31.52 | 29.0761905           |              |            |
| 8 22 26 22.574     | -10 30 9.35     | 29.0223777   | 23 22 21 46.508    | -10 57 2.53  | 29.0839715           |              |            |
| 9 22 26 16.772     | -10 30 44.07    | 29.0171888   | 24 22 21 41.139    | -10 57 33.15 | 29.0920187           |              |            |
| 10 22 26 10.926    | -10 31 19.00    | 29.0122810   | 25 22 21 35.834    | -10 58 3.37  | 29.1003301           |              |            |
| 11 22 26 5.039     | -10 31 54.14    | 29.0076558   | 26 22 21 30.596    | -10 58 33.18 | 29.1089037           |              |            |
| 12 22 25 59.114    | -10 32 29.44    | 29.0033149   | 27 22 21 25.425    | -10 59 2.59  | 29.1177371           |              |            |
| 13 22 25 53.156    | -10 33 4.91     | 28.9992593   | 28 22 21 20.323    | -10 59 31.58 | 29.1268281           |              |            |
| 14 22 25 47.166    | -10 33 40.51    | 28.9954902   | 29 22 21 15.291    | -11 0 0.14   | 29.1361744           |              |            |
| 15 22 25 41.148    | -10 34 16.25    | 28.9920086   | 30 22 21 10.331    | -11 0 28.26  | 29.1457732           |              |            |
| 16 22 25 35.104    | -10 34 52.10    | 28.9888154   | Oct. 1 22 21 5.444 | -11 0 55.93  | 29.1556221           |              |            |
| 17 22 25 29.036    | -10 35 28.07    | 28.9859112   | 2 22 21 0.634      | -11 1 23.14  | 29.1657182           |              |            |

## NEPTUNE 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

| Date | asc. droite |    |        | déclinaison |     |       | distance    | Date        | asc. droite |    |        | déclinaison |        |       | distance    |             |             |
|------|-------------|----|--------|-------------|-----|-------|-------------|-------------|-------------|----|--------|-------------|--------|-------|-------------|-------------|-------------|
|      | h           | m  | s      | °           | '   | "     | ua          |             | h           | m  | s      | °           | '      | "     | ua          |             |             |
| Oct. | 3           | 22 | 20     | 55.901      | -11 | 1     | 49.88       | 29.176058 5 | Nov.        | 18 | 22     | 19          | 11.693 | -11   | 11          | 12.94       | 29.847970 3 |
|      | 4           | 22 | 20     | 51.249      | -11 | 2     | 16.11       | 29.186640 0 |             | 19 | 22     | 19          | 12.297 | -11   | 11          | 8.65        | 29.865148 3 |
|      | 5           | 22 | 20     | 46.682      | -11 | 2     | 41.83       | 29.197459 6 |             | 20 | 22     | 19          | 13.032 | -11   | 11          | 3.61        | 29.882356 8 |
|      | 6           | 22 | 20     | 42.201      | -11 | 3     | 7.02        | 29.208513 7 |             | 21 | 22     | 19          | 13.898 | -11   | 10          | 57.84       | 29.899590 8 |
|      | 7           | 22 | 20     | 37.811      | -11 | 3     | 31.66       | 29.219798 8 |             | 22 | 22     | 19          | 14.894 | -11   | 10          | 51.33       | 29.916845 4 |
|      | 8           | 22 | 20     | 33.513      | -11 | 3     | 55.74       | 29.231311 2 |             | 23 | 22     | 19          | 16.020 | -11   | 10          | 44.09       | 29.934115 5 |
|      | 9           | 22 | 20     | 29.311      | -11 | 4     | 19.27       | 29.243047 1 |             | 24 | 22     | 19          | 17.274 | -11   | 10          | 36.12       | 29.951396 0 |
|      | 10          | 22 | 20     | 25.204      | -11 | 4     | 42.23       | 29.255002 5 |             | 25 | 22     | 19          | 18.657 | -11   | 10          | 27.42       | 29.968681 9 |
|      | 11          | 22 | 20     | 21.194      | -11 | 5     | 4.63        | 29.267173 4 |             | 26 | 22     | 19          | 20.170 | -11   | 10          | 17.98       | 29.985968 0 |
|      | 12          | 22 | 20     | 17.279      | -11 | 5     | 26.47       | 29.279555 7 |             | 27 | 22     | 19          | 21.811 | -11   | 10          | 7.80        | 30.003249 0 |
|      | 13          | 22 | 20     | 13.461      | -11 | 5     | 47.75       | 29.292145 5 |             | 28 | 22     | 19          | 23.582 | -11   | 9           | 56.88       | 30.020519 7 |
|      | 14          | 22 | 20     | 9.740       | -11 | 6     | 8.46        | 29.304938 5 |             | 29 | 22     | 19          | 25.484 | -11   | 9           | 45.21       | 30.037774 7 |
| 15   | 22          | 20 | 6.117  | -11         | 6   | 28.59 | 29.317930 9 | 30          | 22          | 19 | 27.517 | -11         | 9      | 32.79 | 30.055008 7 |             |             |
| 16   | 22          | 20 | 2.593  | -11         | 6   | 48.12 | 29.331118 7 | Déc.        | 1           | 22 | 19     | 29.683      | -11    | 9     | 19.61       | 30.072216 2 |             |
| 17   | 22          | 19 | 59.173 | -11         | 7   | 7.04  | 29.344497 9 |             | 2           | 22 | 19     | 31.982      | -11    | 9     | 5.68        | 30.089391 6 |             |
| 18   | 22          | 19 | 55.858 | -11         | 7   | 25.34 | 29.358064 6 | 3           | 22          | 19 | 34.415 | -11         | 8      | 50.99 | 30.106529 2 |             |             |
| 19   | 22          | 19 | 52.651 | -11         | 7   | 42.99 | 29.371815 0 | 4           | 22          | 19 | 36.978 | -11         | 8      | 35.58 | 30.123623 5 |             |             |
| 20   | 22          | 19 | 49.553 | -11         | 8   | 0.00  | 29.385745 2 | 5           | 22          | 19 | 39.670 | -11         | 8      | 19.45 | 30.140668 8 |             |             |
| 21   | 22          | 19 | 46.567 | -11         | 8   | 16.36 | 29.399851 2 | 6           | 22          | 19 | 42.489 | -11         | 8      | 2.62  | 30.157659 4 |             |             |
| 22   | 22          | 19 | 43.693 | -11         | 8   | 32.07 | 29.414129 3 | 7           | 22          | 19 | 45.431 | -11         | 7      | 45.10 | 30.174590 1 |             |             |
| 23   | 22          | 19 | 40.933 | -11         | 8   | 47.12 | 29.428575 3 | 8           | 22          | 19 | 48.496 | -11         | 7      | 26.88 | 30.191455 4 |             |             |
| 24   | 22          | 19 | 38.286 | -11         | 9   | 1.51  | 29.443185 2 | 9           | 22          | 19 | 51.683 | -11         | 7      | 7.97  | 30.208250 2 |             |             |
| 25   | 22          | 19 | 35.752 | -11         | 9   | 15.25 | 29.457954 7 | 10          | 22          | 19 | 54.992 | -11         | 6      | 48.36 | 30.224969 5 |             |             |
| 26   | 22          | 19 | 33.334 | -11         | 9   | 28.33 | 29.472879 8 | 11          | 22          | 19 | 58.425 | -11         | 6      | 28.05 | 30.241608 4 |             |             |
| 27   | 22          | 19 | 31.030 | -11         | 9   | 40.74 | 29.487956 0 | 12          | 22          | 20 | 1.981  | -11         | 6      | 7.03  | 30.258162 0 |             |             |
| 28   | 22          | 19 | 28.842 | -11         | 9   | 52.48 | 29.503179 0 | 13          | 22          | 20 | 5.660  | -11         | 5      | 45.32 | 30.274625 8 |             |             |
| 29   | 22          | 19 | 26.771 | -11         | 10  | 3.54  | 29.518544 1 | 14          | 22          | 20 | 9.462  | -11         | 5      | 22.91 | 30.290995 0 |             |             |
| 30   | 22          | 19 | 24.819 | -11         | 10  | 13.91 | 29.534046 9 | 15          | 22          | 20 | 13.385 | -11         | 4      | 59.81 | 30.307265 1 |             |             |
| 31   | 22          | 19 | 22.986 | -11         | 10  | 23.59 | 29.549682 6 | 16          | 22          | 20 | 17.430 | -11         | 4      | 36.04 | 30.323431 5 |             |             |
| Nov. | 1           | 22 | 19     | 21.274      | -11 | 10    | 32.55       | 29.565446 4 | 17          | 22 | 20     | 21.593      | -11    | 4     | 11.60       | 30.339489 8 |             |
|      | 2           | 22 | 19     | 19.687      | -11 | 10    | 40.78       | 29.581333 4 | 18          | 22 | 20     | 25.874      | -11    | 3     | 46.50       | 30.355435 4 |             |
|      | 3           | 22 | 19     | 18.226      | -11 | 10    | 48.29       | 29.597338 4 | 19          | 22 | 20     | 30.270      | -11    | 3     | 20.76       | 30.371263 9 |             |
|      | 4           | 22 | 19     | 16.893      | -11 | 10    | 55.05       | 29.613456 3 | 20          | 22 | 20     | 34.780      | -11    | 2     | 54.38       | 30.386970 8 |             |
|      | 5           | 22 | 19     | 15.690      | -11 | 11    | 1.07        | 29.629681 7 | 21          | 22 | 20     | 39.402      | -11    | 2     | 27.37       | 30.402551 7 |             |
|      | 6           | 22 | 19     | 14.615      | -11 | 11    | 6.35        | 29.646009 3 | 22          | 22 | 20     | 44.136      | -11    | 1     | 59.73       | 30.418002 1 |             |
|      | 7           | 22 | 19     | 13.670      | -11 | 11    | 10.91       | 29.662433 6 | 23          | 22 | 20     | 48.979      | -11    | 1     | 31.48       | 30.433317 4 |             |
|      | 8           | 22 | 19     | 12.852      | -11 | 11    | 14.74       | 29.678949 1 | 24          | 22 | 20     | 53.931      | -11    | 1     | 2.60        | 30.448493 4 |             |
|      | 9           | 22 | 19     | 12.161      | -11 | 11    | 17.87       | 29.695550 5 | 25          | 22 | 20     | 58.992      | -11    | 0     | 33.10       | 30.463525 3 |             |
|      | 10          | 22 | 19     | 11.595      | -11 | 11    | 20.27       | 29.712232 4 | 26          | 22 | 21     | 4.162       | -11    | 0     | 2.98        | 30.478408 9 |             |
|      | 11          | 22 | 19     | 11.155      | -11 | 11    | 21.96       | 29.728989 5 | 27          | 22 | 21     | 9.440       | -10    | 59    | 32.24       | 30.493139 5 |             |
| 12   | 22          | 19 | 10.842 | -11         | 11  | 22.91 | 29.745816 7 | 28          | 22          | 21 | 14.827 | -10         | 59     | 0.88  | 30.507712 6 |             |             |
| 13   | 22          | 19 | 10.656 | -11         | 11  | 23.13 | 29.762708 9 | 29          | 22          | 21 | 20.321 | -10         | 58     | 28.91 | 30.522123 7 |             |             |
| 14   | 22          | 19 | 10.600 | -11         | 11  | 22.60 | 29.779661 0 | 30          | 22          | 21 | 25.923 | -10         | 57     | 56.34 | 30.536368 1 |             |             |
| 15   | 22          | 19 | 10.675 | -11         | 11  | 21.32 | 29.796668 1 | 31          | 22          | 21 | 31.631 | -10         | 57     | 23.17 | 30.550441 3 |             |             |
| 16   | 22          | 19 | 10.882 | -11         | 11  | 19.28 | 29.813725 3 | 32          | 22          | 21 | 37.441 | -10         | 56     | 49.44 | 30.564338 7 |             |             |
| 17   | 22          | 19 | 11.221 | -11         | 11  | 16.49 | 29.830827 6 | 33          | 22          | 21 | 43.351 | -10         | 56     | 15.17 | 30.578055 7 |             |             |



## PLUTON ET ASTÉROÏDES

Coordonnées géocentriques :  
Ascension droite et déclinaison astrométriques, distance à la Terre.

|              |        |
|--------------|--------|
| PLUTON ..... | II. 92 |
| CÉRÈS .....  | II. 93 |
| PALLAS ..... | II. 94 |
| JUNON .....  | II. 95 |
| VESTA .....  | II. 96 |

## PLUTON 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  | asc. droite | déclinaison  | distance     | Date         | asc. droite | déclinaison  | distance     |              |              |
|-------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|       | h m s       | ° ' "        | ua           |              | h m s       | ° ' "        | ua           |              |              |
| Janv. | 0           | 18 38 40.329 | -19 48 13.33 | 33.341007 70 | Juill.      | 3            | 18 42 46.605 | -19 50 17.19 | 31.450412 39 |
|       | 4           | 18 39 16.405 | -19 48 1.06  | 33.340399 36 |             | 7            | 18 42 21.125 | -19 51 9.63  | 31.456162 23 |
|       | 8           | 18 39 52.325 | -19 47 46.72 | 33.335120 78 |             | 11           | 18 41 55.841 | -19 52 3.31  | 31.466581 50 |
|       | 12          | 18 40 27.951 | -19 47 30.49 | 33.325183 72 |             | 15           | 18 41 30.914 | -19 52 58.04 | 31.481627 48 |
|       | 16          | 18 41 3.136  | -19 47 12.56 | 33.310638 80 |             | 19           | 18 41 6.496  | -19 53 53.63 | 31.501222 22 |
|       | 20          | 18 41 37.739 | -19 46 53.13 | 33.291581 54 | 23          | 18 40 42.730 | -19 54 49.92 | 31.525263 05 |              |
|       | 24          | 18 42 11.631 | -19 46 32.40 | 33.268132 98 | 27          | 18 40 19.746 | -19 55 46.75 | 31.553644 80 |              |
|       | 28          | 18 42 44.690 | -19 46 10.57 | 33.240423 96 | 31          | 18 39 57.676 | -19 56 43.95 | 31.586265 78 |              |
| Févr. | 1           | 18 43 16.799 | -19 45 47.83 | 33.208592 86 | Août        | 4            | 18 39 36.656 | -19 57 41.35 | 31.623004 00 |
|       | 5           | 18 43 47.843 | -19 45 24.40 | 33.172781 91 |             | 8            | 18 39 16.823 | -19 58 38.75 | 31.663705 67 |
|       | 9           | 18 44 17.701 | -19 45 0.52  | 33.133149 80 |             | 12           | 18 38 58.305 | -19 59 35.98 | 31.708183 59 |
|       | 13          | 18 44 46.250 | -19 44 36.44 | 33.089891 68 |             | 16           | 18 38 41.219 | -20 0 32.86  | 31.756222 15 |
|       | 17          | 18 45 13.379 | -19 44 12.43 | 33.043241 28 |             | 20           | 18 38 25.667 | -20 1 29.24  | 31.807588 15 |
|       | 21          | 18 45 38.989 | -19 43 48.69 | 32.993448 98 | 24          | 18 38 11.735 | -20 2 24.98  | 31.862055 05 |              |
|       | 25          | 18 46 2.993  | -19 43 25.47 | 32.940769 00 | 28          | 18 37 59.507 | -20 3 19.93  | 31.919401 81 |              |
| Mars  | 1           | 18 46 25.314 | -19 43 2.97  | 32.885454 27 | Sept.       | 1            | 18 37 49.071 | -20 4 13.92  | 31.979390 67 |
|       | 5           | 18 46 45.875 | -19 42 41.43 | 32.827755 45 |             | 5            | 18 37 40.507 | -20 5 6.78   | 32.041757 61 |
|       | 9           | 18 47 4.598  | -19 42 21.08 | 32.767935 56 |             | 9            | 18 37 33.884 | -20 5 58.36  | 32.106213 12 |
|       | 13          | 18 47 21.409 | -19 42 2.16  | 32.706288 37 |             | 13           | 18 37 29.257 | -20 6 48.52  | 32.172447 02 |
|       | 17          | 18 47 36.246 | -19 41 44.89 | 32.643134 22 |             | 17           | 18 37 26.662 | -20 7 37.14  | 32.240145 47 |
|       | 21          | 18 47 49.066 | -19 41 29.46 | 32.578799 23 | 21          | 18 37 26.122 | -20 8 24.09  | 32.309010 58 |              |
|       | 25          | 18 47 59.838 | -19 41 16.04 | 32.513602 71 | 25          | 18 37 27.655 | -20 9 9.24   | 32.378755 01 |              |
|       | 29          | 18 48 8.542  | -19 41 4.79  | 32.447852 69 | 29          | 18 37 31.282 | -20 9 52.47  | 32.449082 12 |              |
| Avril | 2           | 18 48 15.161 | -19 40 55.88 | 32.381845 59 | Oct.        | 3            | 18 37 37.014 | -20 10 33.63 | 32.519676 69 |
|       | 6           | 18 48 19.677 | -19 40 49.45 | 32.315884 36 |             | 7            | 18 37 44.852 | -20 11 12.61 | 32.590208 65 |
|       | 10          | 18 48 22.080 | -19 40 45.67 | 32.250294 35 |             | 11           | 18 37 54.779 | -20 11 49.30 | 32.660337 48 |
|       | 14          | 18 48 22.376 | -19 40 44.64 | 32.185414 18 |             | 15           | 18 38 6.762  | -20 12 23.63 | 32.729733 75 |
|       | 18          | 18 48 20.589 | -19 40 46.46 | 32.121574 64 |             | 19           | 18 38 20.755 | -20 12 55.51 | 32.798094 55 |
|       | 22          | 18 48 16.757 | -19 40 51.18 | 32.059089 70 | 23          | 18 38 36.713 | -20 13 24.85 | 32.865133 66 |              |
|       | 26          | 18 48 10.927 | -19 40 58.85 | 31.998250 95 | 27          | 18 38 54.591 | -20 13 51.58 | 32.930562 74 |              |
| Mai   | 30          | 18 48 3.151  | -19 41 9.50  | 31.939329 77 | Nov.        | 31           | 18 39 14.336 | -20 14 15.60 | 32.994085 98 |
|       | 4           | 18 47 53.477 | -19 41 23.19 | 31.882597 54 |             | 4            | 18 39 35.883 | -20 14 36.86 | 33.055402 07 |
|       | 8           | 18 47 41.964 | -19 41 39.94 | 31.828340 37 |             | 8            | 18 39 59.156 | -20 14 55.32 | 33.114211 26 |
|       | 12          | 18 47 28.690 | -19 41 59.72 | 31.776843 18 |             | 12           | 18 40 24.060 | -20 15 10.96 | 33.170238 07 |
|       | 16          | 18 47 13.745 | -19 42 22.50 | 31.728371 85 |             | 16           | 18 40 50.495 | -20 15 23.78 | 33.223243 76 |
|       | 20          | 18 46 57.235 | -19 42 48.22 | 31.683165 10 | 20          | 18 41 18.364 | -20 15 33.75 | 33.273010 99 |              |
|       | 24          | 18 46 39.270 | -19 43 16.79 | 31.641431 14 | 24          | 18 41 47.570 | -20 15 40.88 | 33.319327 88 |              |
|       | 28          | 18 46 19.962 | -19 43 48.14 | 31.603351 69 | 28          | 18 42 18.012 | -20 15 45.16 | 33.361983 89 |              |
| Juin  | 1           | 18 45 59.416 | -19 44 22.20 | 31.569103 19 | Déc.        | 2            | 18 42 49.580 | -20 15 46.62 | 33.400772 39 |
|       | 5           | 18 45 37.751 | -19 44 58.88 | 31.538871 20 |             | 6            | 18 43 22.154 | -20 15 45.33 | 33.435498 00 |
|       | 9           | 18 45 15.097 | -19 45 38.06 | 31.512827 56 |             | 10           | 18 43 55.599 | -20 15 41.35 | 33.466000 22 |
|       | 13          | 18 44 51.597 | -19 46 19.59 | 31.491116 71 |             | 14           | 18 44 29.780 | -20 15 34.78 | 33.492162 30 |
|       | 17          | 18 44 27.402 | -19 47 3.31  | 31.473849 23 |             | 18           | 18 45 4.571  | -20 15 25.70 | 33.513891 68 |
|       | 21          | 18 44 2.662  | -19 47 49.09 | 31.461100 50 | 22          | 18 45 39.847 | -20 15 14.21 | 33.531104 88 |              |
|       | 25          | 18 43 37.522 | -19 48 36.75 | 31.452916 63 | 26          | 18 46 15.480 | -20 15 0.41  | 33.543726 27 |              |
|       | 29          | 18 43 12.122 | -19 49 26.17 | 31.449339 10 | 30          | 18 46 51.340 | -20 14 44.44 | 33.551689 27 |              |

## CÉRÈS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date    | asc. droite |   |    | déclinaison |    |    | distance<br>ua | Date  | asc. droite |    |        | déclinaison |    |    | distance<br>ua |    |    |       |       |     |    |
|---------|-------------|---|----|-------------|----|----|----------------|-------|-------------|----|--------|-------------|----|----|----------------|----|----|-------|-------|-----|----|
|         | h           | m | s  | °           | '  | "  |                |       | h           | m  | s      | °           | '  | "  |                |    |    |       |       |     |    |
| Janv.   | 0           | 5 | 32 | 9.600       | 25 | 57 | 51.64          | 1.700 | 470         | 60 | Juill. | 3           | 8  | 33 | 29.728         | 25 | 16 | 47.23 | 3.460 | 574 | 02 |
|         | 4           | 5 | 28 | 24.200      | 26 | 9  | 21.96          | 1.714 | 808         | 03 |        | 7           | 8  | 41 | 1.663          | 24 | 52 | 44.06 | 3.478 | 292 | 16 |
|         | 8           | 5 | 24 | 56.785      | 26 | 20 | 3.60           | 1.733 | 417         | 85 |        | 11          | 8  | 48 | 33.334         | 24 | 27 | 31.70 | 3.494 | 308 | 94 |
|         | 12          | 5 | 21 | 51.152      | 26 | 30 | 0.70           | 1.756 | 098         | 69 |        | 15          | 8  | 56 | 4.417          | 24 | 1  | 12.57 | 3.508 | 609 | 04 |
|         | 16          | 5 | 19 | 10.566      | 26 | 39 | 19.00          | 1.782 | 595         | 31 |        | 19          | 9  | 3  | 34.611         | 23 | 33 | 49.16 | 3.521 | 190 | 99 |
| Févr.   | 20          | 5 | 16 | 57.469      | 26 | 48 | 5.22           | 1.812 | 609         | 79 | Août   | 23          | 9  | 11 | 3.689          | 23 | 5  | 23.77 | 3.532 | 066 | 30 |
|         | 24          | 5 | 15 | 13.457      | 26 | 56 | 26.13          | 1.845 | 831         | 87 |        | 27          | 9  | 18 | 31.531         | 22 | 35 | 58.54 | 3.541 | 241 | 60 |
|         | 28          | 5 | 13 | 59.456      | 27 | 4  | 27.88          | 1.881 | 958         | 47 |        | 31          | 9  | 25 | 58.050         | 22 | 5  | 35.96 | 3.548 | 701 | 51 |
|         | 1           | 5 | 13 | 15.858      | 27 | 12 | 15.65          | 1.920 | 698         | 19 |        | 4           | 9  | 33 | 23.114         | 21 | 34 | 19.04 | 3.554 | 421 | 47 |
|         | 5           | 5 | 13 | 2.711       | 27 | 19 | 53.43          | 1.961 | 774         | 57 |        | 8           | 9  | 40 | 46.554         | 21 | 2  | 11.11 | 3.558 | 381 | 62 |
| Mars    | 9           | 5 | 13 | 19.826      | 27 | 27 | 24.10          | 2.004 | 912         | 92 | Sept.  | 12          | 9  | 48 | 8.181          | 20 | 29 | 15.68 | 3.560 | 572 | 78 |
|         | 13          | 5 | 14 | 6.745       | 27 | 34 | 49.63          | 2.049 | 826         | 19 |        | 16          | 9  | 55 | 27.822         | 19 | 55 | 36.23 | 3.560 | 999 | 29 |
|         | 17          | 5 | 15 | 22.628      | 27 | 42 | 11.00          | 2.096 | 223         | 79 |        | 20          | 10 | 2  | 45.357         | 19 | 21 | 15.97 | 3.559 | 679 | 64 |
|         | 21          | 5 | 17 | 6.318       | 27 | 49 | 27.99          | 2.143 | 835         | 79 |        | 24          | 10 | 10 | 0.762          | 18 | 46 | 17.89 | 3.556 | 627 | 00 |
|         | 25          | 5 | 19 | 16.503      | 27 | 56 | 39.27          | 2.192 | 421         | 17 |        | 28          | 10 | 17 | 14.044         | 18 | 10 | 45.18 | 3.551 | 835 | 15 |
| Avril   | 1           | 5 | 21 | 51.831      | 28 | 3  | 42.51          | 2.241 | 767         | 93 | Oct.   | 1           | 10 | 24 | 25.163         | 17 | 34 | 41.57 | 3.545 | 286 | 70 |
|         | 5           | 5 | 24 | 51.017      | 28 | 10 | 34.63          | 2.291 | 688         | 77 |        | 5           | 10 | 31 | 34.031         | 16 | 58 | 11.08 | 3.536 | 968 | 52 |
|         | 9           | 5 | 28 | 12.891      | 28 | 17 | 12.04          | 2.342 | 002         | 64 |        | 9           | 10 | 38 | 40.528         | 16 | 21 | 17.89 | 3.526 | 876 | 97 |
|         | 13          | 5 | 31 | 56.299      | 28 | 23 | 31.00          | 2.392 | 520         | 45 |        | 13          | 10 | 45 | 44.527         | 15 | 44 | 6.14  | 3.515 | 024 | 17 |
|         | 17          | 5 | 35 | 59.984      | 28 | 29 | 27.63          | 2.443 | 054         | 52 |        | 17          | 10 | 52 | 45.948         | 15 | 6  | 39.67 | 3.501 | 436 | 06 |
| Mai     | 21          | 5 | 40 | 22.619      | 28 | 34 | 57.79          | 2.493 | 436         | 64 | Nov.   | 21          | 10 | 59 | 44.792         | 14 | 29 | 1.97  | 3.486 | 135 | 42 |
|         | 25          | 5 | 45 | 2.892       | 28 | 39 | 57.14          | 2.543 | 524         | 20 |        | 25          | 11 | 6  | 41.078         | 13 | 51 | 16.75 | 3.469 | 126 | 55 |
|         | 29          | 5 | 49 | 59.562      | 28 | 44 | 21.19          | 2.593 | 199         | 41 |        | 29          | 11 | 13 | 34.783         | 13 | 13 | 28.17 | 3.450 | 402 | 97 |
|         | 2           | 5 | 55 | 11.532      | 28 | 48 | 5.31           | 2.642 | 364         | 27 |        | 3           | 11 | 20 | 25.819         | 12 | 35 | 40.73 | 3.429 | 961 | 53 |
|         | 6           | 6 | 0  | 37.861      | 28 | 51 | 5.03           | 2.690 | 920         | 47 |        | 7           | 11 | 27 | 14.052         | 11 | 57 | 59.08 | 3.407 | 808 | 05 |
| Juin    | 10          | 6 | 6  | 17.648      | 28 | 53 | 16.22          | 2.738 | 757         | 07 | Déc.   | 11          | 11 | 33 | 59.317         | 11 | 20 | 27.86 | 3.383 | 966 | 26 |
|         | 14          | 6 | 12 | 9.933       | 28 | 54 | 35.14          | 2.785 | 760         | 97 |        | 15          | 11 | 40 | 41.488         | 10 | 43 | 11.30 | 3.358 | 475 | 59 |
|         | 18          | 6 | 18 | 13.716      | 28 | 54 | 58.27          | 2.831 | 833         | 86 |        | 19          | 11 | 47 | 20.507         | 10 | 6  | 13.30 | 3.331 | 372 | 69 |
|         | 22          | 6 | 24 | 28.017      | 28 | 54 | 22.26          | 2.876 | 896         | 08 |        | 23          | 11 | 53 | 56.326         | 9  | 29 | 37.92 | 3.302 | 678 | 06 |
|         | 26          | 6 | 30 | 51.913      | 28 | 52 | 43.87          | 2.920 | 888         | 44 |        | 27          | 12 | 0  | 28.843         | 8  | 53 | 29.64 | 3.272 | 402 | 48 |
| Juillet | 30          | 6 | 37 | 24.602      | 28 | 49 | 59.93          | 2.963 | 767         | 46 | Janv.  | 31          | 12 | 6  | 57.885         | 8  | 17 | 53.26 | 3.240 | 558 | 92 |
|         | 4           | 6 | 44 | 5.425       | 28 | 46 | 7.50           | 3.005 | 485         | 20 |        | 4           | 12 | 13 | 23.206         | 7  | 42 | 53.78 | 3.207 | 170 | 29 |
|         | 8           | 6 | 50 | 53.745      | 28 | 41 | 4.16           | 3.045 | 976         | 25 |        | 8           | 12 | 19 | 44.511         | 7  | 8  | 36.18 | 3.172 | 278 | 19 |
|         | 12          | 6 | 57 | 48.869      | 28 | 34 | 48.04          | 3.085 | 171         | 38 |        | 12          | 12 | 26 | 1.526          | 6  | 35 | 4.94  | 3.135 | 943 | 55 |
|         | 16          | 7 | 4  | 50.068      | 28 | 27 | 17.64          | 3.123 | 011         | 40 |        | 16          | 12 | 32 | 14.039         | 6  | 2  | 24.17 | 3.098 | 225 | 26 |
| Août    | 20          | 7 | 11 | 56.621      | 28 | 18 | 31.71          | 3.159 | 452         | 30 | Févr.  | 20          | 12 | 38 | 21.837         | 5  | 30 | 38.10 | 3.059 | 167 | 57 |
|         | 24          | 7 | 19 | 7.847       | 28 | 8  | 29.17          | 3.194 | 466         | 82 |        | 24          | 12 | 44 | 24.637         | 4  | 59 | 51.35 | 3.018 | 806 | 87 |
|         | 28          | 7 | 26 | 23.168      | 27 | 57 | 8.98           | 3.228 | 041         | 52 |        | 28          | 12 | 50 | 22.068         | 4  | 30 | 8.82  | 2.977 | 181 | 96 |
|         | 1           | 7 | 33 | 42.132      | 27 | 44 | 30.23          | 3.260 | 157         | 67 |        | 2           | 12 | 56 | 13.666         | 4  | 1  | 35.61 | 2.934 | 341 | 85 |
|         | 5           | 7 | 41 | 4.314       | 27 | 30 | 32.53          | 3.290 | 774         | 86 |        | 6           | 13 | 1  | 58.887         | 3  | 34 | 16.73 | 2.890 | 356 | 11 |
| Sept.   | 9           | 7 | 48 | 29.233      | 27 | 15 | 16.08          | 3.319 | 848         | 32 | Mars   | 10          | 13 | 7  | 37.192         | 3  | 8  | 16.61 | 2.845 | 317 | 19 |
|         | 13          | 7 | 55 | 56.379      | 26 | 58 | 41.47          | 3.347 | 340         | 14 |        | 14          | 13 | 13 | 8.102          | 2  | 43 | 39.20 | 2.799 | 316 | 91 |
|         | 17          | 8 | 3  | 25.243      | 26 | 40 | 49.54          | 3.373 | 224         | 95 |        | 18          | 13 | 18 | 31.122         | 2  | 20 | 28.53 | 2.752 | 434 | 18 |
|         | 21          | 8 | 10 | 55.349      | 26 | 21 | 41.22          | 3.397 | 492         | 37 |        | 22          | 13 | 23 | 45.669         | 1  | 58 | 48.90 | 2.704 | 741 | 97 |
|         | 25          | 8 | 18 | 26.307      | 26 | 1  | 17.41          | 3.420 | 145         | 54 |        | 26          | 13 | 28 | 51.053         | 1  | 38 | 44.84 | 2.656 | 317 | 09 |
| Oct.    | 29          | 8 | 25 | 57.846      | 25 | 39 | 38.98          | 3.441 | 180         | 95 | Août   | 30          | 13 | 33 | 46.462         | 1  | 20 | 20.99 | 2.607 | 248 | 31 |

## PALLAS 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  | asc. droite |   |    | déclinaison |     |    | distance | Date         | asc. droite |    |    | déclinaison |        |     | distance |              |              |
|-------|-------------|---|----|-------------|-----|----|----------|--------------|-------------|----|----|-------------|--------|-----|----------|--------------|--------------|
|       | h           | m | s  | °           | '   | "  | ua       |              | h           | m  | s  | °           | '      | "   | ua       |              |              |
| Janv. | 0           | 0 | 16 | 34.899      | -16 | 16 | 53.12    | 2.757 074 90 | Juill.      | 3  | 5  | 20          | 35.877 | -1  | 24       | 26.30        | 3.093 922 53 |
|       | 4           | 0 | 20 | 11.201      | -15 | 59 | 57.81    | 2.801 011 96 |             | 7  | 5  | 28          | 56.438 | -1  | 29       | 48.03        | 3.070 612 65 |
|       | 8           | 0 | 24 | 1.561       | -15 | 41 | 27.50    | 2.843 876 45 |             | 11 | 5  | 37          | 17.737 | -1  | 37       | 3.07         | 3.046 673 64 |
|       | 12          | 0 | 28 | 5.321       | -15 | 21 | 30.45    | 2.885 530 51 |             | 15 | 5  | 45          | 39.368 | -1  | 46       | 11.62        | 3.022 144 58 |
|       | 16          | 0 | 32 | 21.782      | -15 | 0  | 15.35    | 2.925 834 25 |             | 19 | 5  | 54          | 0.948  | -1  | 57       | 13.30        | 2.997 070 48 |
|       | 20          | 0 | 36 | 50.191      | -14 | 37 | 50.65    | 2.964 670 63 | 23          | 6  | 2  | 22.173      | -2     | 10  | 7.35     | 2.971 492 99 |              |
|       | 24          | 0 | 41 | 29.825      | -14 | 14 | 23.96    | 3.001 951 78 | 27          | 6  | 10 | 42.784      | -2     | 24  | 53.21    | 2.945 433 98 |              |
|       | 28          | 0 | 46 | 20.057      | -13 | 50 | 2.02     | 3.037 609 72 | 31          | 6  | 19 | 2.458       | -2     | 41  | 30.44    | 2.918 894 38 |              |
| Févr. | 1           | 0 | 51 | 20.351      | -13 | 24 | 50.93    | 3.071 589 10 | Août        | 4  | 6  | 27          | 20.776 | -2  | 59       | 58.04        | 2.891 874 54 |
|       | 5           | 0 | 56 | 30.277      | -12 | 58 | 56.42    | 3.103 836 43 |             | 8  | 6  | 35          | 37.284 | -3  | 20       | 14.26        | 2.864 382 06 |
|       | 9           | 1 | 1  | 49.461      | -12 | 32 | 24.39    | 3.134 290 24 |             | 12 | 6  | 43          | 51.523 | -3  | 42       | 16.55        | 2.836 432 85 |
|       | 13          | 1 | 7  | 17.495      | -12 | 5  | 21.22    | 3.162 885 51 |             | 16 | 6  | 52          | 3.072  | -4  | 6        | 1.74         | 2.808 048 56 |
|       | 17          | 1 | 12 | 53.919      | -11 | 37 | 53.31    | 3.189 574 77 |             | 20 | 7  | 0           | 11.593 | -4  | 31       | 26.33        | 2.779 250 39 |
|       | 21          | 1 | 18 | 38.299      | -11 | 10 | 6.46     | 3.214 335 60 | 24          | 7  | 8  | 16.809      | -4     | 58  | 27.13    | 2.750 040 21 |              |
|       | 25          | 1 | 24 | 30.264      | -10 | 42 | 5.88     | 3.237 162 91 | 28          | 7  | 16 | 18.390      | -5     | 27  | 1.06     | 2.720 399 86 |              |
| Mars  | 1           | 1 | 30 | 29.530      | -10 | 13 | 56.34    | 3.258 061 18 | Sept.       | 1  | 7  | 24          | 15.910 | -5  | 57       | 4.50         | 2.690 308 60 |
|       | 5           | 1 | 36 | 35.896      | -9  | 45 | 42.39    | 3.277 034 72 |             | 5  | 7  | 32          | 8.900  | -6  | 28       | 33.02        | 2.659 753 06 |
|       | 9           | 1 | 42 | 49.199      | -9  | 17 | 28.91    | 3.294 075 84 |             | 9  | 7  | 39          | 56.875 | -7  | 1        | 21.45        | 2.628 729 02 |
|       | 13          | 1 | 49 | 9.235       | -8  | 49 | 21.32    | 3.309 171 41 |             | 13 | 7  | 47          | 39.390 | -7  | 35       | 23.91        | 2.597 242 09 |
|       | 17          | 1 | 55 | 35.739      | -8  | 21 | 25.08    | 3.322 322 37 |             | 17 | 7  | 55          | 16.086 | -8  | 10       | 34.40        | 2.565 298 84 |
|       | 21          | 2 | 2  | 8.449       | -7  | 53 | 45.26    | 3.333 550 25 | 21          | 8  | 2  | 46.668      | -8     | 46  | 47.34    | 2.532 890 32 |              |
|       | 25          | 2 | 8  | 47.146      | -7  | 26 | 26.44    | 3.342 891 55 | 25          | 8  | 10 | 10.780      | -9     | 23  | 57.35    | 2.499 989 57 |              |
|       | 29          | 2 | 15 | 31.673      | -6  | 59 | 32.84    | 3.350 391 41 | 29          | 8  | 17 | 27.966      | -10    | 1   | 58.55    | 2.466 566 82 |              |
| Avril | 2           | 2 | 22 | 21.951      | -6  | 33 | 8.57     | 3.356 092 54 | Oct.        | 3  | 8  | 24          | 37.694 | -10 | 40       | 44.20        | 2.432 601 50 |
|       | 6           | 2 | 29 | 17.922      | -6  | 7  | 18.09    | 3.360 022 20 |             | 7  | 8  | 31          | 39.397 | -11 | 20       | 6.77         | 2.398 084 12 |
|       | 10          | 2 | 36 | 19.472      | -5  | 42 | 6.38     | 3.362 200 23 |             | 11 | 8  | 38          | 32.528 | -11 | 59       | 57.91        | 2.363 020 41 |
|       | 14          | 2 | 43 | 26.416      | -5  | 17 | 38.46    | 3.362 656 64 |             | 15 | 8  | 45          | 16.623 | -12 | 40       | 9.19         | 2.327 420 97 |
|       | 18          | 2 | 50 | 38.555      | -4  | 53 | 58.99    | 3.361 438 65 |             | 19 | 8  | 51          | 51.264 | -13 | 20       | 32.71        | 2.291 284 45 |
|       | 22          | 2 | 57 | 55.713      | -4  | 31 | 12.22    | 3.358 605 86 | 23          | 8  | 58 | 15.955      | -14    | 1   | 0.69     | 2.254 595 59 |              |
|       | 26          | 3 | 5  | 17.757      | -4  | 9  | 22.06    | 3.354 225 44 | 27          | 9  | 4  | 30.065      | -14    | 41  | 24.74    | 2.217 339 14 |              |
| Mai   | 30          | 3 | 12 | 44.623      | -3  | 48 | 32.23    | 3.348 361 54 | Nov.        | 31 | 9  | 10          | 32.853 | -15 | 21       | 35.37        | 2.179 510 67 |
|       | 4           | 3 | 20 | 16.266      | -3  | 28 | 46.89    | 3.341 059 50 |             | 4  | 9  | 16          | 23.500 | -16 | 1        | 21.90        | 2.141 121 78 |
|       | 8           | 3 | 27 | 52.567      | -3  | 10 | 10.60    | 3.332 353 95 |             | 8  | 9  | 22          | 1.173  | -16 | 40       | 32.45        | 2.102 204 38 |
|       | 12          | 3 | 35 | 33.328      | -2  | 52 | 47.86    | 3.322 287 22 |             | 12 | 9  | 27          | 25.120 | -17 | 18       | 54.73        | 2.062 801 88 |
|       | 16          | 3 | 43 | 18.320      | -2  | 36 | 42.81    | 3.310 915 03 |             | 16 | 9  | 32          | 34.619 | -17 | 56       | 16.76        | 2.022 949 84 |
|       | 20          | 3 | 51 | 7.324       | -2  | 21 | 59.11    | 3.298 303 27 | 20          | 9  | 37 | 28.833      | -18    | 32  | 26.25    | 1.982 675 45 |              |
|       | 24          | 3 | 59 | 0.147       | -2  | 8  | 40.01    | 3.284 524 90 | 24          | 9  | 42 | 6.764       | -19    | 7   | 9.65     | 1.942 010 96 |              |
|       | 28          | 4 | 6  | 56.664      | -1  | 56 | 48.59    | 3.269 648 63 | 28          | 9  | 46 | 27.268      | -19    | 40  | 11.55    | 1.901 004 29 |              |
| Juin  | 1           | 4 | 14 | 56.771      | -1  | 46 | 28.20    | 3.253 723 74 | Déc.        | 2  | 9  | 50          | 29.102 | -20 | 11       | 14.41        | 1.859 725 14 |
|       | 5           | 4 | 23 | 0.278       | -1  | 37 | 42.55    | 3.236 783 55 |             | 6  | 9  | 54          | 11.014 | -20 | 39       | 58.39        | 1.818 271 28 |
|       | 9           | 4 | 31 | 6.911       | -1  | 30 | 35.10    | 3.218 867 49 |             | 10 | 9  | 57          | 31.887 | -21 | 6        | 2.35         | 1.776 760 07 |
|       | 13          | 4 | 39 | 16.355      | -1  | 25 | 8.81     | 3.200 024 80 |             | 14 | 10 | 0           | 30.687 | -21 | 29       | 4.78         | 1.735 306 98 |
|       | 17          | 4 | 47 | 28.293      | -1  | 21 | 26.07    | 3.180 313 50 |             | 18 | 10 | 3           | 6.317  | -21 | 48       | 42.88        | 1.694 026 81 |
|       | 21          | 4 | 55 | 42.436      | -1  | 19 | 28.76    | 3.159 797 33 | 22          | 10 | 5  | 17.588      | -22    | 4   | 31.43    | 1.653 048 01 |              |
|       | 25          | 5 | 3  | 58.557      | -1  | 19 | 18.45    | 3.138 536 99 | 26          | 10 | 7  | 3.294       | -22    | 16  | 2.27     | 1.612 522 70 |              |
|       | 29          | 5 | 12 | 16.460      | -1  | 20 | 56.97    | 3.116 571 77 | 30          | 10 | 8  | 22.300      | -22    | 22  | 44.14    | 1.572 634 36 |              |

## JUNON 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  | asc. droite     | déclinaison     | distance     | Date   | asc. droite     | déclinaison  | distance        |              |            |
|-------|-----------------|-----------------|--------------|--------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|------------|
|       | h m s           | ° ' "           | ua           |        | h m s           | ° ' "        | ua              |              |            |
| Janv. | 0 18 16 51.059  | -13 40 47.07    | 4.12691339   | Juill. | 3 21 4 42.207   | - 2 38 32.13 | 1.91873403      |              |            |
|       | 4 18 22 48.015  | -13 38 29.90    | 4.11398267   |        | 7 21 2 47.763   | - 2 44 24.41 | 1.87879123      |              |            |
|       | 8 18 28 45.007  | -13 35 1.24     | 4.09842434   |        | 11 21 0 33.608  | - 2 53 19.74 | 1.84218166      |              |            |
|       | 12 18 34 41.649 | -13 30 21.45    | 4.08024231   |        | 15 20 58 1.332  | - 3 5 20.57  | 1.80913279      |              |            |
|       | 16 18 40 37.494 | -13 24 31.29    | 4.05946147   |        | 19 20 55 12.992 | - 3 20 25.98 | 1.77983996      |              |            |
|       | 20 18 46 32.125 | -13 17 31.81    | 4.03613282   |        | 23 20 52 10.971 | - 3 38 31.85 | 1.75446092      |              |            |
|       | 24 18 52 25.188 | -13 9 24.17     | 4.01031594   |        | 27 20 48 57.894 | - 3 59 31.31 | 1.73313147      |              |            |
|       | 28 18 58 16.369 | -13 0 9.57      | 3.98206547   |        | 31 20 45 36.726 | - 4 23 14.29 | 1.71598148      |              |            |
| Févr. | 1 19 4 5.366    | -12 49 49.30    | 3.95142973   | Août   | 4 20 42 10.894  | - 4 49 26.64 | 1.70311567      |              |            |
|       | 5 19 9 51.858   | -12 38 24.78    | 3.91844666   |        | 8 20 38 44.173  | - 5 17 50.22 | 1.69459211      |              |            |
|       |                 | 9 19 15 35.457  | -12 25 57.76 |        | 3.88315449      |              | 12 20 35 20.516 | - 5 48 3.56  | 1.69041150 |
|       |                 | 13 19 21 15.718 | -12 12 30.42 |        | 3.84561078      |              | 16 20 32 3.849  | - 6 19 43.00 | 1.69051449 |
|       |                 | 17 19 26 52.218 | -11 58 5.22  |        | 3.80589830      |              | 20 20 28 57.825 | - 6 52 24.04 | 1.69478624 |
|       | 21 19 32 24.594 | -11 42 44.64    | 3.76410750   |        | 24 20 26 5.696  | - 7 25 42.70 | 1.70308538      |              |            |
|       | 25 19 37 52.522 | -11 26 31.18    | 3.72032497   |        | 28 20 23 30.420 | - 7 59 15.63 | 1.71525851      |              |            |
| Mars  | 1 19 43 15.693  | -11 9 27.39     | 3.67462862   | Sept.  | 1 20 21 14.742  | - 8 32 39.94 | 1.73112842      |              |            |
|       | 5 19 48 33.771  | -10 51 35.95    | 3.62708491   |        | 5 20 19 21.074  | - 9 5 33.90  | 1.75048209      |              |            |
|       | 9 19 53 46.337  | -10 32 59.94    | 3.57775989   |        | 9 20 17 51.400  | - 9 37 37.53 | 1.77307217      |              |            |
|       | 13 19 58 52.910 | -10 13 42.91    | 3.52673910   |        | 13 20 16 47.185 | -10 8 33.33  | 1.79862118      |              |            |
|       | 17 20 3 53.020  | - 9 53 48.66    | 3.47413140   |        | 17 20 16 9.296  | -10 38 6.75  | 1.82683889      |              |            |
|       | 21 20 8 46.248  | - 9 33 21.02    | 3.42005352   |        | 21 20 15 58.081 | -11 6 6.22   | 1.85744978      |              |            |
|       | 25 20 13 32.207 | - 9 12 23.82    | 3.36461836   |        | 25 20 16 13.610 | -11 32 22.19 | 1.89020157      |              |            |
|       | 29 20 18 10.521 | - 8 51 0.89     | 3.30792988   |        | 29 20 16 55.792 | -11 56 46.50 | 1.92485006      |              |            |
| Avril | 2 20 22 40.772  | - 8 29 16.28    | 3.25007904   | Oct.   | 3 20 18 4.357   | -12 19 12.36 | 1.96114667      |              |            |
|       | 6 20 27 2.431   | - 8 7 14.56     | 3.19115673   |        | 7 20 19 38.832  | -12 39 34.35 | 1.99883883      |              |            |
|       |                 | 10 20 31 14.893 | - 7 45 0.87  |        | 3.13127496      |              | 11 20 21 38.504 | -12 57 48.57 | 2.03766923 |
|       |                 | 14 20 35 17.550 | - 7 22 40.72 |        | 3.07056872      |              | 15 20 24 2.389  | -13 13 52.74 | 2.07739281 |
|       |                 | 18 20 39 9.835  | - 7 0 19.64  |        | 3.00918073      |              | 19 20 26 49.343 | -13 27 45.77 | 2.11779703 |
|       | 22 20 42 51.206 | - 6 38 3.24     | 2.94725210   |        | 23 20 29 58.245 | -13 39 26.99 | 2.15870061      |              |            |
|       | 26 20 46 21.118 | - 6 15 57.25    | 2.88491526   |        | 27 20 33 28.057 | -13 48 55.80 | 2.19993522      |              |            |
| Mai   | 30 20 49 38.974 | - 5 54 7.67     | 2.82229053   | Nov.   | 31 20 37 17.783 | -13 56 11.85 | 2.24133437      |              |            |
|       | 4 20 52 44.034  | - 5 32 41.34    | 2.75949950   |        | 4 20 41 26.430  | -14 1 15.13  | 2.28272938      |              |            |
|       | 8 20 55 35.464  | - 5 11 45.91    | 2.69668952   |        | 8 20 45 52.950  | -14 4 6.25   | 2.32394855      |              |            |
|       | 12 20 58 12.439 | - 4 51 29.53    | 2.63403162   |        | 12 20 50 36.191 | -14 4 46.64  | 2.36483249      |              |            |
|       | 16 21 0 34.181  | - 4 32 0.49     | 2.57170681   |        | 16 20 55 34.985 | -14 3 18.14  | 2.40525358      |              |            |
|       | 20 21 2 39.952  | - 4 13 27.30    | 2.50989608   |        | 20 21 0 48.281  | -13 59 42.46 | 2.44511001      |              |            |
|       | 24 21 4 29.037  | - 3 55 58.63    | 2.44877498   |        | 24 21 6 15.156  | -13 54 1.12  | 2.48430888      |              |            |
|       | 28 21 6 0.682   | - 3 39 43.64    | 2.38850857   |        | 28 21 11 54.783 | -13 46 15.63 | 2.52275646      |              |            |
| Juin  | 1 21 7 14.015   | - 3 24 52.43    | 2.32926690   | Déc.   | 2 21 17 46.385  | -13 36 27.71 | 2.56035434      |              |            |
|       | 5 21 8 8.116    | - 3 11 36.18    | 2.27125133   |        | 6 21 23 49.176  | -13 24 39.52 | 2.59699723      |              |            |
|       |                 | 9 21 8 42.181   | - 3 0 6.29   |        | 2.21468740      |              | 10 21 30 2.299  | -13 10 53.97 | 2.63258836 |
|       |                 | 13 21 8 55.573  | - 2 50 34.14 |        | 2.15981087      |              | 14 21 36 24.909 | -12 55 14.24 | 2.66706020 |
|       |                 | 17 21 8 47.839  | - 2 43 10.74 |        | 2.10685716      |              | 18 21 42 56.276 | -12 37 43.32 | 2.70036695 |
|       | 21 21 8 18.713  | - 2 38 6.70     | 2.05605379   |        | 22 21 49 35.791 | -12 18 23.99 | 2.73246852      |              |            |
|       | 25 21 7 28.065  | - 2 35 32.18    | 2.00761549   |        | 26 21 56 22.936 | -11 57 19.07 | 2.76332289      |              |            |
|       | 29 21 6 15.842  | - 2 35 37.39    | 1.96176118   |        | 30 22 3 17.247  | -11 34 31.53 | 2.79288117      |              |            |



## VESTA 2013 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         | asc. droite |    |    | déclinaison |        |    | distance | Date       | asc. droite   |            |    | déclinaison |        |    | distance |       |            |            |            |
|--------------|-------------|----|----|-------------|--------|----|----------|------------|---------------|------------|----|-------------|--------|----|----------|-------|------------|------------|------------|
|              | h           | m  | s  | °           | '      | "  | ua       |            | h             | m          | s  | °           | '      | "  | ua       |       |            |            |            |
| <b>Janv.</b> | 0           | 4  | 45 | 29.015      | 18     | 13 | 53.77    | 1.65641758 | <b>Juill.</b> | 3          | 8  | 3           | 16.254 | 22 | 21       | 21.33 | 3.43489175 |            |            |
|              | 4           | 4  | 42 | 22.252      | 18     | 21 | 47.37    | 1.68255766 |               | 7          | 8  | 10          | 49.743 | 22 | 3        | 20.38 | 3.44584928 |            |            |
|              | 8           | 4  | 39 | 41.379      | 18     | 30 | 26.09    | 1.71239664 |               | 11         | 8  | 18          | 23.481 | 21 | 44       | 1.67  | 3.45492812 |            |            |
|              | 12          | 4  | 37 | 28.468      | 18     | 39 | 51.09    | 1.74566710 |               | 15         | 8  | 25          | 57.158 | 21 | 23       | 27.10 | 3.46212185 |            |            |
|              | 16          | 4  | 35 | 45.017      | 18     | 50 | 2.59     | 1.78206326 |               | 19         | 8  | 33          | 30.486 | 21 | 1        | 38.66 | 3.46743845 |            |            |
|              | 20          | 4  | 34 | 31.773      | 19     | 0  | 59.76    | 1.82125679 |               | 23         | 8  | 41          | 3.257  | 20 | 38       | 38.22 | 3.47089790 |            |            |
|              | 24          | 4  | 33 | 48.819      | 19     | 12 | 40.67    | 1.86292573 |               | 27         | 8  | 48          | 35.359 | 20 | 14       | 27.52 | 3.47251346 |            |            |
|              | 28          | 4  | 33 | 35.796      | 19     | 25 | 2.57     | 1.90676909 |               | 31         | 8  | 56          | 6.703  | 19 | 49       | 8.62  | 3.47227635 |            |            |
| <b>Févr.</b> | 1           | 4  | 33 | 52.047      | 19     | 38 | 1.91     | 1.95250743 | <b>Août</b>   | 4          | 9  | 3           | 37.143 | 19 | 22       | 44.03 | 3.47017065 |            |            |
|              | 5           | 4  | 34 | 36.782      | 19     | 51 | 34.57    | 1.99988183 |               | 8          | 9  | 11          | 6.497  | 18 | 55       | 16.58 | 3.46618703 |            |            |
|              |             | 9  | 4  | 35          | 49.156 | 20 | 5        | 35.91      |               | 2.04863806 |    | 12          | 9      | 18 | 34.570   | 18    | 26         | 49.34      | 3.46032821 |
|              |             | 13 | 4  | 37          | 28.204 | 20 | 20       | 0.81       |               | 2.09851281 |    | 16          | 9      | 26 | 1.180    | 17    | 57         | 25.36      | 3.45261092 |
|              |             | 17 | 4  | 39          | 32.732 | 20 | 34       | 43.72      |               | 2.14924453 |    | 20          | 9      | 33 | 26.213   | 17    | 27         | 7.51       | 3.44306527 |
|              | 21          | 4  | 42 | 1.387       | 20     | 49 | 38.77    | 2.20059602 |               | 24         | 9  | 40          | 49.647 | 16 | 55       | 58.48 | 3.43171417 |            |            |
|              | 25          | 4  | 44 | 52.786      | 21     | 4  | 40.00    | 2.25235957 |               | 28         | 9  | 48          | 11.482 | 16 | 24       | 1.15  | 3.41856098 |            |            |
| <b>Mars</b>  | 1           | 4  | 48 | 5.600       | 21     | 19 | 41.40    | 2.30435497 | <b>Sept.</b>  | 1          | 9  | 55          | 31.664 | 15 | 51       | 18.89 | 3.40359979 |            |            |
|              | 5           | 4  | 51 | 38.629      | 21     | 34 | 37.04    | 2.35642340 |               | 5          | 10 | 2           | 50.092 | 15 | 17       | 55.41 | 3.38683077 |            |            |
|              | 9           | 4  | 55 | 30.819      | 21     | 49 | 21.09    | 2.40840821 |               | 9          | 10 | 10          | 6.639  | 14 | 43       | 54.62 | 3.36826497 |            |            |
|              | 13          | 4  | 59 | 41.147      | 22     | 3  | 47.86    | 2.46014273 |               | 13         | 10 | 17          | 21.178 | 14 | 9        | 20.45 | 3.34792974 |            |            |
|              | 17          | 5  | 4  | 8.516       | 22     | 17 | 51.75    | 2.51146220 |               | 17         | 10 | 24          | 33.640 | 13 | 34       | 16.54 | 3.32586528 |            |            |
|              | 21          | 5  | 8  | 51.794      | 22     | 31 | 27.36    | 2.56222132 |               | 21         | 10 | 31          | 44.038 | 12 | 58       | 46.29 | 3.30210669 |            |            |
|              | 25          | 5  | 13 | 49.884      | 22     | 44 | 29.45    | 2.61229904 |               | 25         | 10 | 38          | 52.403 | 12 | 22       | 53.29 | 3.27667020 |            |            |
|              | 29          | 5  | 19 | 1.773       | 22     | 56 | 53.05    | 2.66159682 |               | 29         | 10 | 45          | 58.712 | 11 | 46       | 41.59 | 3.24956274 |            |            |
| <b>Avril</b> | 2           | 5  | 24 | 26.591      | 23     | 8  | 33.35    | 2.71003238 | <b>Oct.</b>   | 3          | 10 | 53          | 2.880  | 11 | 10       | 15.62 | 3.22079614 |            |            |
|              | 6           | 5  | 30 | 3.607       | 23     | 19 | 25.82    | 2.75751936 |               | 7          | 11 | 0           | 4.782  | 10 | 33       | 40.05 | 3.19039239 |            |            |
|              |             | 10 | 5  | 35          | 52.109 | 23 | 29       | 26.19      |               | 2.80395739 |    | 11          | 11     | 7  | 4.268    | 9     | 56         | 59.55      | 3.15839179 |
|              |             | 14 | 5  | 41          | 51.327 | 23 | 38       | 30.55      |               | 2.84924462 |    | 15          | 11     | 14 | 1.242    | 9     | 20         | 18.49      | 3.12484896 |
|              |             | 18 | 5  | 48          | 0.453  | 23 | 46       | 35.23      |               | 2.89329449 |    | 19          | 11     | 20 | 55.678   | 8     | 43         | 40.93      | 3.08981359 |
|              | 22          | 5  | 54 | 18.700      | 23     | 53 | 36.87    | 2.93603869 |               | 23         | 11 | 27          | 47.561 | 8  | 7        | 11.11 | 3.05331845 |            |            |
|              | 26          | 6  | 0  | 45.339      | 23     | 59 | 32.30    | 2.97742808 |               | 27         | 11 | 34          | 36.811 | 7  | 30       | 53.73 | 3.01538744 |            |            |
| <b>Mai</b>   | 30          | 6  | 7  | 19.752      | 24     | 4  | 18.54    | 3.01742697 | <b>Nov.</b>   | 31         | 11 | 41          | 23.278 | 6  | 54       | 53.92 | 2.97604765 |            |            |
|              | 4           | 6  | 14 | 1.442       | 24     | 7  | 52.80    | 3.05599225 |               | 4          | 11 | 48          | 6.741  | 6  | 19       | 17.06 | 2.93533685 |            |            |
|              | 8           | 6  | 20 | 49.913      | 24     | 10 | 12.65    | 3.09306290 |               | 8          | 11 | 54          | 46.934 | 5  | 44       | 8.59  | 2.89331151 |            |            |
|              | 12          | 6  | 27 | 44.605      | 24     | 11 | 16.06    | 3.12857540 |               | 12         | 12 | 1           | 23.626 | 5  | 9        | 33.56 | 2.85004555 |            |            |
|              | 16          | 6  | 34 | 44.919      | 24     | 11 | 1.36     | 3.16247745 |               | 16         | 12 | 7           | 56.656 | 4  | 35       | 36.67 | 2.80560816 |            |            |
|              | 20          | 6  | 41 | 50.264      | 24     | 9  | 27.12    | 3.19473217 |               | 20         | 12 | 14          | 25.855 | 4  | 2        | 22.81 | 2.76005265 |            |            |
|              | 24          | 6  | 49 | 0.084       | 24     | 6  | 32.11    | 3.22531921 |               | 24         | 12 | 20          | 50.976 | 3  | 29       | 57.31 | 2.71342446 |            |            |
|              | 28          | 6  | 56 | 13.920      | 24     | 2  | 15.18    | 3.25423035 |               | 28         | 12 | 27          | 11.677 | 2  | 58       | 25.93 | 2.66577167 |            |            |
| <b>Juin</b>  | 1           | 7  | 3  | 31.420      | 23     | 56 | 35.31    | 3.28144980 | <b>Déc.</b>   | 2          | 12 | 33          | 27.516 | 2  | 27       | 54.74 | 2.61715250 |            |            |
|              | 5           | 7  | 10 | 52.238      | 23     | 49 | 31.84    | 3.30694003 |               | 6          | 12 | 39          | 37.971 | 1  | 58       | 29.87 | 2.56764513 |            |            |
|              |             | 9  | 7  | 18          | 15.962 | 23 | 41       | 4.58       |               | 3.33066092 |    | 10          | 12     | 45 | 42.538   | 1     | 30         | 16.95      | 2.51734813 |
|              |             | 13 | 7  | 25          | 42.148 | 23 | 31       | 13.67      |               | 3.35258072 |    | 14          | 12     | 51 | 40.776   | 1     | 3          | 21.21      | 2.46635610 |
|              |             | 17 | 7  | 33          | 10.348 | 23 | 19       | 59.50      |               | 3.37268107 |    | 18          | 12     | 57 | 32.214   | 0     | 37         | 48.00      | 2.41474885 |
|              | 21          | 7  | 40 | 40.148      | 23     | 7  | 22.63    | 3.39095874 |               | 22         | 13 | 3           | 16.279 | 0  | 13       | 43.13 | 2.36259935 |            |            |
|              | 25          | 7  | 48 | 11.214      | 22     | 53 | 23.57    | 3.40742294 |               | 26         | 13 | 8           | 52.269 | -  | 0        | 8     | 47.21      | 2.30998369 |            |
|              | 29          | 7  | 55 | 43.320      | 22     | 38 | 2.85     | 3.42207414 |               | 30         | 13 | 14          | 19.345 | -  | 0        | 29    | 36.53      | 2.25698896 |            |

# SATELLITES DE MARS

Coordonnées tangentielles (X,Y)  
aux heures les plus proches des plus grandes élongations *est*

|              |         |
|--------------|---------|
| PHOBOS ..... | II. 98  |
| DÉIMOS ..... | II. 106 |

## PHOBOS 2013

---

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

---

| Date         |       | X     | Y      | Date         |       | X     | Y      | Date         |       | X     | Y     |
|--------------|-------|-------|--------|--------------|-------|-------|--------|--------------|-------|-------|-------|
| Mois         | j h   | "     | "      | Mois         | j h   | "     | "      | Mois         | j h   | "     | "     |
| <b>Déc.</b>  | 31 21 | 5.620 | -0.813 | <b>Janv.</b> | 16 5  | 5.628 | 0.460  | <b>Janv.</b> | 31 12 | 5.172 | 0.009 |
| <b>Janv.</b> | 1 5   | 5.722 | -0.346 |              | 16 13 | 5.201 | 0.986  |              | 31 20 | 5.511 | 0.672 |
|              | 1 13  | 5.369 | 0.152  |              | 16 20 | 5.621 | -0.020 | <b>Févr.</b> | 1 4   | 5.409 | 1.285 |
|              | 1 20  | 5.642 | -0.740 |              | 17 4  | 5.605 | 0.543  |              | 1 11  | 5.202 | 0.087 |
|              | 2 4   | 5.710 | -0.263 |              | 17 11 | 5.226 | -0.507 |              | 1 19  | 5.507 | 0.754 |
|              | 2 12  | 5.325 | 0.237  |              | 17 19 | 5.628 | 0.060  |              | 2 3   | 5.373 | 1.363 |
|              | 2 19  | 5.660 | -0.666 |              | 18 3  | 5.579 | 0.626  |              | 2 10  | 5.229 | 0.167 |
|              | 3 3   | 5.695 | -0.181 |              | 18 10 | 5.265 | -0.434 |              | 2 18  | 5.501 | 0.836 |
|              | 3 11  | 5.278 | 0.323  |              | 18 18 | 5.633 | 0.141  |              | 3 2   | 5.335 | 1.441 |
|              | 3 18  | 5.676 | -0.591 |              | 19 2  | 5.550 | 0.709  |              | 3 9   | 5.253 | 0.247 |
|              | 4 2   | 5.678 | -0.097 |              | 19 9  | 5.301 | -0.361 |              | 3 17  | 5.492 | 0.918 |
|              | 4 9   | 5.266 | -0.970 |              | 19 17 | 5.635 | 0.223  |              | 4 1   | 5.294 | 1.518 |
|              | 4 17  | 5.690 | -0.515 |              | 20 1  | 5.519 | 0.792  |              | 4 8   | 5.275 | 0.327 |
|              | 5 1   | 5.657 | -0.013 |              | 20 8  | 5.333 | -0.286 |              | 4 16  | 5.481 | 0.999 |
|              | 5 8   | 5.310 | -0.906 |              | 20 16 | 5.634 | 0.304  |              | 5 0   | 5.251 | 1.594 |
|              | 5 16  | 5.700 | -0.437 |              | 21 0  | 5.485 | 0.874  |              | 5 7   | 5.294 | 0.408 |
|              | 6 0   | 5.634 | 0.071  |              | 21 7  | 5.364 | -0.210 |              | 5 15  | 5.467 | 1.080 |
|              | 6 7   | 5.351 | -0.839 |              | 21 15 | 5.630 | 0.387  |              | 5 23  | 5.206 | 1.669 |
|              | 6 15  | 5.708 | -0.359 |              | 21 23 | 5.448 | 0.956  |              | 6 6   | 5.310 | 0.489 |
|              | 6 23  | 5.608 | 0.155  |              | 22 6  | 5.391 | -0.133 |              | 6 14  | 5.450 | 1.161 |
|              | 7 6   | 5.389 | -0.772 |              | 22 14 | 5.624 | 0.469  |              | 6 22  | 5.158 | 1.743 |
|              | 7 14  | 5.713 | -0.280 |              | 22 22 | 5.409 | 1.037  |              | 7 5   | 5.324 | 0.571 |
|              | 7 22  | 5.579 | 0.239  |              | 23 5  | 5.416 | -0.055 |              | 7 13  | 5.431 | 1.241 |
|              | 8 5   | 5.425 | -0.702 |              | 23 13 | 5.615 | 0.552  |              | 7 21  | 5.108 | 1.816 |
|              | 8 13  | 5.715 | -0.199 |              | 23 21 | 5.367 | 1.117  |              | 8 4   | 5.334 | 0.652 |
|              | 8 21  | 5.548 | 0.323  |              | 24 4  | 5.437 | 0.024  |              | 8 12  | 5.409 | 1.321 |
|              | 9 4   | 5.458 | -0.631 |              | 24 12 | 5.603 | 0.634  |              | 8 20  | 5.055 | 1.887 |
|              | 9 12  | 5.714 | -0.119 |              | 24 20 | 5.322 | 1.197  |              | 9 3   | 5.343 | 0.734 |
|              | 9 20  | 5.514 | 0.407  |              | 25 3  | 5.456 | 0.103  |              | 9 11  | 5.385 | 1.400 |
|              | 10 3  | 5.488 | -0.559 |              | 25 11 | 5.588 | 0.717  |              | 9 19  | 5.001 | 1.957 |
|              | 10 11 | 5.710 | -0.037 |              | 25 19 | 5.275 | 1.276  |              | 10 2  | 5.348 | 0.816 |
|              | 10 19 | 5.477 | 0.491  |              | 26 2  | 5.472 | 0.183  |              | 10 10 | 5.358 | 1.479 |
|              | 11 2  | 5.515 | -0.485 |              | 26 10 | 5.570 | 0.799  |              | 10 17 | 4.945 | 0.170 |
|              | 11 10 | 5.703 | 0.045  |              | 26 18 | 5.226 | 1.353  |              | 11 1  | 5.351 | 0.898 |
|              | 11 18 | 5.437 | 0.575  |              | 27 1  | 5.486 | 0.264  |              | 11 9  | 5.329 | 1.556 |
|              | 12 1  | 5.540 | -0.410 |              | 27 9  | 5.550 | 0.881  |              | 11 16 | 4.978 | 0.250 |
|              | 12 9  | 5.694 | 0.128  |              | 27 17 | 5.174 | 1.430  |              | 12 0  | 5.351 | 0.979 |
|              | 12 17 | 5.395 | 0.658  |              | 28 0  | 5.496 | 0.345  |              | 12 8  | 5.297 | 1.633 |
|              | 13 0  | 5.562 | -0.334 |              | 28 8  | 5.527 | 0.963  |              | 12 15 | 5.008 | 0.331 |
|              | 13 8  | 5.682 | 0.210  |              | 28 16 | 5.120 | 1.506  |              | 12 23 | 5.349 | 1.061 |
|              | 13 16 | 5.350 | 0.741  |              | 28 23 | 5.504 | 0.426  |              | 13 7  | 5.263 | 1.708 |
|              | 13 23 | 5.581 | -0.257 |              | 29 7  | 5.502 | 1.044  |              | 13 14 | 5.035 | 0.411 |
|              | 14 7  | 5.667 | 0.294  |              | 29 14 | 5.104 | -0.146 |              | 13 22 | 5.344 | 1.142 |
|              | 14 15 | 5.303 | 0.824  |              | 29 22 | 5.509 | 0.508  |              | 14 6  | 5.227 | 1.783 |
|              | 14 22 | 5.597 | -0.179 |              | 30 6  | 5.473 | 1.125  |              | 14 13 | 5.060 | 0.493 |
|              | 15 6  | 5.649 | 0.377  |              | 30 13 | 5.139 | -0.069 |              | 14 21 | 5.336 | 1.222 |
|              | 15 14 | 5.253 | 0.905  |              | 30 21 | 5.511 | 0.590  |              | 15 5  | 5.188 | 1.856 |
|              | 15 21 | 5.610 | -0.100 |              | 31 5  | 5.442 | 1.205  |              | 15 12 | 5.082 | 0.574 |

---

## PHOBOS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  |    |       | X     | Y     | Date |       |       | X     | Y     | Date  |       |       | X     | Y     |
|-------|----|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mois  | j  | h     | "     | "     | Mois | j     | h     | "     | "     | Mois  | j     | h     | "     | "     |
| Févr. | 15 | 20    | 5.326 | 1.302 | Mars | 3     | 4     | 4.854 | 2.458 | Mars  | 18    | 11    | 4.748 | 1.625 |
|       | 16 | 4     | 5.148 | 1.929 |      | 3     | 11    | 4.942 | 1.174 |       | 18    | 19    | 4.821 | 2.364 |
|       | 16 | 11    | 5.101 | 0.656 |      | 3     | 19    | 5.075 | 1.922 |       | 19    | 3     | 4.516 | 2.916 |
|       | 16 | 19    | 5.314 | 1.382 |      | 4     | 3     | 4.808 | 2.519 |       | 19    | 10    | 4.750 | 1.702 |
|       | 17 | 3     | 5.105 | 2.000 |      | 4     | 10    | 4.950 | 1.254 |       | 19    | 18    | 4.797 | 2.428 |
|       | 17 | 10    | 5.118 | 0.738 |      | 4     | 18    | 5.054 | 1.995 |       | 20    | 2     | 4.468 | 2.964 |
|       | 17 | 18    | 5.299 | 1.461 |      | 5     | 2     | 4.759 | 2.578 |       | 20    | 9     | 4.751 | 1.777 |
|       | 18 | 2     | 5.060 | 2.069 |      | 5     | 9     | 4.956 | 1.334 |       | 20    | 17    | 4.771 | 2.492 |
|       | 18 | 9     | 5.132 | 0.819 |      | 5     | 17    | 5.031 | 2.066 |       | 21    | 1     | 4.418 | 3.010 |
|       | 18 | 17    | 5.282 | 1.539 |      | 6     | 1     | 4.709 | 2.636 |       | 21    | 8     | 4.751 | 1.851 |
|       | 19 | 1     | 5.013 | 2.138 |      | 6     | 8     | 4.960 | 1.414 |       | 21    | 16    | 4.744 | 2.553 |
|       | 19 | 8     | 5.144 | 0.901 |      | 6     | 16    | 5.005 | 2.137 |       | 21    | 23    | 4.405 | 1.084 |
|       | 19 | 16    | 5.262 | 1.616 |      | 7     | 0     | 4.657 | 2.692 |       | 22    | 7     | 4.748 | 1.925 |
|       | 20 | 0     | 4.964 | 2.205 |      | 7     | 7     | 4.962 | 1.492 |       | 22    | 15    | 4.715 | 2.613 |
|       | 20 | 7     | 5.153 | 0.983 |      | 7     | 15    | 4.978 | 2.206 |       | 22    | 22    | 4.427 | 1.165 |
|       | 20 | 15    | 5.240 | 1.693 |      | 7     | 23    | 4.604 | 2.746 |       | 23    | 6     | 4.743 | 1.997 |
|       | 20 | 23    | 4.912 | 2.270 |      | 8     | 6     | 4.961 | 1.570 |       | 23    | 14    | 4.685 | 2.672 |
|       | 21 | 6     | 5.159 | 1.064 |      | 8     | 14    | 4.949 | 2.274 |       | 23    | 21    | 4.447 | 1.245 |
|       | 21 | 14    | 5.215 | 1.768 |      | 8     | 21    | 4.604 | 0.825 |       | 24    | 5     | 4.737 | 2.068 |
|       | 21 | 22    | 4.859 | 2.334 |      | 9     | 5     | 4.958 | 1.648 |       | 24    | 13    | 4.653 | 2.728 |
| 22    | 5  | 5.164 | 1.145 | 9     | 13   | 4.918 | 2.340 | 24    | 20    | 4.465 | 1.325 |       |       |       |
| 22    | 13 | 5.189 | 1.843 | 9     | 20   | 4.629 | 0.907 | 25    | 4     | 4.729 | 2.138 |       |       |       |
| 22    | 21 | 4.805 | 2.396 | 10    | 4    | 4.954 | 1.724 | 25    | 12    | 4.620 | 2.783 |       |       |       |
| 23    | 4  | 5.165 | 1.226 | 10    | 12   | 4.885 | 2.405 | 25    | 19    | 4.481 | 1.403 |       |       |       |
| 23    | 12 | 5.160 | 1.916 | 10    | 19   | 4.650 | 0.989 | 26    | 3     | 4.719 | 2.207 |       |       |       |
| 23    | 19 | 4.789 | 0.521 | 11    | 3    | 4.947 | 1.800 | 26    | 11    | 4.585 | 2.836 |       |       |       |
| 24    | 3  | 5.164 | 1.306 | 11    | 11   | 4.851 | 2.468 | 26    | 18    | 4.496 | 1.481 |       |       |       |
| 24    | 11 | 5.129 | 1.989 | 11    | 18   | 4.670 | 1.070 | 27    | 2     | 4.707 | 2.275 |       |       |       |
| 24    | 18 | 4.816 | 0.603 | 12    | 2    | 4.938 | 1.874 | 27    | 10    | 4.549 | 2.888 |       |       |       |
| 25    | 2  | 5.161 | 1.385 | 12    | 10   | 4.815 | 2.530 | 27    | 17    | 4.508 | 1.559 |       |       |       |
| 25    | 10 | 5.095 | 2.060 | 12    | 17   | 4.687 | 1.151 | 28    | 1     | 4.694 | 2.340 |       |       |       |
| 25    | 17 | 4.841 | 0.684 | 13    | 1    | 4.927 | 1.948 | 28    | 9     | 4.512 | 2.937 |       |       |       |
| 26    | 1  | 5.156 | 1.464 | 13    | 9    | 4.777 | 2.591 | 28    | 16    | 4.519 | 1.635 |       |       |       |
| 26    | 9  | 5.060 | 2.130 | 13    | 16   | 4.703 | 1.232 | 29    | 0     | 4.680 | 2.405 |       |       |       |
| 26    | 16 | 4.864 | 0.766 | 14    | 0    | 4.914 | 2.020 | 29    | 8     | 4.473 | 2.985 |       |       |       |
| 27    | 0  | 5.148 | 1.543 | 14    | 8    | 4.737 | 2.649 | 29    | 15    | 4.528 | 1.711 |       |       |       |
| 27    | 8  | 5.023 | 2.198 | 14    | 15   | 4.716 | 1.312 | 29    | 23    | 4.663 | 2.468 |       |       |       |
| 27    | 15 | 4.884 | 0.848 | 14    | 23   | 4.899 | 2.091 | 30    | 7     | 4.433 | 3.031 |       |       |       |
| 27    | 23 | 5.138 | 1.620 | 15    | 7    | 4.696 | 2.706 | 30    | 14    | 4.535 | 1.785 |       |       |       |
| 28    | 7  | 4.984 | 2.265 | 15    | 14   | 4.727 | 1.391 | 30    | 22    | 4.645 | 2.530 |       |       |       |
| 28    | 14 | 4.902 | 0.930 | 15    | 22   | 4.882 | 2.162 | 31    | 6     | 4.392 | 3.075 |       |       |       |
| 28    | 22 | 5.125 | 1.697 | 16    | 6    | 4.653 | 2.762 | 31    | 13    | 4.541 | 1.859 |       |       |       |
| Mars  | 1  | 6     | 4.942 | 2.331 | 16   | 13    | 4.736 | 1.470 | 31    | 21    | 4.626 | 2.590 |       |       |
|       | 1  | 13    | 4.918 | 1.011 | 16   | 21    | 4.863 | 2.230 | Avril | 1     | 5     | 4.350 | 3.116 |       |
|       | 1  | 21    | 5.111 | 1.773 | 17   | 5     | 4.609 | 2.815 |       | 1     | 12    | 4.545 | 1.931 |       |
|       | 2  | 5     | 4.899 | 2.395 | 17   | 12    | 4.743 | 1.548 | 1     | 20    | 4.605 | 2.648 |       |       |
|       | 2  | 12    | 4.931 | 1.093 | 17   | 20    | 4.843 | 2.298 | 2     | 4     | 4.307 | 3.156 |       |       |
|       | 2  | 20    | 5.094 | 1.848 | 18   | 4     | 4.563 | 2.867 | 2     | 11    | 4.547 | 2.003 |       |       |

## PHOBOS 2013

---

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

---

| Date         |    |       | X     | Y          | Date         |       |       | X     | Y     | Date       |       |       | X     | Y     |
|--------------|----|-------|-------|------------|--------------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| Mois         | j  | h     | "     | "          | Mois         | j     | h     | "     | "     | Mois       | j     | h     | "     | "     |
| <b>Avril</b> | 2  | 19    | 4.583 | 2.705      | <b>Avril</b> | 18    | 3     | 4.073 | 3.357 | <b>Mai</b> | 3     | 10    | 4.248 | 2.578 |
|              | 3  | 3     | 4.262 | 3.194      |              | 18    | 10    | 4.372 | 2.365 |            | 3     | 18    | 4.253 | 3.121 |
|              | 3  | 10    | 4.548 | 2.073      |              | 18    | 18    | 4.371 | 2.990 |            | 4     | 1     | 3.937 | 1.898 |
|              | 3  | 18    | 4.560 | 2.760      |              | 19    | 1     | 4.052 | 1.627 |            | 4     | 9     | 4.253 | 2.629 |
|              | 4  | 2     | 4.217 | 3.230      |              | 19    | 9     | 4.372 | 2.426 |            | 4     | 17    | 4.238 | 3.152 |
|              | 4  | 9     | 4.547 | 2.142      |              | 19    | 17    | 4.350 | 3.032 |            | 5     | 0     | 3.961 | 1.963 |
|              | 4  | 17    | 4.535 | 2.813      |              | 20    | 0     | 4.073 | 1.699 |            | 5     | 8     | 4.257 | 2.678 |
|              | 5  | 0     | 4.223 | 1.378      |              | 20    | 8     | 4.372 | 2.485 |            | 5     | 16    | 4.222 | 3.180 |
|              | 5  | 8     | 4.545 | 2.209      |              | 20    | 16    | 4.328 | 3.073 |            | 5     | 23    | 3.983 | 2.027 |
|              | 5  | 16    | 4.509 | 2.864      |              | 20    | 23    | 4.093 | 1.771 |            | 6     | 7     | 4.259 | 2.725 |
|              | 5  | 23    | 4.243 | 1.456      |              | 21    | 7     | 4.370 | 2.542 |            | 6     | 15    | 4.205 | 3.206 |
|              | 6  | 7     | 4.541 | 2.275      |              | 21    | 15    | 4.305 | 3.111 |            | 6     | 22    | 4.005 | 2.090 |
| 6            | 15 | 4.482 | 2.914 | 21         | 22           | 4.112 | 1.842 | 7     | 6     | 4.261      | 2.770 |       |       |       |
| 6            | 22 | 4.262 | 1.533 | 22         | 6            | 4.367 | 2.598 | 7     | 14    | 4.188      | 3.231 |       |       |       |
| 7            | 6  | 4.536 | 2.340 | 22         | 14           | 4.281 | 3.148 | 7     | 21    | 4.026      | 2.151 |       |       |       |
| 7            | 14 | 4.453 | 2.962 | 22         | 21           | 4.130 | 1.911 | 8     | 5     | 4.263      | 2.813 |       |       |       |
| 7            | 21 | 4.279 | 1.608 | 23         | 5            | 4.363 | 2.651 | 8     | 13    | 4.170      | 3.253 |       |       |       |
| 8            | 5  | 4.529 | 2.403 | 23         | 13           | 4.256 | 3.182 | 8     | 20    | 4.046      | 2.211 |       |       |       |
| 8            | 13 | 4.424 | 3.008 | 23         | 20           | 4.146 | 1.979 | 9     | 4     | 4.263      | 2.854 |       |       |       |
| 8            | 20 | 4.294 | 1.683 | 24         | 4            | 4.358 | 2.704 | 9     | 12    | 4.151      | 3.273 |       |       |       |
| 9            | 4  | 4.521 | 2.465 | 24         | 12           | 4.231 | 3.215 | 9     | 19    | 4.065      | 2.268 |       |       |       |
| 9            | 12 | 4.393 | 3.052 | 24         | 19           | 4.161 | 2.046 | 10    | 3     | 4.262      | 2.893 |       |       |       |
| 9            | 19 | 4.308 | 1.757 | 25         | 3            | 4.352 | 2.754 | 10    | 11    | 4.131      | 3.290 |       |       |       |
| 10           | 3  | 4.511 | 2.525 | 25         | 11           | 4.204 | 3.245 | 10    | 18    | 4.083      | 2.325 |       |       |       |
| 10           | 11 | 4.361 | 3.094 | 25         | 18           | 4.175 | 2.111 | 11    | 2     | 4.261      | 2.930 |       |       |       |
| 10           | 18 | 4.321 | 1.829 | 26         | 2            | 4.344 | 2.803 | 11    | 10    | 4.110      | 3.306 |       |       |       |
| 11           | 2  | 4.500 | 2.584 | 26         | 10           | 4.177 | 3.273 | 11    | 17    | 4.101      | 2.379 |       |       |       |
| 11           | 10 | 4.328 | 3.134 | 26         | 17           | 4.188 | 2.175 | 12    | 1     | 4.259      | 2.965 |       |       |       |
| 11           | 17 | 4.332 | 1.901 | 27         | 1            | 4.336 | 2.849 | 12    | 9     | 4.089      | 3.319 |       |       |       |
| 12           | 1  | 4.488 | 2.641 | 27         | 9            | 4.149 | 3.299 | 12    | 16    | 4.117      | 2.432 |       |       |       |
| 12           | 9  | 4.295 | 3.172 | 27         | 16           | 4.200 | 2.238 | 13    | 0     | 4.256      | 2.998 |       |       |       |
| 12           | 16 | 4.342 | 1.971 | 28         | 0            | 4.327 | 2.894 | 13    | 8     | 4.067      | 3.330 |       |       |       |
| 13           | 0  | 4.475 | 2.696 | 28         | 8            | 4.120 | 3.323 | 13    | 15    | 4.133      | 2.482 |       |       |       |
| 13           | 8  | 4.260 | 3.208 | 28         | 15           | 4.210 | 2.298 | 13    | 23    | 4.252      | 3.029 |       |       |       |
| 13           | 15 | 4.350 | 2.040 | 28         | 23           | 4.317 | 2.937 | 14    | 7     | 4.045      | 3.339 |       |       |       |
| 13           | 23 | 4.460 | 2.749 | 29         | 7            | 4.091 | 3.344 | 14    | 14    | 4.147      | 2.532 |       |       |       |
| 14           | 7  | 4.224 | 3.242 | 29         | 14           | 4.220 | 2.358 | 14    | 22    | 4.247      | 3.058 |       |       |       |
| 14           | 14 | 4.357 | 2.108 | 29         | 22           | 4.306 | 2.978 | 15    | 6     | 4.022      | 3.345 |       |       |       |
| 14           | 22 | 4.445 | 2.801 | 30         | 6            | 4.060 | 3.364 | 15    | 13    | 4.162      | 2.579 |       |       |       |
| 15           | 6  | 4.188 | 3.274 | 30         | 13           | 4.228 | 2.415 | 15    | 21    | 4.242      | 3.085 |       |       |       |
| 15           | 13 | 4.363 | 2.175 | <b>Mai</b> | 30           | 21    | 4.294 | 3.017 | 16    | 5          | 3.998 | 3.349 |       |       |
| 15           | 21 | 4.428 | 2.851 |            | 1            | 5     | 4.029 | 3.381 | 16    | 12         | 4.175 | 2.624 |       |       |
| 16           | 5  | 4.150 | 3.304 |            | 1            | 12    | 4.236 | 2.471 | 16    | 20         | 4.236 | 3.109 |       |       |
| 16           | 12 | 4.367 | 2.240 |            | 1            | 20    | 4.281 | 3.053 | 17    | 4          | 3.973 | 3.351 |       |       |
| 16           | 20 | 4.410 | 2.899 | 2          | 4            | 3.998 | 3.396 | 17    | 11    | 4.187      | 2.667 |       |       |       |
| 17           | 4  | 4.112 | 3.331 | 2          | 11           | 4.242 | 2.526 | 17    | 19    | 4.229      | 3.131 |       |       |       |
| 17           | 11 | 4.370 | 2.303 | 2          | 19           | 4.268 | 3.088 | 18    | 3     | 3.948      | 3.351 |       |       |       |
| 17           | 19 | 4.391 | 2.946 | 3          | 3            | 3.965 | 3.409 | 18    | 10    | 4.199      | 2.709 |       |       |       |

---

## PHOBOS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2451545.0).

| Date        |    |       | X     | Y     | Date        |       |       | X             | Y     | Date        |       |       | X     | Y     |
|-------------|----|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|---------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Mois        | j  | h     | "     | "     | Mois        | j     | h     | "             | "     | Mois        | j     | h     | "     | "     |
| <b>Mai</b>  | 18 | 18    | 4.222 | 3.151 | <b>Juin</b> | 3     | 2     | 3.996         | 3.164 | <b>Juin</b> | 18    | 9     | 4.385 | 2.706 |
|             | 19 | 2     | 3.922 | 3.348 |             | 3     | 9     | 4.254         | 2.777 |             | 18    | 17    | 4.419 | 2.880 |
|             | 19 | 9     | 4.210 | 2.748 |             | 3     | 17    | 4.277         | 3.081 |             | 19    | 1     | 4.119 | 2.830 |
|             | 19 | 17    | 4.213 | 3.169 |             | 4     | 1     | 3.975         | 3.145 |             | 19    | 8     | 4.408 | 2.715 |
|             | 20 | 0     | 3.910 | 2.165 |             | 4     | 8     | 4.270         | 2.801 |             | 19    | 16    | 4.421 | 2.867 |
|             | 20 | 8     | 4.220 | 2.785 |             | 4     | 16    | 4.274         | 3.082 |             | 20    | 0     | 4.100 | 2.795 |
|             | 20 | 16    | 4.204 | 3.185 |             | 4     | 23    | 3.974         | 2.341 |             | 20    | 7     | 4.430 | 2.722 |
|             | 20 | 23    | 3.938 | 2.220 |             | 5     | 7     | 4.287         | 2.822 |             | 20    | 15    | 4.422 | 2.851 |
|             | 21 | 7     | 4.229 | 2.820 |             | 5     | 15    | 4.271         | 3.082 |             | 20    | 22    | 4.140 | 2.404 |
|             | 21 | 15    | 4.194 | 3.198 |             | 5     | 22    | 4.008         | 2.381 |             | 21    | 6     | 4.451 | 2.726 |
|             | 21 | 22    | 3.965 | 2.272 |             | 6     | 6     | 4.302         | 2.842 |             | 21    | 14    | 4.422 | 2.833 |
|             | 22 | 6     | 4.237 | 2.853 |             | 6     | 14    | 4.266         | 3.078 |             | 21    | 21    | 4.181 | 2.428 |
|             | 22 | 14    | 4.184 | 3.209 |             | 6     | 21    | 4.041         | 2.419 |             | 22    | 5     | 4.471 | 2.727 |
|             | 22 | 21    | 3.992 | 2.323 |             | 7     | 5     | 4.316         | 2.859 |             | 22    | 13    | 4.420 | 2.812 |
|             | 23 | 5     | 4.245 | 2.884 |             | 7     | 13    | 4.261         | 3.073 |             | 22    | 20    | 4.220 | 2.449 |
|             | 23 | 13    | 4.172 | 3.218 |             | 7     | 20    | 4.074         | 2.456 |             | 23    | 4     | 4.490 | 2.726 |
|             | 23 | 20    | 4.018 | 2.372 |             | 8     | 4     | 4.330         | 2.873 |             | 23    | 12    | 4.417 | 2.789 |
|             | 24 | 4     | 4.252 | 2.913 |             | 8     | 12    | 4.255         | 3.065 |             | 23    | 19    | 4.259 | 2.468 |
|             | 24 | 12    | 4.160 | 3.225 |             | 8     | 19    | 4.106         | 2.490 |             | 24    | 3     | 4.508 | 2.723 |
|             | 24 | 19    | 4.043 | 2.419 |             | 9     | 3     | 4.343         | 2.886 |             | 24    | 11    | 4.413 | 2.764 |
| 25          | 3  | 4.258 | 2.939 | 9     | 11          | 4.248 | 3.055 | 24            | 18    | 4.297       | 2.485 |       |       |       |
| 25          | 11 | 4.147 | 3.229 | 9     | 18          | 4.138 | 2.522 | 25            | 2     | 4.524       | 2.718 |       |       |       |
| 25          | 18 | 4.067 | 2.464 | 10    | 2           | 4.355 | 2.896 | 25            | 10    | 4.408       | 2.737 |       |       |       |
| 26          | 2  | 4.264 | 2.964 | 10    | 10          | 4.239 | 3.043 | 25            | 17    | 4.334       | 2.499 |       |       |       |
| 26          | 10 | 4.134 | 3.231 | 10    | 17          | 4.169 | 2.551 | 26            | 1     | 4.540       | 2.710 |       |       |       |
| 26          | 17 | 4.091 | 2.507 | 11    | 1           | 4.366 | 2.903 | 26            | 9     | 4.401       | 2.708 |       |       |       |
| 27          | 1  | 4.268 | 2.986 | 11    | 9           | 4.230 | 3.028 | 26            | 16    | 4.369       | 2.511 |       |       |       |
| 27          | 9  | 4.119 | 3.230 | 11    | 16          | 4.198 | 2.579 | 27            | 0     | 4.554       | 2.699 |       |       |       |
| 27          | 16 | 4.114 | 2.549 | 12    | 0           | 4.376 | 2.909 | 27            | 8     | 4.393       | 2.676 |       |       |       |
| 28          | 0  | 4.272 | 3.006 | 12    | 8           | 4.220 | 3.011 | 27            | 15    | 4.404       | 2.521 |       |       |       |
| 28          | 8  | 4.104 | 3.228 | 12    | 15          | 4.228 | 2.604 | 27            | 23    | 4.567       | 2.686 |       |       |       |
| 28          | 15 | 4.136 | 2.588 | 12    | 23          | 4.385 | 2.912 | 28            | 7     | 4.383       | 2.642 |       |       |       |
| 28          | 23 | 4.275 | 3.023 | 13    | 7           | 4.209 | 2.992 | 28            | 14    | 4.438       | 2.528 |       |       |       |
| 29          | 7  | 4.088 | 3.223 | 13    | 14          | 4.256 | 2.627 | 28            | 22    | 4.579       | 2.671 |       |       |       |
| 29          | 14 | 4.157 | 2.624 | 13    | 22          | 4.394 | 2.912 | 29            | 6     | 4.372       | 2.607 |       |       |       |
| 29          | 22 | 4.278 | 3.039 | 14    | 6           | 4.197 | 2.970 | 29            | 13    | 4.471       | 2.532 |       |       |       |
| 30          | 6  | 4.071 | 3.215 | 14    | 13          | 4.283 | 2.647 | 29            | 21    | 4.590       | 2.654 |       |       |       |
| 30          | 13 | 4.178 | 2.659 | 14    | 21          | 4.401 | 2.911 | 30            | 5     | 4.360       | 2.569 |       |       |       |
| 30          | 21 | 4.279 | 3.052 | 15    | 5           | 4.183 | 2.947 | 30            | 12    | 4.503       | 2.534 |       |       |       |
| 31          | 5  | 4.054 | 3.206 | 15    | 12          | 4.310 | 2.666 | 30            | 20    | 4.599       | 2.634 |       |       |       |
| 31          | 12 | 4.198 | 2.692 | 15    | 20          | 4.407 | 2.906 | <b>Juill.</b> | 1     | 4           | 4.346 | 2.529 |       |       |
| 31          | 20 | 4.280 | 3.063 | 16    | 4           | 4.169 | 2.921 |               | 1     | 11          | 4.533 | 2.534 |       |       |
| <b>Juin</b> | 1  | 4     | 4.036 | 3.194 | 16          | 11    | 4.336 | 2.682         | 1     | 19          | 4.607 | 2.612 |       |       |
|             | 1  | 11    | 4.217 | 2.723 | 16          | 19    | 4.412 | 2.900         | 2     | 3           | 4.331 | 2.487 |       |       |
|             | 1  | 19    | 4.280 | 3.071 | 17          | 3     | 4.153 | 2.893         | 2     | 10          | 4.563 | 2.531 |       |       |
|             | 2  | 3     | 4.016 | 3.180 | 17          | 10    | 4.361 | 2.695         | 2     | 18          | 4.613 | 2.587 |       |       |
| 2           | 10 | 4.236 | 2.751 | 17    | 18          | 4.416 | 2.891 | 3             | 2     | 4.314       | 2.443 |       |       |       |
| 2           | 18 | 4.279 | 3.077 | 18    | 2           | 4.137 | 2.862 | 3             | 9     | 4.591       | 2.526 |       |       |       |

## PHOBOS 2013

---

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2451545.0).

---

| Date          |    |       | X     | Y           | Date          |       |       | X     | Y     | Date        |       |       | X     | Y     |
|---------------|----|-------|-------|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Mois          | j  | h     | "     | "           | Mois          | j     | h     | "     | "     | Mois        | j     | h     | "     | "     |
| <b>Juill.</b> | 3  | 17    | 4.618 | 2.561       | <b>Juill.</b> | 19    | 0     | 4.538 | 2.155 | <b>Août</b> | 3     | 8     | 5.153 | 1.771 |
|               | 4  | 1     | 4.295 | 2.397       |               | 19    | 8     | 4.876 | 2.204 |             | 3     | 16    | 5.052 | 1.516 |
|               | 4  | 8     | 4.618 | 2.518       |               | 19    | 16    | 4.843 | 2.079 |             | 3     | 23    | 4.913 | 1.861 |
|               | 4  | 16    | 4.621 | 2.532       |               | 19    | 23    | 4.589 | 2.149 |             | 4     | 7     | 5.175 | 1.727 |
|               | 4  | 23    | 4.309 | 2.318       |               | 20    | 7     | 4.902 | 2.177 |             | 4     | 15    | 5.044 | 1.457 |
|               | 5  | 7     | 4.643 | 2.508       |               | 20    | 15    | 4.842 | 2.033 |             | 4     | 22    | 4.961 | 1.834 |
|               | 5  | 15    | 4.623 | 2.501       |               | 20    | 22    | 4.638 | 2.141 |             | 5     | 6     | 5.195 | 1.682 |
|               | 5  | 22    | 4.356 | 2.328       |               | 21    | 6     | 4.926 | 2.147 |             | 5     | 14    | 5.034 | 1.397 |
|               | 6  | 6     | 4.668 | 2.496       |               | 21    | 14    | 4.839 | 1.985 |             | 5     | 21    | 5.008 | 1.805 |
|               | 6  | 14    | 4.624 | 2.467       |               | 21    | 21    | 4.686 | 2.130 |             | 6     | 5     | 5.213 | 1.634 |
|               | 6  | 21    | 4.401 | 2.335       |               | 22    | 5     | 4.949 | 2.116 |             | 6     | 13    | 5.021 | 1.334 |
|               | 7  | 5     | 4.691 | 2.481       |               | 22    | 13    | 4.834 | 1.936 |             | 6     | 20    | 5.053 | 1.773 |
|               | 7  | 13    | 4.622 | 2.432       |               | 22    | 20    | 4.733 | 2.116 |             | 7     | 4     | 5.228 | 1.585 |
|               | 7  | 20    | 4.446 | 2.340       |               | 23    | 4     | 4.969 | 2.082 |             | 7     | 12    | 5.006 | 1.271 |
|               | 8  | 4     | 4.712 | 2.464       |               | 23    | 12    | 4.827 | 1.884 |             | 7     | 19    | 5.096 | 1.739 |
|               | 8  | 12    | 4.619 | 2.394       |               | 23    | 19    | 4.777 | 2.101 |             | 8     | 3     | 5.241 | 1.533 |
|               | 8  | 19    | 4.489 | 2.342       |               | 24    | 3     | 4.987 | 2.046 |             | 8     | 11    | 4.988 | 1.206 |
|               | 9  | 3     | 4.732 | 2.444       |               | 24    | 11    | 4.818 | 1.831 |             | 8     | 18    | 5.136 | 1.703 |
| 9             | 11 | 4.615 | 2.355 | 24          | 18            | 4.821 | 2.082 | 9     | 2     | 5.252       | 1.480 |       |       |       |
| 9             | 18 | 4.531 | 2.342 | 25          | 2             | 5.004 | 2.008 | 9     | 10    | 4.968       | 1.140 |       |       |       |
| 10            | 2  | 4.751 | 2.422 | 25          | 10            | 4.806 | 1.776 | 9     | 17    | 5.175       | 1.665 |       |       |       |
| 10            | 10 | 4.608 | 2.313 | 25          | 17            | 4.862 | 2.062 | 10    | 1     | 5.260       | 1.425 |       |       |       |
| 10            | 17 | 4.572 | 2.339 | 26          | 1             | 5.018 | 1.967 | 10    | 9     | 4.945       | 1.073 |       |       |       |
| 11            | 1  | 4.767 | 2.398 | 26          | 9             | 4.793 | 1.719 | 10    | 16    | 5.211       | 1.624 |       |       |       |
| 11            | 9  | 4.600 | 2.269 | 26          | 16            | 4.902 | 2.039 | 11    | 0     | 5.265       | 1.368 |       |       |       |
| 11            | 16 | 4.612 | 2.334 | 27          | 0             | 5.031 | 1.925 | 11    | 8     | 4.919       | 1.004 |       |       |       |
| 12            | 0  | 4.783 | 2.371 | 27          | 8             | 4.777 | 1.661 | 11    | 15    | 5.246       | 1.582 |       |       |       |
| 12            | 8  | 4.590 | 2.223 | 27          | 15            | 4.940 | 2.013 | 11    | 23    | 5.268       | 1.310 |       |       |       |
| 12            | 15 | 4.650 | 2.326 | 27          | 23            | 5.041 | 1.881 | 12    | 7     | 4.891       | 0.935 |       |       |       |
| 12            | 23 | 4.797 | 2.342 | 28          | 7             | 4.759 | 1.601 | 12    | 14    | 5.278       | 1.537 |       |       |       |
| 13            | 7  | 4.579 | 2.176 | 28          | 14            | 4.977 | 1.985 | 12    | 22    | 5.269       | 1.250 |       |       |       |
| 13            | 14 | 4.687 | 2.316 | 28          | 22            | 5.049 | 1.834 | 13    | 5     | 4.942       | 1.673 |       |       |       |
| 13            | 22 | 4.809 | 2.311 | 29          | 6             | 4.739 | 1.539 | 13    | 13    | 5.307       | 1.490 |       |       |       |
| 14            | 6  | 4.565 | 2.126 | 29          | 13            | 5.011 | 1.955 | 13    | 21    | 5.267       | 1.188 |       |       |       |
| 14            | 13 | 4.722 | 2.303 | 29          | 21            | 5.055 | 1.786 | 14    | 4     | 4.999       | 1.642 |       |       |       |
| 14            | 21 | 4.819 | 2.278 | 30          | 5             | 4.716 | 1.477 | 14    | 12    | 5.334       | 1.441 |       |       |       |
| 15            | 5  | 4.550 | 2.075 | 30          | 12            | 5.044 | 1.923 | 14    | 20    | 5.262       | 1.125 |       |       |       |
| 15            | 12 | 4.756 | 2.288 | 30          | 20            | 5.059 | 1.735 | 15    | 3     | 5.054       | 1.608 |       |       |       |
| 15            | 20 | 4.827 | 2.242 | 31          | 3             | 4.700 | 1.943 | 15    | 11    | 5.359       | 1.390 |       |       |       |
| 16            | 4  | 4.532 | 2.022 | 31          | 11            | 5.074 | 1.888 | 15    | 19    | 5.255       | 1.060 |       |       |       |
| 16            | 11 | 4.789 | 2.271 | <b>Août</b> | 31            | 19    | 5.061 | 1.683 | 16    | 2           | 5.108 | 1.573 |       |       |
| 16            | 19 | 4.834 | 2.205 |             | 1             | 2     | 4.756 | 1.926 | 16    | 10          | 5.381 | 1.337 |       |       |
| 17            | 3  | 4.513 | 1.967 |             | 1             | 10    | 5.103 | 1.851 | 16    | 18          | 5.245 | 0.994 |       |       |
| 17            | 10 | 4.820 | 2.251 |             | 1             | 18    | 5.060 | 1.629 | 17    | 1           | 5.158 | 1.535 |       |       |
| 17            | 18 | 4.839 | 2.165 |             | 2             | 1     | 4.810 | 1.907 | 17    | 9           | 5.401 | 1.282 |       |       |
| 18            | 2  | 4.492 | 1.911 | 2           | 9             | 5.129 | 1.812 | 17    | 17    | 5.232       | 0.927 |       |       |       |
| 18            | 9  | 4.849 | 2.228 | 2           | 17            | 5.057 | 1.573 | 18    | 0     | 5.207       | 1.495 |       |       |       |
| 18            | 17 | 4.842 | 2.123 | 3           | 0             | 4.862 | 1.885 | 18    | 8     | 5.418       | 1.226 |       |       |       |

---

## PHOBOS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  |       | X     | Y     | Date  |        | X      | Y      | Date   |        | X     | Y      |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Mois  | j h   | "     | "     | Mois  | j h    | "      | "      | Mois   | j h    | "     | "      |
| Août  | 18 16 | 5.216 | 0.859 | Sept. | 2 23   | 5.584  | 0.928  | Sept.  | 18 7   | 5.801 | -0.223 |
|       | 18 23 | 5.254 | 1.452 |       | 3 7    | 5.647  | 0.511  |        | 18 14  | 5.577 | 0.727  |
|       | 19 7  | 5.433 | 1.167 |       | 3 15   | 5.281  | 0.052  |        | 18 22  | 5.908 | 0.222  |
|       | 19 15 | 5.198 | 0.789 |       | 3 22   | 5.620  | 0.867  |        | 19 6   | 5.788 | -0.304 |
|       | 19 22 | 5.298 | 1.407 |       | 4 6    | 5.648  | 0.439  |        | 19 13  | 5.636 | 0.661  |
|       | 20 6  | 5.444 | 1.107 |       | 4 14   | 5.246  | -0.025 |        | 19 21  | 5.930 | 0.146  |
|       | 20 14 | 5.177 | 0.719 |       | 4 21   | 5.654  | 0.804  |        | 20 5   | 5.771 | -0.385 |
|       | 20 21 | 5.340 | 1.361 |       | 5 5    | 5.646  | 0.366  |        | 20 12  | 5.691 | 0.594  |
|       | 21 5  | 5.454 | 1.046 |       | 5 12   | 5.293  | 1.125  |        | 20 20  | 5.948 | 0.068  |
|       | 21 13 | 5.153 | 0.647 |       | 5 20   | 5.684  | 0.739  |        | 21 4   | 5.751 | -0.467 |
|       | 21 20 | 5.379 | 1.312 |       | 6 4    | 5.640  | 0.292  |        | 21 11  | 5.744 | 0.524  |
|       | 22 4  | 5.460 | 0.982 |       | 6 11   | 5.355  | 1.073  |        | 21 19  | 5.963 | -0.011 |
| 22 12 | 5.126 | 0.575 | 6 19  | 5.711 | 0.673  | 22 3   | 5.728  | -0.549 |        |       |        |
| 22 19 | 5.416 | 1.261 | 7 3   | 5.631 | 0.217  | 22 10  | 5.794  | 0.453  |        |       |        |
| 23 3  | 5.464 | 0.918 | 7 10  | 5.414 | 1.019  | 22 18  | 5.975  | -0.091 |        |       |        |
| 23 11 | 5.097 | 0.502 | 7 18  | 5.736 | 0.605  | 23 2   | 5.701  | -0.631 |        |       |        |
| 23 18 | 5.450 | 1.208 | 8 2   | 5.619 | 0.141  | 23 9   | 5.841  | 0.380  |        |       |        |
| 24 2  | 5.465 | 0.852 | 8 9   | 5.471 | 0.962  | 23 17  | 5.984  | -0.172 |        |       |        |
| 24 9  | 5.082 | 1.428 | 8 17  | 5.757 | 0.536  | 24 1   | 5.671  | -0.714 |        |       |        |
| 24 17 | 5.482 | 1.153 | 9 1   | 5.604 | 0.064  | 24 8   | 5.884  | 0.306  |        |       |        |
| 25 1  | 5.463 | 0.784 | 9 8   | 5.525 | 0.904  | 24 16  | 5.989  | -0.253 |        |       |        |
| 25 8  | 5.143 | 1.388 | 9 16  | 5.776 | 0.465  | 25 0   | 5.637  | -0.797 |        |       |        |
| 25 16 | 5.511 | 1.096 | 10 0  | 5.586 | -0.013 | 25 7   | 5.925  | 0.230  |        |       |        |
| 26 0  | 5.458 | 0.716 | 10 7  | 5.576 | 0.844  | 25 15  | 5.991  | -0.336 |        |       |        |
| 26 7  | 5.202 | 1.345 | 10 15 | 5.791 | 0.393  | 25 23  | 5.600  | -0.880 |        |       |        |
| 26 15 | 5.537 | 1.038 | 10 23 | 5.565 | -0.092 | 26 6   | 5.963  | 0.152  |        |       |        |
| 26 23 | 5.450 | 0.646 | 11 6  | 5.625 | 0.782  | 26 14  | 5.989  | -0.419 |        |       |        |
| 27 6  | 5.258 | 1.301 | 11 14 | 5.804 | 0.320  | 26 22  | 5.560  | -0.962 |        |       |        |
| 27 14 | 5.561 | 0.977 | 11 22 | 5.540 | -0.170 | 27 5   | 5.997  | 0.073  |        |       |        |
| 27 22 | 5.439 | 0.575 | 12 5  | 5.671 | 0.717  | 27 13  | 5.984  | -0.503 |        |       |        |
| 28 5  | 5.313 | 1.254 | 12 13 | 5.813 | 0.245  | 27 20  | 5.619  | 0.570  |        |       |        |
| 28 13 | 5.582 | 0.915 | 12 21 | 5.513 | -0.250 | 28 4   | 6.028  | -0.007 |        |       |        |
| 28 21 | 5.426 | 0.503 | 13 4  | 5.714 | 0.652  | 28 12  | 5.976  | -0.588 |        |       |        |
| 29 4  | 5.364 | 1.204 | 13 12 | 5.819 | 0.170  | 28 19  | 5.685  | 0.498  |        |       |        |
| 29 12 | 5.600 | 0.852 | 13 20 | 5.482 | -0.329 | 29 3   | 6.056  | -0.088 |        |       |        |
| 29 20 | 5.409 | 0.429 | 14 3  | 5.754 | 0.584  | 29 11  | 5.964  | -0.673 |        |       |        |
| 30 3  | 5.413 | 1.153 | 14 11 | 5.822 | 0.093  | 29 18  | 5.748  | 0.425  |        |       |        |
| 30 11 | 5.615 | 0.786 | 14 19 | 5.448 | -0.409 | 30 2   | 6.081  | -0.171 |        |       |        |
| 30 19 | 5.390 | 0.356 | 15 2  | 5.791 | 0.515  | 30 10  | 5.949  | -0.758 |        |       |        |
| 31 2  | 5.460 | 1.100 | 15 10 | 5.822 | 0.015  | 30 17  | 5.808  | 0.349  |        |       |        |
| 31 10 | 5.628 | 0.720 | 15 18 | 5.410 | -0.489 | Oct.   | 1 1    | 6.102  | -0.255 |       |        |
| 31 18 | 5.367 | 0.281 | 16 1  | 5.825 | 0.444  |        | 1 9    | 5.930  | -0.844 |       |        |
| Sept. | 1 1   | 5.504 | 1.044 | 16 9  | 5.818  | -0.063 | 1 16   | 5.865  | 0.272  |       |        |
|       | 1 9   | 5.637 | 0.651 | 16 16 | 5.452  | 0.852  | 2 0    | 6.120  | -0.340 |       |        |
| 1 17  | 5.341 | 0.205 | 17 0  | 5.856 | 0.371  | 2 8    | 5.908  | -0.930 |        |       |        |
| 2 0   | 5.546 | 0.987 | 17 8  | 5.811 | -0.143 | 2 15   | 5.919  | 0.194  |        |       |        |
| 2 8   | 5.644 | 0.582 | 17 15 | 5.516 | 0.791  | 2 23   | 6.135  | -0.425 |        |       |        |
| 2 16  | 5.313 | 0.129 | 17 23 | 5.883 | 0.298  | 3 7    | 5.882  | -1.016 |        |       |        |



## PHOBOS 2013

---

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2451545.0).

---

| Date        |    |       | X      | Y           | Date        |       |        | X      | Y      | Date        |        |        | X     | Y      |
|-------------|----|-------|--------|-------------|-------------|-------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------|--------|
| Mois        | j  | h     | "      | "           | Mois        | j     | h      | "      | "      | Mois        | j      | h      | "     | "      |
| <b>Oct.</b> | 3  | 14    | 5.969  | 0.114       | <b>Oct.</b> | 18    | 22     | 6.325  | -1.321 | <b>Nov.</b> | 3      | 5      | 6.412 | -0.676 |
|             | 3  | 22    | 6.146  | -0.512      |             | 19    | 5      | 5.923  | 0.055  |             | 3      | 13     | 6.670 | -1.539 |
|             | 4  | 6     | 5.853  | -1.102      |             | 19    | 13     | 6.364  | -0.705 |             | 3      | 21     | 6.420 | -2.289 |
|             | 4  | 13    | 6.017  | 0.032       |             | 19    | 21     | 6.317  | -1.415 |             | 4      | 4      | 6.472 | -0.783 |
|             | 4  | 21    | 6.153  | -0.599      |             | 20    | 4      | 5.995  | -0.036 |             | 4      | 12     | 6.687 | -1.646 |
|             | 5  | 5     | 5.820  | -1.188      |             | 20    | 12     | 6.395  | -0.801 |             | 4      | 20     | 6.391 | -2.387 |
|             | 5  | 12    | 6.062  | -0.051      |             | 20    | 20     | 6.305  | -1.510 |             | 5      | 3      | 6.529 | -0.890 |
|             | 5  | 20    | 6.157  | -0.687      |             | 21    | 3      | 6.063  | -0.127 |             | 5      | 11     | 6.699 | -1.752 |
|             | 6  | 4     | 5.784  | -1.273      |             | 21    | 11     | 6.422  | -0.898 |             | 5      | 19     | 6.358 | -2.484 |
|             | 6  | 11    | 6.103  | -0.136      |             | 21    | 19     | 6.290  | -1.605 |             | 6      | 2      | 6.582 | -0.999 |
|             | 6  | 19    | 6.158  | -0.775      |             | 22    | 2      | 6.129  | -0.221 |             | 6      | 10     | 6.708 | -1.859 |
|             | 7  | 3     | 5.744  | -1.359      |             | 22    | 10     | 6.446  | -0.996 |             | 6      | 18     | 6.322 | -2.581 |
|             | 7  | 10    | 6.141  | -0.222      |             | 22    | 18     | 6.271  | -1.699 |             | 7      | 1      | 6.632 | -1.109 |
|             | 7  | 18    | 6.155  | -0.864      |             | 23    | 1      | 6.191  | -0.316 |             | 7      | 9      | 6.713 | -1.965 |
|             | 8  | 1     | 5.729  | 0.354       |             | 23    | 9      | 6.467  | -1.094 |             | 7      | 17     | 6.282 | -2.676 |
|             | 8  | 9     | 6.175  | -0.309      |             | 23    | 17     | 6.248  | -1.793 |             | 8      | 0      | 6.679 | -1.219 |
|             | 8  | 17    | 6.149  | -0.953      |             | 24    | 0      | 6.250  | -0.412 |             | 8      | 8      | 6.714 | -2.072 |
|             | 9  | 0     | 5.799  | 0.274       |             | 24    | 8      | 6.483  | -1.193 |             | 8      | 16     | 6.238 | -2.770 |
| 9           | 8  | 6.206 | -0.397 | 24          | 16          | 6.221 | -1.887 | 8      | 23     | 6.721       | -1.331 |        |       |        |
| 9           | 16 | 6.139 | -1.043 | 24          | 23          | 6.306 | -0.510 | 9      | 7      | 6.711       | -2.178 |        |       |        |
| 9           | 23 | 5.866 | 0.193  | 25          | 7           | 6.496 | -1.292 | 9      | 14     | 6.298       | -0.495 |        |       |        |
| 10          | 7  | 6.234 | -0.486 | 25          | 15          | 6.191 | -1.981 | 9      | 22     | 6.760       | -1.442 |        |       |        |
| 10          | 15 | 6.125 | -1.133 | 25          | 22          | 6.358 | -0.609 | 10     | 6      | 6.704       | -2.284 |        |       |        |
| 10          | 22 | 5.931 | 0.110  | 26          | 6           | 6.506 | -1.392 | 10     | 13     | 6.377       | -0.606 |        |       |        |
| 11          | 6  | 6.259 | -0.576 | 26          | 14          | 6.157 | -2.073 | 10     | 21     | 6.796       | -1.555 |        |       |        |
| 11          | 14 | 6.108 | -1.223 | 26          | 21          | 6.407 | -0.709 | 11     | 5      | 6.693       | -2.390 |        |       |        |
| 11          | 21 | 5.992 | 0.025  | 27          | 5           | 6.511 | -1.492 | 11     | 12     | 6.453       | -0.718 |        |       |        |
| 12          | 5  | 6.279 | -0.667 | 27          | 13          | 6.119 | -2.166 | 11     | 20     | 6.827       | -1.668 |        |       |        |
| 12          | 13 | 6.087 | -1.313 | 27          | 20          | 6.453 | -0.810 | 12     | 4      | 6.679       | -2.495 |        |       |        |
| 12          | 20 | 6.050 | -0.062 | 28          | 4           | 6.513 | -1.592 | 12     | 11     | 6.526       | -0.832 |        |       |        |
| 13          | 4  | 6.297 | -0.759 | 28          | 12          | 6.077 | -2.257 | 12     | 19     | 6.855       | -1.781 |        |       |        |
| 13          | 12 | 6.063 | -1.403 | 28          | 19          | 6.495 | -0.912 | 13     | 3      | 6.660       | -2.599 |        |       |        |
| 13          | 19 | 6.105 | -0.150 | 29          | 3           | 6.511 | -1.692 | 13     | 10     | 6.595       | -0.947 |        |       |        |
| 14          | 3  | 6.311 | -0.852 | 29          | 10          | 6.060 | -0.164 | 13     | 18     | 6.879       | -1.895 |        |       |        |
| 14          | 11 | 6.035 | -1.492 | 29          | 18          | 6.533 | -1.015 | 14     | 2      | 6.637       | -2.703 |        |       |        |
| 14          | 18 | 6.156 | -0.239 | 30          | 2           | 6.505 | -1.793 | 14     | 9      | 6.660       | -1.063 |        |       |        |
| 15          | 2  | 6.321 | -0.945 | 30          | 9           | 6.137 | -0.264 | 14     | 17     | 6.899       | -2.009 |        |       |        |
| 15          | 10 | 6.003 | -1.582 | 30          | 17          | 6.568 | -1.119 | 15     | 1      | 6.611       | -2.806 |        |       |        |
| 15          | 17 | 6.205 | -0.330 | 31          | 1           | 6.496 | -1.893 | 15     | 8      | 6.722       | -1.180 |        |       |        |
| 16          | 1  | 6.327 | -1.038 | 31          | 8           | 6.210 | -0.365 | 15     | 16     | 6.915       | -2.123 |        |       |        |
| 16          | 9  | 5.968 | -1.671 | <b>Nov.</b> | 31          | 16    | 6.599  | -1.223 | 16     | 0           | 6.580  | -2.908 |       |        |
| 16          | 16 | 6.249 | -0.422 |             | 1           | 0     | 6.483  | -1.992 | 16     | 7           | 6.781  | -1.298 |       |        |
| 17          | 0  | 6.330 | -1.132 |             | 1           | 7     | 6.281  | -0.467 | 16     | 15          | 6.927  | -2.237 |       |        |
| 17          | 8  | 5.929 | -1.759 |             | 1           | 15    | 6.627  | -1.328 | 16     | 23          | 6.545  | -3.009 |       |        |
| 17          | 15 | 6.291 | -0.515 | 1           | 23          | 6.466 | -2.092 | 17     | 6      | 6.836       | -1.417 |        |       |        |
| 17          | 23 | 6.330 | -1.226 | 2           | 6           | 6.348 | -0.571 | 17     | 14     | 6.936       | -2.350 |        |       |        |
| 18          | 7  | 5.886 | -1.847 | 2           | 14          | 6.650 | -1.433 | 17     | 22     | 6.507       | -3.109 |        |       |        |
| 18          | 14 | 6.329 | -0.610 | 2           | 22          | 6.445 | -2.191 | 18     | 5      | 6.887       | -1.537 |        |       |        |

---

## PHOBOS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongation *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2451545.0).

| Date  |       | X      | Y      | Date  |        | X      | Y      | Date   |        | X      | Y      |
|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mois  | j h   | "      | "      | Mois  | j h    | "      | "      | Mois   | j h    | "      | "      |
| Nov.  | 18 13 | 6.940  | -2.464 | Déc.  | 3 5    | 7.357  | -2.526 | Déc.   | 17 21  | 7.678  | -2.468 |
|       | 18 21 | 6.464  | -3.207 |       | 3 13   | 7.179  | -3.472 |        | 18 5   | 7.834  | -3.650 |
|       | 19 4  | 6.934  | -1.657 |       | 3 20   | 7.054  | -1.530 |        | 18 13  | 7.393  | -4.557 |
|       | 19 12 | 6.940  | -2.577 |       | 4 4    | 7.391  | -2.658 |        | 18 20  | 7.750  | -2.622 |
|       | 19 19 | 6.485  | -0.735 |       | 4 12   | 7.162  | -3.588 |        | 19 4   | 7.854  | -3.790 |
|       | 20 3  | 6.978  | -1.778 |       | 4 19   | 7.133  | -1.668 |        | 19 12  | 7.357  | -4.673 |
|       | 20 11 | 6.937  | -2.690 |       | 5 3    | 7.421  | -2.790 |        | 19 19  | 7.819  | -2.776 |
|       | 20 18 | 6.570  | -0.856 |       | 5 11   | 7.141  | -3.703 |        | 20 3   | 7.868  | -3.929 |
|       | 21 2  | 7.018  | -1.899 |       | 5 18   | 7.208  | -1.807 |        | 20 11  | 7.317  | -4.786 |
|       | 21 10 | 6.929  | -2.802 |       | 6 2    | 7.446  | -2.922 |        | 20 18  | 7.883  | -2.931 |
|       | 21 17 | 6.652  | -0.979 |       | 6 10   | 7.116  | -3.817 |        | 21 2   | 7.879  | -4.068 |
|       | 22 1  | 7.055  | -2.021 |       | 6 17   | 7.280  | -1.947 |        | 21 9   | 7.395  | -1.737 |
|       | 22 9  | 6.917  | -2.913 |       | 7 1    | 7.468  | -3.053 |        | 21 17  | 7.944  | -3.086 |
|       | 22 16 | 6.731  | -1.104 |       | 7 9    | 7.087  | -3.930 |        | 22 1   | 7.884  | -4.205 |
|       | 23 0  | 7.087  | -2.143 |       | 7 16   | 7.348  | -2.087 |        | 22 8   | 7.503  | -1.899 |
|       | 23 8  | 6.901  | -3.024 |       | 8 0    | 7.486  | -3.183 |        | 22 16  | 8.000  | -3.241 |
|       | 23 15 | 6.806  | -1.229 |       | 8 8    | 7.053  | -4.041 |        | 23 0   | 7.885  | -4.341 |
|       | 23 23 | 7.116  | -2.265 |       | 8 15   | 7.412  | -2.229 |        | 23 7   | 7.607  | -2.062 |
|       | 24 7  | 6.881  | -3.134 |       | 8 23   | 7.499  | -3.314 |        | 23 15  | 8.053  | -3.396 |
|       | 24 14 | 6.877  | -1.355 |       | 9 7    | 7.015  | -4.150 |        | 23 23  | 7.882  | -4.475 |
|       | 24 22 | 7.140  | -2.388 |       | 9 14   | 7.472  | -2.370 |        | 24 6   | 7.708  | -2.227 |
|       | 25 6  | 6.857  | -3.242 |       | 9 22   | 7.508  | -3.443 |        | 24 14  | 8.101  | -3.551 |
|       | 25 13 | 6.945  | -1.483 |       | 10 6   | 6.972  | -4.257 |        | 24 22  | 7.874  | -4.608 |
| 25 21 | 7.161 | -2.510 | 10 13  | 7.529 | -2.512 | 25 5   | 7.806  | -2.393 |        |        |        |
| 26 5  | 6.829 | -3.350 | 10 21  | 7.513 | -3.572 | 25 13  | 8.145  | -3.705 |        |        |        |
| 26 12 | 7.010 | -1.611 | 11 4   | 7.068 | -1.412 | 25 21  | 7.861  | -4.739 |        |        |        |
| 26 20 | 7.177 | -2.632 | 11 12  | 7.581 | -2.655 | 26 4   | 7.900  | -2.559 |        |        |        |
| 27 4  | 6.797 | -3.456 | 11 20  | 7.514 | -3.700 | 26 12  | 8.184  | -3.859 |        |        |        |
| 27 11 | 7.071 | -1.740 | 12 3   | 7.165 | -1.560 | 26 20  | 7.843  | -4.869 |        |        |        |
| 27 19 | 7.190 | -2.754 | 12 11  | 7.630 | -2.797 | 27 3   | 7.990  | -2.727 |        |        |        |
| 28 3  | 6.761 | -3.561 | 12 19  | 7.510 | -3.826 | 27 11  | 8.219  | -4.013 |        |        |        |
| 28 10 | 7.128 | -1.870 | 13 2   | 7.260 | -1.709 | 27 19  | 7.820  | -4.996 |        |        |        |
| 28 18 | 7.198 | -2.875 | 13 10  | 7.674 | -2.940 | 28 2   | 8.076  | -2.895 |        |        |        |
| 29 2  | 6.720 | -3.664 | 13 18  | 7.502 | -3.952 | 28 10  | 8.250  | -4.165 |        |        |        |
| 29 9  | 7.181 | -2.001 | 14 1   | 7.351 | -1.859 | 28 18  | 7.793  | -5.122 |        |        |        |
| 29 17 | 7.203 | -2.996 | 14 9   | 7.715 | -3.083 | 29 1   | 8.159  | -3.063 |        |        |        |
| 30 0  | 6.705 | -0.989 | 14 17  | 7.489 | -4.076 | 29 9   | 8.276  | -4.317 |        |        |        |
| 30 8  | 7.231 | -2.132 | 15 0   | 7.438 | -2.010 | 29 17  | 7.760  | -5.245 |        |        |        |
| 30 16 | 7.203 | -3.116 | 15 8   | 7.751 | -3.225 | 30 0   | 8.237  | -3.232 |        |        |        |
| 30 23 | 6.797 | -1.122 | 15 16  | 7.472 | -4.199 | 30 8   | 8.297  | -4.467 |        |        |        |
| Déc.  | 1 7   | 7.277  | -2.263 | 15 23 | 7.521  | -2.162 | 30 16  | 7.723  | -5.366 |        |        |
|       | 1 15  | 7.199  | -3.236 | 16 7  | 7.783  | -3.367 | 30 23  | 8.311  | -3.401 |        |        |
|       | 1 22  | 6.886  | -1.257 | 16 15 | 7.450  | -4.320 | 31 7   | 8.313  | -4.617 |        |        |
|       | 2 6   | 7.319  | -2.395 | 16 22 | 7.601  | -2.314 | 31 14  | 7.796  | -2.109 |        |        |
|       | 2 14  | 7.191  | -3.354 | 17 6  | 7.811  | -3.509 | 31 22  | 8.382  | -3.571 |        |        |
|       | 2 21  | 6.972  | -1.393 | 17 14 | 7.424  | -4.439 | Janv.  | 1 6    | 8.325  | -4.765 |        |

## DÉIMOS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X      | Y      | Date         |    |    | X      | Y     | Date        |    |    | X      | Y     |
|--------------|----|----|--------|--------|--------------|----|----|--------|-------|-------------|----|----|--------|-------|
| Mois         | j  | h  | "      | "      | Mois         | j  | h  | "      | "     | Mois        | j  | h  | "      | "     |
| <b>Déc.</b>  | 31 | 21 | 14.478 | -1.265 | <b>Mars</b>  | 2  | 15 | 12.659 | 5.109 | <b>Mai</b>  | 2  | 9  | 10.481 | 7.566 |
| <b>Janv.</b> | 2  | 3  | 14.416 | -1.443 |              | 3  | 21 | 12.642 | 4.718 |             | 3  | 15 | 10.435 | 7.199 |
|              | 3  | 10 | 14.453 | -0.709 |              | 5  | 3  | 12.549 | 4.297 |             | 4  | 22 | 10.428 | 7.812 |
|              | 4  | 16 | 14.447 | -0.900 |              | 6  | 10 | 12.509 | 5.222 |             | 6  | 4  | 10.424 | 7.480 |
|              | 5  | 23 | 14.378 | -0.141 |              | 7  | 16 | 12.467 | 4.815 |             | 7  | 11 | 10.364 | 8.020 |
|              | 7  | 5  | 14.428 | -0.341 |              | 8  | 22 | 12.355 | 4.380 |             | 8  | 17 | 10.400 | 7.723 |
|              | 8  | 11 | 14.395 | -0.554 |              | 10 | 5  | 12.350 | 5.313 |             | 9  | 23 | 10.367 | 7.388 |
|              | 9  | 18 | 14.358 | 0.227  |              | 11 | 11 | 12.287 | 4.895 |             | 11 | 6  | 10.365 | 7.928 |
|              | 11 | 0  | 14.383 | 0.007  |              | 12 | 18 | 12.198 | 5.790 |             | 12 | 12 | 10.371 | 7.626 |
|              | 12 | 6  | 14.321 | -0.222 |              | 14 | 0  | 12.185 | 5.391 |             | 13 | 19 | 10.318 | 8.092 |
|              | 13 | 13 | 14.321 | 0.576  |              | 15 | 6  | 12.099 | 4.953 |             | 15 | 1  | 10.364 | 7.824 |
|              | 14 | 19 | 14.316 | 0.339  |              | 16 | 13 | 12.050 | 5.862 |             | 16 | 7  | 10.344 | 7.522 |
|              | 16 | 1  | 14.232 | 0.091  |              | 17 | 19 | 12.014 | 5.445 |             | 17 | 14 | 10.345 | 7.983 |
|              | 17 | 8  | 14.261 | 0.908  |              | 19 | 1  | 11.905 | 4.998 |             | 18 | 20 | 10.365 | 7.716 |
|              | 18 | 14 | 14.234 | 0.654  |              | 20 | 8  | 11.897 | 5.914 |             | 20 | 3  | 10.316 | 8.101 |
|              | 19 | 21 | 14.155 | 1.480  |              | 21 | 14 | 11.836 | 5.485 |             | 21 | 9  | 10.374 | 7.868 |
|              | 21 | 3  | 14.184 | 1.223  |              | 22 | 21 | 11.751 | 6.358 |             | 22 | 15 | 10.365 | 7.596 |
|              | 22 | 9  | 14.130 | 0.946  |              | 24 | 3  | 11.737 | 5.949 |             | 23 | 22 | 10.372 | 7.979 |
|              | 23 | 16 | 14.085 | 1.794  |              | 25 | 9  | 11.656 | 5.510 |             | 25 | 4  | 10.404 | 7.743 |
|              | 24 | 22 | 14.089 | 1.515  |              | 26 | 16 | 11.611 | 6.388 |             | 26 | 10 | 10.364 | 7.470 |
|              | 26 | 4  | 14.011 | 1.222  |              | 27 | 22 | 11.575 | 5.971 |             | 27 | 17 | 10.431 | 7.849 |
|              | 27 | 11 | 13.999 | 2.083  |              | 29 | 4  | 11.468 | 5.515 |             | 28 | 23 | 10.431 | 7.610 |
|              | 28 | 17 | 13.977 | 1.789  |              | 30 | 11 | 11.468 | 6.407 |             | 30 | 6  | 10.446 | 7.911 |
|              | 29 | 23 | 13.877 | 1.474  |              | 31 | 17 | 11.407 | 5.974 |             | 31 | 12 | 10.486 | 7.709 |
|              | 31 | 6  | 13.894 | 2.355  | <b>Avril</b> | 2  | 0  | 11.335 | 6.812 | <b>Juin</b> | 1  | 18 | 10.460 | 7.472 |
| <b>Févr.</b> | 1  | 12 | 13.851 | 2.041  |              | 3  | 6  | 11.321 | 6.406 |             | 3  | 1  | 10.529 | 7.764 |
|              | 2  | 19 | 13.763 | 2.915  |              | 4  | 12 | 11.236 | 5.966 |             | 4  | 7  | 10.544 | 7.563 |
|              | 4  | 1  | 13.776 | 2.606  |              | 5  | 19 | 11.211 | 6.809 |             | 5  | 14 | 10.559 | 7.776 |
|              | 5  | 7  | 13.707 | 2.271  |              | 7  | 1  | 11.170 | 6.393 |             | 6  | 20 | 10.613 | 7.610 |
|              | 6  | 14 | 13.653 | 3.163  |              | 8  | 8  | 11.079 | 7.181 |             | 8  | 2  | 10.599 | 7.409 |
|              | 7  | 20 | 13.642 | 2.832  |              | 9  | 14 | 11.082 | 6.791 |             | 9  | 9  | 10.670 | 7.614 |
|              | 9  | 2  | 13.551 | 2.483  |              | 10 | 20 | 11.019 | 6.368 |             | 10 | 15 | 10.697 | 7.448 |
|              | 10 | 9  | 13.530 | 3.386  |              | 12 | 3  | 10.974 | 7.159 |             | 11 | 22 | 10.711 | 7.574 |
|              | 11 | 15 | 13.494 | 3.042  |              | 13 | 9  | 10.954 | 6.764 |             | 13 | 4  | 10.780 | 7.444 |
|              | 12 | 21 | 13.383 | 2.669  |              | 14 | 15 | 10.863 | 6.328 |             | 14 | 10 | 10.777 | 7.279 |
|              | 14 | 4  | 13.392 | 3.592  |              | 15 | 22 | 10.869 | 7.129 |             | 15 | 17 | 10.847 | 7.395 |
|              | 15 | 10 | 13.336 | 3.226  |              | 17 | 4  | 10.822 | 6.720 |             | 16 | 23 | 10.887 | 7.266 |
|              | 16 | 17 | 13.247 | 4.129  |              | 18 | 11 | 10.766 | 7.459 |             | 18 | 6  | 10.896 | 7.303 |
|              | 17 | 23 | 13.245 | 3.774  |              | 19 | 17 | 10.762 | 7.082 |             | 19 | 12 | 10.979 | 7.208 |
|              | 19 | 5  | 13.164 | 3.390  |              | 20 | 23 | 10.688 | 6.670 |             | 20 | 18 | 10.993 | 7.082 |
|              | 20 | 12 | 13.111 | 4.308  |              | 22 | 6  | 10.686 | 7.410 |             | 22 | 1  | 11.052 | 7.106 |
|              | 21 | 18 | 13.085 | 3.934  |              | 23 | 12 | 10.653 | 7.026 |             | 23 | 7  | 11.109 | 7.014 |
|              | 23 | 0  | 12.985 | 3.537  |              | 24 | 19 | 10.593 | 7.702 |             | 24 | 14 | 11.105 | 6.961 |
|              | 24 | 7  | 12.964 | 4.463  |              | 26 | 1  | 10.602 | 7.349 |             | 25 | 20 | 11.204 | 6.902 |
|              | 25 | 13 | 12.916 | 4.077  |              | 27 | 7  | 10.545 | 6.961 |             | 27 | 2  | 11.236 | 6.813 |
|              | 26 | 20 | 12.803 | 4.975  |              | 28 | 14 | 10.536 | 7.638 |             | 28 | 9  | 11.278 | 6.746 |
|              | 28 | 2  | 12.807 | 4.602  |              | 29 | 20 | 10.520 | 7.281 |             | 29 | 15 | 11.355 | 6.691 |
| <b>Mars</b>  | 1  | 8  | 12.738 | 4.196  | <b>Mai</b>   | 1  | 3  | 10.457 | 7.889 |             | 30 | 21 | 11.358 | 6.606 |

## DÉIMOS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations *est*

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date             |        | X      | Y               | Date        |              | X           | Y      | Date        |        | X           | Y      |        |        |
|------------------|--------|--------|-----------------|-------------|--------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------|--------|
| Mois             | j h    | "      | "               | Mois        | j h          | "           | "      | Mois        | j h    | "           | "      |        |        |
| <b>Juill.</b>    | 2 4    | 11.450 | 6.525           | <b>Août</b> | 31 21        | 13.977      | 1.809  | <b>Oct.</b> | 31 14  | 16.155      | -3.915 |        |        |
|                  | 3 10   | 11.499 | 6.472           |             | <b>Sept.</b> | 2 4         | 14.054 |             | 1.139  | <b>Nov.</b> | 1 21   | 16.137 | -4.999 |
|                  | 4 17   | 11.520 | 6.316           |             |              | 3 10        | 14.116 |             | 1.331  |             | 3 3    | 16.263 | -4.615 |
|                  | 5 23   | 11.615 | 6.296           |             |              | 4 16        | 14.098 |             | 1.523  |             | 4 9    | 16.306 | -4.205 |
|                  | 7 5    | 11.641 | 6.250           |             |              | 5 23        | 14.202 |             | 0.830  |             | 5 16   | 16.309 | -5.314 |
|                  | 8 12   | 11.704 | 6.077           | 7 5         | 14.246       | 1.034       | 6 22   | 16.427      | -4.920 |             |        |        |        |
|                  | 9 18   | 11.776 | 6.061           | 8 12        | 14.233       | 0.310       | 8 4    | 16.464      | -4.490 |             |        |        |        |
|                  | 11 0   | 11.777 | 6.022           | 9 18        | 14.341       | 0.522       | 9 11   | 16.485      | -5.634 |             |        |        |        |
|                  | 12 7   | 11.883 | 5.830           | 11 0        | 14.375       | 0.739       | 10 17  | 16.600      | -5.224 |             |        |        |        |
|                  | 13 13  | 11.932 | 5.822           | 12 7        | 14.381       | -0.007      | 11 23  | 16.626      | -4.778 |             |        |        |        |
|                  | 14 20  | 11.960 | 5.560           | 13 13       | 14.478       | 0.215       | 13 6   | 16.673      | -5.954 |             |        |        |        |
|                  | 16 2   | 12.058 | 5.580           | 14 19       | 14.498       | 0.449       | 14 12  | 16.778      | -5.527 |             |        |        |        |
|                  | 17 8   | 12.081 | 5.577           | 16 2        | 14.525       | -0.326      | 15 18  | 16.800      | -5.069 |             |        |        |        |
| 18 15            | 12.151 | 5.298  | 17 8            | 14.610      | -0.086       | 17 1        | 16.867 | -6.274      |        |             |        |        |        |
| 19 21            | 12.224 | 5.323  | 18 14           | 14.617      | 0.160        | 18 7        | 16.967 | -5.837      |        |             |        |        |        |
| 21 3             | 12.227 | 5.330  | 19 21           | 14.666      | -0.638       | 19 13       | 16.981 | -5.356      |        |             |        |        |        |
| 22 10            | 12.333 | 5.030  | 21 3            | 14.738      | -0.387       | 20 20       | 17.071 | -6.602      |        |             |        |        |        |
| 23 16            | 12.386 | 5.064  | 22 9            | 14.735      | -0.124       | 22 2        | 17.166 | -6.144      |        |             |        |        |        |
| 24 23            | 12.406 | 4.700  | 23 16           | 14.802      | -0.949       | 23 8        | 17.172 | -5.652      |        |             |        |        |        |
| 26 5             | 12.509 | 4.758  | 24 22           | 14.865      | -0.684       | 24 15       | 17.288 | -6.929      |        |             |        |        |        |
| 27 11            | 12.540 | 4.801  | 26 4            | 14.847      | -0.404       | 25 21       | 17.375 | -6.460      |        |             |        |        |        |
| 28 18            | 12.594 | 4.416  | 27 11           | 14.937      | -1.258       | 27 3        | 17.377 | -5.948      |        |             |        |        |        |
| 30 0             | 12.678 | 4.484  | 28 17           | 14.988      | -0.976       | 28 10       | 17.515 | -7.263      |        |             |        |        |        |
| 31 6             | 12.687 | 4.535  | 29 23           | 14.961      | -0.683       | 29 16       | 17.600 | -6.780      |        |             |        |        |        |
| <b>Août</b> 1 13 | 12.777 | 4.131  | <b>Oct.</b> 1 6 | 15.070      | -1.561       | 30 22       | 17.591 | -6.248      |        |             |        |        |        |
| 2 19             | 12.839 | 4.206  | 2 12            | 15.110      | -1.269       | <b>Déc.</b> | 2 5    | 17.759      | -7.605 |             |        |        |        |
| 4 2              | 12.835 | 3.744  | 3 19            | 15.092      | -2.157       |             | 3 11   | 17.836      | -7.102 |             |        |        |        |
| 5 8              | 12.950 | 3.842  | 5 1             | 15.200      | -1.866       |             | 4 18   | 17.853      | -8.419 |             |        |        |        |
| 6 14             | 12.995 | 3.927  | 6 7             | 15.233      | -1.554       |             | 6 0    | 18.017      | -7.949 |             |        |        |        |
| 7 21             | 13.019 | 3.445  | 7 14            | 15.231      | -2.472       |             | 7 6    | 18.090      | -7.438 |             |        |        |        |
| 9 3              | 13.118 | 3.550  | 8 20            | 15.333      | -2.165       | 8 13        | 18.133 | -8.785      |        |             |        |        |        |
| 10 9             | 13.142 | 3.648  | 10 2            | 15.353      | -1.838       | 9 19        | 18.291 | -8.307      |        |             |        |        |        |
| 11 16            | 13.197 | 3.142  | 11 9            | 15.374      | -2.784       | 11 1        | 18.361 | -7.775      |        |             |        |        |        |
| 12 22            | 13.278 | 3.260  | 12 15           | 15.464      | -2.461       | 12 8        | 18.428 | -9.165      |        |             |        |        |        |
| 14 4             | 13.284 | 3.367  | 13 21           | 15.477      | -2.121       | 13 14       | 18.587 | -8.672      |        |             |        |        |        |
| 15 11            | 13.368 | 2.840  | 15 4            | 15.514      | -3.091       | 14 20       | 18.649 | -8.126      |        |             |        |        |        |
| 16 17            | 13.430 | 2.966  | 16 10           | 15.597      | -2.758       | 16 3        | 18.747 | -9.556      |        |             |        |        |        |
| 17 23            | 13.419 | 3.089  | 17 16           | 15.600      | -2.397       | 17 9        | 18.899 | -9.046      |        |             |        |        |        |
| 19 6             | 13.529 | 2.536  | 18 23           | 15.657      | -3.401       | 18 15       | 18.961 | -8.491      |        |             |        |        |        |
| 20 12            | 13.577 | 2.675  | 20 5            | 15.732      | -3.048       | 19 22       | 19.084 | -9.955      |        |             |        |        |        |
| 21 19            | 13.581 | 2.079  | 21 11           | 15.725      | -2.675       | 21 4        | 19.237 | -9.440      |        |             |        |        |        |
| 23 1             | 13.686 | 2.233  | 22 18           | 15.804      | -3.705       | 22 10       | 19.293 | -8.861      |        |             |        |        |        |
| 24 7             | 13.715 | 2.385  | 24 0            | 15.868      | -3.340       | 23 17       | 19.446 | -10.376     |        |             |        |        |        |
| 25 14            | 13.746 | 1.764  | 25 6            | 15.855      | -2.948       | 24 23       | 19.599 | -9.841      |        |             |        |        |        |
| 26 20            | 13.835 | 1.931  | 26 13           | 15.951      | -4.009       | 26 5        | 19.652 | -9.255      |        |             |        |        |        |
| 28 2             | 13.849 | 2.095  | 27 19           | 16.011      | -3.629       | 27 12       | 19.836 | -10.807     |        |             |        |        |        |
| 29 9             | 13.904 | 1.453  | 29 1            | 15.985      | -3.218       | 28 18       | 19.985 | -10.264     |        |             |        |        |        |
| 30 15            | 13.977 | 1.629  | 30 8            | 16.105      | -4.315       | 30 0        | 20.040 | -9.662      |        |             |        |        |        |

## DÉIMOS 2013

---

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongation *est***  
Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

---

| Date             | X      | Y       | Date              | X      | Y       | Date              | X      | Y       |
|------------------|--------|---------|-------------------|--------|---------|-------------------|--------|---------|
| Mois j h         | "      | "       | Mois j h          | "      | "       | Mois j h          | "      | "       |
| <b>Déc. 31 7</b> | 20.251 | -11.259 | <b>Janv. 1 13</b> | 20.406 | -10.707 | <b>Janv. 2 19</b> | 20.455 | -10.087 |

---

# SATELLITES DE JUPITER

Coordonnées tangentielles (X,Y)  
aux heures les plus proches des plus grandes élongations

|                |         |
|----------------|---------|
| IO .....       | II. 110 |
| EUROPE .....   | II. 113 |
| GANYMÈDE ..... | II. 115 |
| CALLISTO ..... | II. 116 |

## IO 2013

## X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date                        |    |          | X        | Y           | Date         |          |          | X        | Y          | Date        |              |          | X        | Y        |         |
|-----------------------------|----|----------|----------|-------------|--------------|----------|----------|----------|------------|-------------|--------------|----------|----------|----------|---------|
| Mois                        | j  | h        | "        | "           | Mois         | j        | h        | "        | "          | Mois        | j            | h        | "        | "        |         |
| <b>Déc.</b><br><b>Janv.</b> | 31 | 17       | -136.695 | -22.094     | <b>Févr.</b> | 10       | 9        | -121.272 | -21.271    | <b>Mars</b> | 23           | 2        | -106.910 | -15.617  |         |
|                             | 1  | 14       | 135.556  | 22.183      |              | 11       | 6        | 120.186  | 21.187     |             | 23           | 23       | 106.442  | 15.542   |         |
|                             | 2  | 11       | -136.325 | -22.676     |              | 12       | 4        | -120.378 | -20.578    |             | 24           | 21       | -106.401 | -14.941  |         |
|                             | 3  | 8        | 134.916  | 22.715      |              | 13       | 1        | 119.598  | 20.540     |             | 25           | 18       | 106.195  | 14.904   |         |
|                             | 4  | 6        | -135.424 | -22.105     |              | 13       | 22       | -119.874 | -20.841    |             | 26           | 15       | -105.921 | -15.020  |         |
|                             | 5  | 3        | 134.354  | 22.187      |              | 14       | 19       | 118.874  | 20.760     |             | 27           | 12       | 105.518  | 14.951   |         |
|                             | 6  | 0        | -135.162 | -22.682     |              | 15       | 17       | -118.921 | -20.132    |             | 28           | 10       | -105.417 | -14.344  |         |
|                             | 6  | 21       | 133.830  | 22.715      |              | 16       | 14       | 118.215  | 20.094     |             | 29           | 7        | 105.278  | 14.312   |         |
|                             | 7  | 18       | -134.298 | -23.144     |              | 17       | 11       | -118.493 | -20.386    |             | 30           | 4        | -104.971 | -14.418  |         |
|                             | 8  | 16       | 133.056  | 22.140      |              | 18       | 8        | 117.569  | 20.307     |             | 31           | 1        | 104.632  | 14.354   |         |
|                             | 9  | 13       | -133.891 | -22.634     |              | 19       | 6        | -117.488 | -19.661    |             | <b>Avril</b> | 31       | 23       | -104.481 | -13.744 |
|                             | 10 | 10       | 132.643  | 22.661      |              | 20       | 3        | 116.860  | 19.627     |             |              | 1        | 20       | 104.400  | 13.715  |
|                             | 11 | 7        | -133.137 | -23.090     |              | 21       | 0        | -117.129 | -19.907    |             |              | 2        | 17       | -104.065 | -13.811 |
|                             | 12 | 5        | 131.667  | 22.041      |              | 21       | 21       | 116.287  | 19.832     |             |              | 3        | 14       | 103.788  | 13.753  |
|                             | 13 | 2        | -132.537 | -22.534     |              | 22       | 18       | -116.192 | -20.043    |             |              | 4        | 12       | -103.587 | -13.139 |
|                             | 13 | 23       | 131.365  | 22.557      |              | 23       | 16       | 115.528  | 19.139     |             |              | 5        | 9        | 103.569  | 13.114  |
|                             | 14 | 20       | -131.885 | -22.982     |              | 24       | 13       | -115.793 | -19.409    |             |              | 6        | 6        | -103.198 | -13.200 |
| 15                          | 17 | 130.457  | 22.952   | 25          | 10           | 115.024  | 19.338   | 7        | 3          | 102.982     |              | 13.146   |          |          |         |
| 16                          | 15 | -131.109 | -22.385  | 26          | 7            | -114.922 | -19.539  | 8        | 1          | -102.740    |              | -12.531  |          |          |         |
| 17                          | 12 | 130.019  | 22.403   | 27          | 5            | 114.235  | 18.635   | 8        | 22         | 102.778     |              | 12.509   |          |          |         |
| 18                          | 9  | -130.563 | -22.825  | <b>Mars</b> | 28           | 2        | -114.483 | -18.893  | 9          | 19          |              | -102.376 | -12.586  |          |         |
| 19                          | 6  | 129.214  | 22.791   |             | 28           | 23       | 113.794  | 18.826   | 10         | 16          |              | 102.217  | 12.536   |          |         |
| 20                          | 4  | -129.629 | -22.189  |             | 1            | 20       | -113.676 | -19.017  | 11         | 14          |              | -101.935 | -11.919  |          |         |
| 21                          | 1  | 128.613  | 22.203   |             | 2            | 18       | 112.973  | 18.115   | 12         | 11          |              | 102.032  | 11.901   |          |         |
| 21                          | 22 | -129.180 | -22.620  |             | 3            | 15       | -113.211 | -18.362  | 13         | 8           |              | -101.593 | -11.968  |          |         |
| 22                          | 19 | 127.919  | 22.584   |             | 4            | 12       | 112.592  | 18.299   | 14         | 5           |              | 101.492  | 11.923   |          |         |
| 23                          | 16 | -128.145 | -22.931  |             | 5            | 9        | -112.460 | -18.479  | 15         | 3           |              | -101.178 | -11.306  |          |         |
| 24                          | 14 | 127.170  | 21.960   |             | 6            | 7        | 111.755  | 17.582   | 16         | 0           | 101.326      | 11.290   |          |          |         |
| 25                          | 11 | -127.755 | -22.372  |             | 7            | 4        | -111.970 | -17.817  | 16         | 21          | -100.856     | -11.349  |          |          |         |
| 26                          | 8  | 126.574  | 22.333   |             | 8            | 1        | 111.428  | 17.758   | 17         | 18          | 100.807      | 11.308   |          |          |         |
| 27                          | 5  | -126.819 | -22.675  |             | 8            | 22       | -111.276 | -17.928  | 18         | 16          | -100.460     | -10.690  |          |          |         |
| 28                          | 3  | 125.696  | 21.677   |             | 9            | 20       | 110.574  | 17.037   | 19         | 13          | 100.665      | 10.678   |          |          |         |
| 29                          | 0  | -126.297 | -22.082  |             | 10           | 17       | -110.773 | -17.260  | 20         | 10          | -100.157     | -10.728  |          |          |         |
| 29                          | 21 | 125.201  | 22.043   |             | 11           | 14       | 110.297  | 17.205   | 21         | 7           | 100.162      | 10.690   |          |          |         |
| 30                          | 18 | -125.455 | -22.377  |             | 12           | 11       | -110.127 | -17.364  | 22         | 5           | -99.789      | -10.073  |          |          |         |
| <b>Févr.</b>                | 31 | 16       | 124.208  |             | 21.357       | 13       | 8        | 109.450  | 17.273     | 23          | 2            | 100.041  | 10.062   |          |         |
|                             | 1  | 13       | -124.822 |             | -21.755      | 14       | 6        | -109.613 | -16.692    | 23          | 23           | -99.502  | -10.106  |          |         |
|                             | 2  | 10       | 123.803  | 21.714      | 15           | 3        | 109.211  | 16.642   | 24         | 20          | 99.555       | 10.071   |          |          |         |
|                             | 3  | 7        | -124.072 | -22.042     | 16           | 0        | -109.015 | -16.790  | 25         | 18          | -99.157      | -9.455   |          |          |         |
|                             | 4  | 4        | 122.820  | 21.956      | 16           | 21       | 108.409  | 16.704   | 26         | 15          | 99.461       | 9.446    |          |          |         |
|                             | 5  | 2        | -123.337 | -21.393     | 17           | 19       | -108.499 | -16.116  | 27         | 12          | -98.885      | -9.483   |          |          |         |
|                             | 5  | 23       | 122.400  | 21.353      | 18           | 16       | 108.161  | 16.070   | 28         | 9           | 98.987       | 9.450    |          |          |         |
|                             | 6  | 20       | -122.671 | -21.672     | 19           | 13       | -107.943 | -16.207  | 29         | 7           | -98.570      | -8.836   |          |          |         |
|                             | 7  | 17       | 121.507  | 21.587      | 20           | 10       | 107.407  | 16.128   | 30         | 4           | 98.917       | 8.828    |          |          |         |
|                             | 8  | 15       | -121.853 | -21.001     | 21           | 8        | -107.425 | -15.531  | <b>Mai</b> | 1           | 1            | -98.310  | -8.858   |          |         |
|                             | 9  | 12       | 120.992  | 20.960      | 22           | 5        | 107.158  | 15.490   |            | 1           | 22           | 98.455   | 8.829    |          |         |

## IO 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date        |    |         | X       | Y             | Date        |         |         | X            | Y      | Date          |          |         | X       | Y      |
|-------------|----|---------|---------|---------------|-------------|---------|---------|--------------|--------|---------------|----------|---------|---------|--------|
| Mois        | j  | h       | "       | "             | Mois        | j       | h       | "            | "      | Mois          | j        | h       | "       | "      |
| <b>Mai</b>  | 2  | 20      | -98.020 | -8.216        | <b>Juin</b> | 12      | 13      | -94.362      | -1.358 | <b>Juill.</b> | 23       | 7       | -95.709 | 6.078  |
|             | 3  | 17      | 98.415  | 8.209         |             | 13      | 11      | 95.068       | 0.749  |               | 24       | 4       | 96.473  | -6.118 |
|             | 4  | 14      | -97.772 | -8.234        |             | 14      | 8       | -94.436      | -0.752 |               | 25       | 1       | -95.639 | 6.099  |
|             | 5  | 11      | 97.962  | 8.206         |             | 15      | 5       | 95.183       | 0.732  |               | 25       | 23      | 96.626  | -6.700 |
|             | 6  | 9       | -97.514 | -7.595        |             | 16      | 2       | -94.269      | -0.734 |               | 26       | 20      | -96.041 | 6.697  |
|             | 7  | 6       | 97.948  | 7.589         |             | 17      | 0       | 95.020       | 0.128  |               | 27       | 17      | 96.796  | -6.738 |
|             | 8  | 3       | -97.276 | -7.608        |             | 17      | 21      | -94.376      | -0.130 |               | 28       | 14      | -95.984 | 6.717  |
|             | 9  | 0       | 97.504  | 7.582         |             | 18      | 18      | 95.133       | 0.107  |               | 29       | 12      | 96.973  | -7.318 |
|             | 9  | 22      | -97.044 | -6.973        |             | 19      | 15      | -94.215      | -0.111 |               | 30       | 9       | -96.409 | 7.315  |
|             | 10 | 19      | 97.521  | 6.968         |             | 20      | 13      | 95.002       | -0.493 |               | 31       | 6       | 97.152  | -7.356 |
| 11          | 16 | -96.815 | -6.983  | 21            | 10          | -94.349 | 0.491   | <b>Août</b>  | 1      | 3             | -96.371  | 7.335   |         |        |
| 12          | 13 | 97.084  | 6.957   | 22            | 7           | 95.119  | -0.517  |              | 2      | 1             | 97.351   | -7.935  |         |        |
| 13          | 11 | -96.617 | -6.352  | 23            | 4           | -94.192 | 0.512   |              | 2      | 22            | -96.817  | 7.933   |         |        |
| 14          | 8  | 97.129  | 6.345   | 24            | 2           | 95.020  | -1.115  |              | 3      | 19            | 97.547   | -7.973  |         |        |
| 15          | 5  | -96.397 | -6.357  | 24            | 23          | -94.358 | 1.113   |              | 4      | 16            | -96.794  | 7.951   |         |        |
| 16          | 2  | 96.698  | 6.333   | 25            | 20          | 95.135  | -1.141  |              | 5      | 14            | 97.767   | -8.550  |         |        |
| 17          | 0  | -96.225 | -5.730  | 26            | 17          | -94.209 | 1.134   |              | 6      | 11            | -97.261  | 8.550   |         |        |
| 17          | 21 | 96.776  | 5.723   | 27            | 15          | 95.066  | -1.736  |              | 7      | 8             | 97.977   | -8.589  |         |        |
| 18          | 18 | -96.012 | -5.731  | 28            | 12          | -94.401 | 1.734   |              | 8      | 5             | -97.261  | 8.568   |         |        |
| 19          | 15 | 96.349  | 5.708   | 29            | 9           | 95.186  | -1.764  |              | 9      | 3             | 98.216   | -9.164  |         |        |
| 20          | 13 | -95.875 | -5.108  | <b>Juill.</b> | 30          | 6       | -94.258 | 1.756        | 10     | 0             | -97.746  | 9.166   |         |        |
| 21          | 10 | 96.455  | 5.100   |               | 1           | 4       | 95.148  | -2.357       | 10     | 21            | 98.446   | -9.203  |         |        |
| 22          | 7  | -95.669 | -5.106  |               | 2           | 1       | -94.481 | 2.355        | 11     | 18            | -97.765  | 9.182   |         |        |
| 23          | 5  | 96.063  | 4.467   |               | 2           | 22      | 95.267  | -2.388       | 12     | 16            | 98.703   | -9.777  |         |        |
| 24          | 2  | -95.559 | -4.485  |               | 3           | 19      | -94.346 | 2.378        | 13     | 13            | -98.267  | 9.779   |         |        |
| 24          | 23 | 96.173  | 4.477   |               | 4           | 17      | 95.259  | -2.979       | 14     | 10            | 98.952   | -9.816  |         |        |
| 25          | 20 | -95.359 | -4.481  |               | 5           | 14      | -94.596 | 2.977        | 15     | 7             | -98.313  | 9.796   |         |        |
| 26          | 18 | 95.813  | 3.849   |               | 6           | 11      | 95.385  | -3.011       | 16     | 5             | 99.224   | -10.387 |         |        |
| 27          | 15 | -95.282 | -3.864  |               | 7           | 8       | -94.467 | 2.999        | 17     | 2             | -98.829  | 10.392  |         |        |
| 28          | 12 | 95.922  | 3.853   |               | 8           | 6       | 95.406  | -3.600       | 17     | 23            | 99.497   | -10.426 |         |        |
| 29          | 9  | -95.089 | -3.856  | 9             | 3           | -94.746 | 3.598   | 18           | 20     | -98.898       | 10.407   |         |         |        |
| 30          | 7  | 95.596  | 3.230   | 10            | 0           | 95.533  | -3.634  | 19           | 18     | 99.783        | -10.994  |         |         |        |
| 31          | 4  | -95.040 | -3.241  | 10            | 21          | -94.629 | 3.620   | 20           | 15     | -99.428       | 11.002   |         |         |        |
| <b>Juin</b> | 1  | 1       | 95.708  | 3.229         | 11          | 19      | 95.582  | -4.221       | 21     | 12            | 100.080  | -11.033 |         |        |
|             | 1  | 22      | -94.851 | -3.231        | 12          | 16      | -94.933 | 4.219        | 22     | 9             | -99.529  | 11.017  |         |        |
|             | 2  | 20      | 95.414  | 2.610         | 13          | 13      | 95.718  | -4.256       | 23     | 7             | 100.376  | -11.599 |         |        |
|             | 3  | 17      | -94.836 | -2.619        | 14          | 10      | -94.823 | 4.240        | 24     | 4             | -100.069 | 11.610  |         |        |
|             | 4  | 14      | 95.525  | 2.605         | 15          | 8       | 95.795  | -4.842       | 25     | 1             | 100.702  | -11.638 |         |        |
|             | 5  | 11      | -94.654 | -2.606        | 16          | 5       | -95.155 | 4.839        | 25     | 22            | -100.198 | 11.625  |         |        |
|             | 6  | 9       | 95.265  | 1.990         | 17          | 2       | 95.935  | -4.878       | 26     | 20            | 101.008  | -12.201 |         |        |
|             | 7  | 6       | -94.666 | -1.997        | 17          | 23      | -95.059 | 4.860        | 27     | 17            | -100.746 | 12.215  |         |        |
|             | 8  | 3       | 95.379  | 1.981         | 18          | 21      | 96.038  | -5.462       | 28     | 14            | 101.363  | -12.240 |         |        |
|             | 9  | 0       | -94.488 | -1.982        | 19          | 18      | -95.414 | 5.459        | 29     | 11            | -100.912 | 12.230  |         |        |
| 9           | 22 | 95.151  | 1.370   | 20            | 15          | 96.188  | -5.498  | 30           | 9      | 101.675       | -12.798  |         |         |        |
| 10          | 19 | -94.534 | -1.374  | 21            | 12          | -95.328 | 5.480   | 31           | 6      | -101.467      | 12.817   |         |         |        |
| 11          | 16 | 95.262  | 1.356   | 22            | 10          | 96.317  | -6.081  | <b>Sept.</b> | 1      | 3             | 102.066  | -12.839 |         |        |



## IO 2013

## X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  |    |          | X        | Y       | Date |          |          | X        | Y       | Date     |          |         | X        | Y       |
|-------|----|----------|----------|---------|------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|---------|
| Mois  | j  | h        | "        | "       | Mois | j        | h        | "        | "       | Mois     | j        | h       | "        | "       |
| Sept. | 2  | 0        | -101.666 | 12.832  | Oct. | 12       | 18       | -112.948 | 19.442  | Nov.     | 22       | 10      | -127.997 | 22.359  |
|       | 2  | 22       | 102.382  | -13.392 |      | 13       | 15       | 113.434  | -19.403 |          | 23       | 7       | 127.542  | -22.059 |
|       | 3  | 19       | -102.223 | 13.415  |      | 14       | 12       | -113.856 | 19.469  |          | 24       | 5       | -128.285 | 22.624  |
|       | 4  | 16       | 102.808  | -13.433 |      | 15       | 9        | 113.982  | -19.365 |          | 25       | 2       | 128.225  | -22.391 |
|       | 5  | 13       | -102.465 | 13.430  |      | 16       | 6        | -114.227 | 19.397  |          | 25       | 23      | -129.210 | 22.437  |
|       | 6  | 11       | 103.122  | -13.980 |      | 17       | 4        | 114.577  | -19.856 |          | 26       | 20      | 128.791  | -22.134 |
|       | 7  | 8        | -103.023 | 14.009  |      | 18       | 1        | -115.079 | 19.929  |          | 27       | 17      | -129.574 | 22.139  |
|       | 8  | 5        | 103.590  | -14.022 |      | 18       | 22       | 115.206  | -19.818 |          | 28       | 15      | 129.273  | -22.413 |
|       | 9  | 2        | -103.305 | 14.023  |      | 19       | 19       | -115.535 | 19.858  |          | 29       | 12      | -130.340 | 22.459  |
|       | 10 | 0        | 103.902  | -14.563 |      | 20       | 17       | 115.730  | -20.284 |          | 30       | 9       | 129.954  | -22.155 |
| 10    | 21 | -103.859 | 14.596   | 21      | 14   | -116.314 | 20.365   | Déc.     | 1       | 6        | -130.822 | 22.161  |          |         |
| 11    | 18 | 104.412  | -14.605  | 22      | 11   | 116.451  | -20.249  |          | 2       | 4        | 130.218  | -22.379 |          |         |
| 12    | 15 | -104.190 | 14.612   | 23      | 8    | -116.857 | 20.294   |          | 3       | 1        | -131.371 | 22.426  |          |         |
| 13    | 13 | 104.714  | -15.138  | 24      | 6    | 116.893  | -20.687  |          | 3       | 22       | 131.024  | -22.121 |          |         |
| 14    | 10 | -104.737 | 15.178   | 25      | 3    | -117.561 | 20.774   |          | 4       | 19       | -131.967 | 22.125  |          |         |
| 15    | 7  | 105.274  | -15.181  | 26      | 0    | 117.704  | -20.651  |          | 5       | 16       | 131.245  | -21.752 |          |         |
| 16    | 4  | -105.113 | 15.193   | 26      | 21   | -118.197 | 20.704   |          | 6       | 14       | -132.288 | 22.335  |          |         |
| 17    | 2  | 105.566  | -15.705  | 27      | 19   | 118.053  | -21.059  |          | 7       | 11       | 131.977  | -22.029 |          |         |
| 17    | 23 | -105.648 | 15.751   | 28      | 16   | -118.807 | 21.154   |          | 8       | 8        | -133.004 | 22.034  |          |         |
| 18    | 20 | 106.174  | -15.750  | 29      | 13   | 118.966  | -21.025  |          | 9       | 5        | 132.318  | -21.661 |          |         |
| 19    | 17 | -106.080 | 15.768   | 30      | 10   | -119.538 | 21.083   | 10       | 2       | -133.139 | 21.628   |         |          |         |
| 20    | 15 | 106.446  | -16.263  | 31      | 7    | 119.315  | -20.882  | 11       | 0       | 132.808  | -21.882  |         |          |         |
| 21    | 12 | -106.598 | 16.316   | Nov.    | 1    | 5        | -120.049 | 21.500   | 11      | 21       | -133.907 | 21.885  |          |         |
| 22    | 9  | 107.111  | -16.310  |         | 2    | 2        | 120.219  | -21.366  | 12      | 18       | 133.269  | -21.516 |          |         |
| 23    | 6  | -107.084 | 16.334   |         | 2    | 23       | -120.881 | 21.429   | 13      | 15       | -134.159 | 21.480  |          |         |
| 24    | 4  | 107.364  | -16.812  | 3       | 20   | 120.669  | -21.222  | 14       | 13      | 133.493  | -21.678  |         |          |         |
| 25    | 1  | -107.580 | 16.871   | 4       | 18   | -121.275 | 21.810   | 15       | 10      | -134.674 | 21.682   |         |          |         |
| 25    | 22 | 108.087  | -16.860  | 5       | 15   | 121.466  | -21.670  | 16       | 7       | 134.075  | -21.314  |         |          |         |
| 26    | 19 | -108.130 | 16.891   | 6       | 12   | -122.208 | 21.738   | 17       | 4       | -135.041 | 21.278   |         |          |         |
| 27    | 17 | 108.308  | -17.348  | 7       | 9    | 122.019  | -21.526  | 18       | 1       | 134.083  | -20.851  |         |          |         |
| 28    | 14 | -108.600 | 17.416   | 8       | 6    | -122.583 | 21.558   | 18       | 23      | -135.284 | 21.423   |         |          |         |
| 29    | 11 | 109.095  | -17.399  | 9       | 4    | 122.684  | -21.935  | 19       | 20      | 134.732  | -21.060  |         |          |         |
| 30    | 8  | -109.210 | 17.436   | 10      | 1    | -123.517 | 22.008   | 20       | 17      | -135.766 | 21.023   |         |          |         |
| Oct.  | 1  | 5        | 109.351  | -17.360 | 10   | 22       | 123.345  | -21.790  | 21      | 14       | 134.856  | -20.601 |          |         |
|       | 2  | 3        | -109.646 | 17.946  | 11   | 19       | -123.994 | 21.826   | 22      | 12       | -135.735 | 21.114  |          |         |
|       | 3  | 0        | 110.139  | -17.925 | 12   | 17       | 123.872  | -22.157  | 23      | 9        | 135.221  | -20.755 |          |         |
|       | 3  | 21       | -110.328 | 17.969  | 13   | 14       | -124.787 | 22.234   | 24      | 6        | -136.330 | 20.718  |          |         |
|       | 4  | 18       | 110.458  | -17.885 | 14   | 11       | 124.645  | -22.012  | 25      | 3        | 135.468  | -20.303 |          |         |
|       | 5  | 16       | -110.725 | 18.463  | 15   | 8        | -125.375 | 22.051   | 26      | 0        | -136.345 | 20.226  |          |         |
|       | 6  | 13       | 111.211  | -18.435 | 16   | 6        | 125.009  | -22.334  | 26      | 22       | 135.542  | -20.405 |          |         |
|       | 7  | 10       | -111.476 | 18.487  | 17   | 3        | -126.017 | 22.414   | 27      | 19       | -136.717 | 20.365  |          |         |
|       | 8  | 7        | 111.605  | -18.396 | 18   | 0        | 125.896  | -22.187  | 28      | 16       | 135.903  | -19.959 |          |         |
|       | 9  | 5        | -111.824 | 18.961  | 18   | 21       | -126.714 | 22.230   | 29      | 13       | -136.848 | 19.882  |          |         |
| 10    | 2  | 112.313  | -18.929  | 19      | 18   | 126.229  | -21.933  | 30       | 11      | 135.678  | -20.010  |         |          |         |
| 10    | 23 | -112.655 | 18.988   | 20      | 16   | -127.184 | 22.545   | 31       | 8       | -136.925 | 19.972   |         |          |         |
| 11    | 20 | 112.778  | -18.890  | 21      | 13   | 127.097  | -22.315  | Janv.    | 1       | 5        | 136.160  | -19.575 |          |         |

**IO 2013**


---

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

---

| Date         |   |   | X        | Y      | Date         |   |    | X       | Y       | Date |   |   | X | Y |
|--------------|---|---|----------|--------|--------------|---|----|---------|---------|------|---|---|---|---|
| Mois         | j | h | "        | "      | Mois         | j | h  | "       | "       | Mois | j | h | " | " |
| <b>Janv.</b> | 2 | 2 | -137.164 | 19.498 | <b>Janv.</b> | 2 | 23 | 136.041 | -19.050 |      |   |   |   |   |

---

## EUROPE 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |          | X        | Y           | Date        |              |          | X           | Y        | Date        |               |         | X        | Y        |        |
|--------------|----|----------|----------|-------------|-------------|--------------|----------|-------------|----------|-------------|---------------|---------|----------|----------|--------|
| Mois         | j  | h        | "        | "           | Mois        | j            | h        | "           | "        | Mois        | j             | h       | "        | "        |        |
| <b>Janv.</b> | 1  | 16       | -214.176 | -37.132     | <b>Mars</b> | 22           | 15       | 170.445     | 25.816   | <b>Juin</b> | 10            | 16      | -152.248 | -3.173   |        |
|              | 3  | 11       | 217.296  | 37.733      |             | 24           | 9        | -169.155    | -25.386  |             | 12            | 11      | 149.646  | 2.554    |        |
|              | 5  | 6        | -212.450 | -36.569     |             | 26           | 4        | 168.680     | 25.076   |             | 14            | 6       | -152.161 | -1.828   |        |
|              | 7  | 0        | 215.291  | 38.037      |             | 27           | 23       | -167.796    | -24.031  |             | 16            | 1       | 149.457  | 1.210    |        |
|              | 8  | 19       | -210.618 | -36.849     |             | 29           | 18       | 167.205     | 23.696   |             | 17            | 19      | -152.097 | -1.032   |        |
|              | 10 | 14       | 213.207  | 37.365      |             | <b>Avril</b> | 31       | 12          | -166.444 |             | -23.324       | 19      | 14       | 149.436  | 0.417  |
|              | 12 | 8        | -208.669 | -37.043     |             |              | 2        | 7           | 165.675  |             | 22.952        | 21      | 9        | -152.045 | 0.309  |
|              | 14 | 3        | 211.134  | 37.531      |             |              | 4        | 2           | -165.068 |             | -21.944       | 23      | 3        | 149.337  | -0.377 |
|              | 15 | 21       | -206.602 | -37.149     |             |              | 5        | 21          | 164.192  |             | 21.550        | 24      | 22       | -152.129 | 1.106  |
|              | 17 | 16       | 208.988  | 37.603      |             |              | 7        | 15          | -163.935 |             | -21.231       | 26      | 17       | 149.440  | -1.715 |
|              | 19 | 10       | -204.447 | -37.170     |             |              | 9        | 10          | 162.887  |             | 20.802        | 28      | 12       | -152.109 | 2.441  |
|              | 21 | 5        | 206.696  | 37.590      |             |              | 11       | 4           | -162.689 |             | -20.479       | 30      | 6        | 149.518  | -2.510 |
|              | 23 | 0        | -202.237 | -36.260     |             | 12           | 23       | 161.567     | 20.033   |             | <b>Juill.</b> | 2       | 1        | -152.341 | 3.240  |
|              | 24 | 18       | 204.367  | 37.491      |             | 14           | 18       | -161.648    | -19.116  |             |               | 3       | 20       | 149.651  | -3.843 |
|              | 26 | 13       | -200.155 | -36.173     |             | 16           | 13       | 160.329     | 18.638   |             |               | 5       | 14       | -152.481 | 4.046  |
|              | 28 | 8        | 201.969  | 36.499      |             | 18           | 7        | -160.609    | -18.362  |             |               | 7       | 9        | 149.909  | -4.640 |
|              | 30 | 2        | -197.982 | -36.007     |             | 20           | 2        | 159.226     | 17.870   |             |               | 9       | 4        | -152.739 | 5.371  |
| <b>Févr.</b> | 31 | 21       | 199.733  | 36.297      | 21          | 21           | -159.587 | -16.989     | 10       | 22          | 150.096       | -5.434  |          |          |        |
|              | 2  | 15       | -195.780 | -35.772     | 23          | 15           | 158.013  | 17.079      | 12       | 17          | -153.036      | 6.177   |          |          |        |
|              | 4  | 10       | 197.381  | 36.020      | 25          | 10           | -158.746 | -16.233     | 14       | 12          | 150.516       | -6.766  |          |          |        |
|              | 6  | 4        | -193.490 | -35.461     | 27          | 5            | 157.114  | 15.702      | 16       | 7           | -153.317      | 7.494   |          |          |        |
|              | 7  | 23       | 195.025  | 35.673      | 28          | 23           | -157.879 | -15.466     | 18       | 1           | 150.887       | -7.561  |          |          |        |
|              | 9  | 18       | -191.416 | -34.337     | 30          | 18           | 156.107  | 14.915      | 19       | 20          | -153.778      | 8.302   |          |          |        |
|              | 11 | 13       | 192.641  | 34.493      | <b>Mai</b>  | 2            | 13       | -157.101    | -14.098  | 21          | 15            | 151.332 | -8.886   |          |        |
| 13           | 7  | -189.299 | -33.954  | 4           |             | 8            | 155.233  | 13.535      | 23       | 9           | -154.131      | 9.094   |          |          |        |
| 15           | 2  | 190.461  | 34.075   | 6           |             | 2            | -156.417 | -13.330     | 25       | 4           | 151.887       | -9.684  |          |          |        |
| 16           | 20 | -187.181 | -33.519  | 7           | 21          | 154.430      | 12.750   | 26          | 23       | -154.705    | 10.419        |         |          |          |        |
| 18           | 15 | 188.185  | 33.594   | 9           | 16          | -155.669     | -11.958  | 28          | 17       | 152.379     | -10.475       |         |          |          |        |
| 20           | 10 | -185.037 | -32.270  | 11          | 11          | 153.584      | 11.369   | 30          | 12       | -155.220    | 11.212        |         |          |          |        |
| 22           | 4  | 185.922  | 33.060   | 13          | 5           | -155.162     | -11.189  | <b>Août</b> | 1        | 7           | 153.103       | -11.802 |          |          |        |
| 23           | 23 | -183.140 | -31.787  | 15          | 0           | 152.979      | 10.588   |             | 3        | 2           | -155.814      | 12.526  |          |          |        |
| 25           | 18 | 183.799  | 31.776   | 16          | 18          | -154.525     | -10.395  |             | 4        | 20          | 153.792       | -12.597 |          |          |        |
| 27           | 12 | -181.168 | -31.245  | 18          | 13          | 152.317      | 9.796    |             | 6        | 15          | -156.504      | 13.319  |          |          |        |
| <b>Mars</b>  | 1  | 7        | 181.758  | 31.201      | 20          | 8            | -154.114 |             | -9.046   | 8           | 10            | 154.528 | -13.911  |          |        |
|              | 3  | 1        | -179.196 | -30.663     | 22          | 3            | 151.754  | 8.430       | 10       | 4           | -157.147      | 14.108  |          |          |        |
|              | 4  | 20       | 179.614  | 30.573      | 23          | 21           | -153.645 | -8.252      | 11       | 23          | 155.421       | -14.710 |          |          |        |
|              | 6  | 15       | -177.418 | -29.358     | 25          | 16           | 151.278  | 7.642       | 13       | 18          | -157.980      | 15.412  |          |          |        |
|              | 8  | 10       | 177.686  | 29.234      | 27          | 11           | -153.264 | -6.905      | 15       | 12          | 156.238       | -15.494 |          |          |        |
| 10           | 4  | -175.686 | -28.750  | 29          | 6           | 150.750      | 6.280    | 17          | 7        | -158.808    | 16.200        |         |          |          |        |
| 11           | 23 | 175.774  | 28.580   | 31          | 0           | -152.961     | -6.111   | 19          | 2        | 157.264     | -16.810       |         |          |          |        |
| 13           | 17 | -173.867 | -28.091  | <b>Juin</b> | 1           | 19           | 150.454  | 5.492       | 20       | 21          | -159.642      | 17.484  |          |          |        |
| 15           | 12 | 173.884  | 27.893   |             | 3           | 14           | -152.612 | -4.765      | 22       | 15          | 158.287       | -17.597 |          |          |        |
| 17           | 7  | -172.321 | -26.760  |             | 5           | 8            | 150.068  | 4.697       | 24       | 10          | -160.665      | 18.271  |          |          |        |
| 19           | 2  | 172.103  | 26.517   |             | 7           | 3            | -152.467 | -3.968      | 26       | 5           | 159.311       | -18.891 |          |          |        |
| 20           | 20 | -170.734 | -26.085  |             | 8           | 22           | 149.848  | 3.348       | 27       | 23          | -161.576      | 19.028  |          |          |        |

## EUROPE 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |          | X        | Y           | Date        |          |          | X            | Y           | Date        |          |          | X        | Y       |
|--------------|----|----------|----------|-------------|-------------|----------|----------|--------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|---------|
| Mois         | j  | h        | "        | "           | Mois        | j        | h        | "            | "           | Mois        | j        | h        | "        | "       |
| <b>Août</b>  | 29 | 18       | 160.545  | -19.680     | <b>Oct.</b> | 13       | 5        | -180.232     | 30.571      | <b>Nov.</b> | 26       | 14       | 206.645  | -35.782 |
|              | 31 | 13       | -162.711 | 20.316      |             | 14       | 23       | 181.560      | -30.903     |             | 28       | 9        | -205.012 | 35.337  |
| <b>Sept.</b> | 2  | 7        | 161.759  | -20.454     | 16          | 18       | -182.058 | 31.108       | 30          | 3           | 208.499  | -35.614  |          |         |
|              | 4  | 2        | -163.825 | 21.069      | 18          | 12       | 183.463  | -31.434      | <b>Déc.</b> | 1           | 22       | -206.769 | 35.128   |         |
|              | 5  | 21       | 163.007  | -21.734     | 20          | 7        | -183.907 | 31.608       |             | 3           | 16       | 210.281  | -35.362  |         |
|              | 7  | 15       | -164.939 | 21.809      | 22          | 2        | 185.621  | -32.496      | 5           | 11          | -208.360 | 34.828   |          |         |
| 9            | 10 | 164.449  | -22.507  | 23          | 21          | -185.731 | 32.593   | 7            | 5           | 211.869     | -35.019  |          |          |         |
| 11           | 5  | -166.264 | 23.070   | 25          | 15          | 187.720  | -32.972  | 9            | 0           | -209.843    | 34.448   |          |          |         |
| 12           | 23 | 165.804  | -23.250  | 27          | 10          | -187.772 | 33.034   | 10           | 19          | 213.411     | -35.177  |          |          |         |
| 14           | 18 | -167.593 | 23.802   | 29          | 4           | 189.846  | -33.399  | 12           | 13          | -211.139    | 33.982   |          |          |         |
| 16           | 13 | 167.324  | -24.515  | 30          | 23          | -189.724 | 33.408   | 14           | 8           | 214.836     | -34.694  |          |          |         |
| 18           | 8  | -168.866 | 25.017   | <b>Nov.</b> | 1           | 17       | 191.864  | -33.757      | 16          | 2           | -212.300 | 33.441   |          |         |
| 20           | 2  | 168.909  | -25.250  |             | 3           | 12       | -191.680 | 33.727       | 17          | 21          | 216.140  | -34.133  |          |         |
| 21           | 21 | -170.411 | 25.736   |             | 5           | 7        | 194.128  | -34.642      | 19          | 15          | -213.263 | 32.822   |          |         |
| 23           | 15 | 170.502  | -25.962  |             | 7           | 2        | -193.564 | 34.526       | 21          | 10          | 217.192  | -33.492  |          |         |
| 25           | 10 | -171.866 | 26.413   | 8           | 20          | 196.289  | -34.912  | 23           | 5           | -214.187    | 32.747   |          |          |         |
| 27           | 5  | 172.167  | -27.183  | 10          | 15          | -195.647 | 34.754   | 24           | 23          | 218.096     | -32.781  |          |          |         |
| 29           | 0  | -173.371 | 27.594   | 12          | 9           | 198.449  | -35.117  | 26           | 18          | -214.907    | 32.016   |          |          |         |
| <b>Oct.</b>  | 30 | 18       | 173.995  | -27.878     | 14          | 4        | -197.627 | 34.903       | 28          | 12          | 218.741  | -32.007  |          |         |
|              | 2  | 13       | -175.050 | 28.250      | 15          | 22       | 200.478  | -35.239      | 30          | 7           | -215.429 | 31.228   |          |         |
| 4            | 7  | 175.742  | -28.532  | 17          | 17          | -199.577 | 34.984   | <b>Janv.</b> | 1           | 1           | 219.205  | -31.174  |          |         |
| 6            | 2  | -176.746 | 28.879   | 19          | 12          | 202.547  | -35.856  |              | 2           | 20          | -215.728 | 30.389   |          |         |
| 7            | 21 | 177.601  | -29.695  | 21          | 6           | -201.407 | 34.980   |              | 4           | 14          | 219.404  | -30.296  |          |         |
| 9            | 15 | -178.353 | 29.456   | 23          | 1           | 204.617  | -35.859  |              | 6           | 9           | -215.818 | 29.511   |          |         |
| 11           | 10 | 179.570  | -30.318  | 24          | 19          | -203.188 | 34.902   |              |             |             |          |          |          |         |

## GANYMÈDE 2013

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X        | Y       | Date          |    |    | X        | Y       | Date         |    |    | X        | Y       |
|--------------|----|----|----------|---------|---------------|----|----|----------|---------|--------------|----|----|----------|---------|
| Mois         | j  | h  | "        | "       | Mois          | j  | h  | "        | "       | Mois         | j  | h  | "        | "       |
| <b>Déc.</b>  | 29 | 8  | -347.438 | -57.340 | <b>Mai</b>    | 3  | 18 | 249.598  | 21.491  | <b>Sept.</b> | 6  | 12 | -261.204 | 34.788  |
| <b>Janv.</b> | 1  | 22 | 345.409  | 57.750  |               | 7  | 8  | -247.444 | -19.852 |              | 10 | 2  | 263.993  | -36.247 |
|              | 5  | 12 | -341.680 | -57.730 |               | 10 | 23 | 247.157  | 17.998  |              | 13 | 16 | -265.536 | 37.656  |
|              | 9  | 1  | 339.371  | 58.563  |               | 14 | 13 | -245.278 | -16.376 |              | 17 | 6  | 268.505  | -39.074 |
|              | 12 | 15 | -335.280 | -58.271 |               | 18 | 3  | 245.191  | 14.928  |              | 20 | 20 | -270.279 | 40.451  |
|              | 16 | 5  | 332.728  | 58.209  |               | 21 | 17 | -243.502 | -13.315 |              | 24 | 10 | 273.384  | -41.816 |
|              | 19 | 19 | -328.370 | -57.667 |               | 25 | 7  | 243.593  | 11.853  |              | 28 | 0  | -275.476 | 43.158  |
|              | 23 | 8  | 325.562  | 57.985  |               | 28 | 22 | -242.022 | -9.845  | <b>Oct.</b>  | 1  | 14 | 278.616  | -44.440 |
|              | 26 | 22 | -321.244 | -57.241 | <b>Juin</b>   | 1  | 12 | 242.421  | 8.378   |              | 5  | 4  | -281.035 | 45.737  |
|              | 30 | 12 | 318.323  | 56.720  |               | 5  | 2  | -240.990 | -6.781  |              | 8  | 18 | 284.274  | -46.934 |
| <b>Févr.</b> | 3  | 2  | -314.009 | -55.802 |               | 8  | 16 | 241.568  | 5.308   |              | 12 | 8  | -286.943 | 48.151  |
|              | 6  | 16 | 311.008  | 55.077  |               | 12 | 7  | -240.271 | -3.319  |              | 15 | 22 | 290.298  | -49.254 |
|              | 10 | 6  | -306.744 | -54.005 |               | 15 | 21 | 241.097  | 1.844   |              | 19 | 12 | -293.136 | 50.367  |
|              | 13 | 20 | 303.853  | 53.128  |               | 19 | 11 | -240.042 | -0.256  |              | 23 | 2  | 296.666  | -51.364 |
|              | 17 | 10 | -299.607 | -51.917 |               | 23 | 1  | 240.890  | -1.224  |              | 26 | 16 | -299.528 | 52.331  |
|              | 21 | 0  | 296.929  | 50.919  |               | 26 | 16 | -240.085 | 3.188   |              | 30 | 6  | 303.209  | -53.199 |
|              | 24 | 14 | -292.765 | -49.590 |               | 30 | 6  | 241.114  | -4.674  | <b>Nov.</b>  | 2  | 20 | -306.107 | 54.009  |
|              | 28 | 4  | 290.352  | 48.513  | <b>Juill.</b> | 3  | 20 | -240.566 | 6.242   |              | 6  | 10 | 309.837  | -54.702 |
| <b>Mars</b>  | 3  | 18 | -286.268 | -47.076 |               | 7  | 10 | 241.665  | -7.742  |              | 9  | 23 | -312.747 | 54.976  |
|              | 7  | 8  | 284.097  | 45.927  |               | 11 | 0  | -241.305 | 9.298   |              | 13 | 13 | 316.393  | -55.459 |
|              | 10 | 22 | -280.232 | -44.423 |               | 14 | 15 | 242.666  | -11.180 |              | 17 | 3  | -319.400 | 55.916  |
|              | 14 | 12 | 278.206  | 43.203  |               | 18 | 5  | -242.437 | 12.720  |              | 20 | 17 | 322.791  | -56.152 |
|              | 18 | 2  | -274.616 | -41.653 |               | 21 | 19 | 243.987  | -14.236 |              | 24 | 7  | -325.680 | 56.386  |
|              | 21 | 16 | 272.764  | 40.373  |               | 25 | 9  | -243.911 | 15.765  |              | 27 | 21 | 328.799  | -56.369 |
|              | 25 | 6  | -269.451 | -38.801 |               | 29 | 0  | 245.691  | -17.647 | <b>Déc.</b>  | 1  | 10 | -331.580 | 55.999  |
|              | 28 | 20 | 267.752  | 37.462  | <b>Août</b>   | 1  | 14 | -245.807 | 19.171  |              | 5  | 0  | 334.384  | -55.730 |
| <b>Avril</b> | 1  | 10 | -264.670 | -35.871 |               | 5  | 4  | 247.745  | -20.685 |              | 8  | 13 | -336.709 | 55.077  |
|              | 5  | 1  | 263.246  | 34.035  |               | 8  | 18 | -248.132 | 22.204  |              | 12 | 3  | 339.200  | -54.568 |
|              | 8  | 15 | -260.315 | -32.429 |               | 12 | 9  | 250.110  | -24.061 |              | 15 | 17 | -340.995 | 54.024  |
|              | 12 | 5  | 259.225  | 31.047  |               | 15 | 23 | -250.803 | 25.576  |              | 19 | 7  | 343.035  | -53.281 |
|              | 15 | 19 | -256.442 | -29.422 |               | 19 | 13 | 252.963  | -27.067 |              | 22 | 20 | -344.265 | 52.129  |
|              | 19 | 9  | 255.623  | 28.030  |               | 23 | 3  | -253.926 | 28.566  |              | 26 | 10 | 345.787  | -51.174 |
|              | 22 | 23 | -252.963 | -26.383 |               | 26 | 17 | 256.191  | -30.045 |              | 29 | 23 | -346.323 | 49.823  |
|              | 26 | 14 | 252.413  | 24.546  |               | 30 | 7  | -257.388 | 31.525  | <b>Janv.</b> | 2  | 13 | 347.213  | -48.695 |
|              | 30 | 4  | -250.007 | -22.904 | <b>Sept.</b>  | 2  | 22 | 259.871  | -33.347 |              | 6  | 3  | -347.136 | 47.591  |

## CALLISTO 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date              | X        | Y        | Date               | X        | Y       | Date              | X        | Y       |
|-------------------|----------|----------|--------------------|----------|---------|-------------------|----------|---------|
| Mois j h          | "        | "        | Mois j h           | "        | "       | Mois j h          | "        | "       |
| <b>Janv.</b> 4 4  | -599.926 | -100.058 | <b>Mai</b> 18 8    | -427.369 | -25.318 | <b>Sept.</b> 30 2 | -484.372 | 76.233  |
| 12 12             | 594.830  | 101.454  | 26 18              | 430.322  | 19.007  | <b>Oct.</b> 8 12  | 503.002  | -82.578 |
| 20 20             | -572.991 | -99.705  | <b>Juin</b> 4 5    | -421.894 | -12.023 | 16 20             | -508.308 | 85.953  |
| 29 4              | 565.690  | 98.833   | 12 15              | 426.536  | 5.562   | 25 6              | 528.617  | -91.419 |
| <b>Févr.</b> 6 12 | -543.374 | -95.087  | 21 1               | -419.903 | 0.964   | <b>Nov.</b> 2 14  | -534.843 | 93.500  |
| 14 21             | 535.845  | 92.071   | 29 12              | 426.412  | -7.838  | 10 23             | 555.924  | -97.273 |
| 23 6              | -514.699 | -86.594  | <b>Juill.</b> 7 22 | -421.385 | 14.182  | 19 6              | -561.527 | 97.233  |
| <b>Mars</b> 3 15  | 508.074  | 82.390   | 16 9               | 429.674  | -21.184 | 27 14             | 582.114  | -98.758 |
| 12 0              | -489.023 | -76.178  | 24 19              | -426.501 | 27.338  | <b>Déc.</b> 5 21  | -585.156 | 96.366  |
| 20 9              | 484.140  | 71.235   | <b>Août</b> 2 6    | 436.549  | -34.446 | 14 5              | 602.858  | -95.434 |
| 28 19             | -467.277 | -64.303  | 10 15              | -435.112 | 40.132  | 22 11             | -601.484 | 90.535  |
| <b>Avril</b> 6 5  | 464.430  | 58.606   | 19 2               | 447.292  | -47.326 | 30 19             | 614.086  | -87.394 |
| 14 15             | -449.916 | -51.583  | 27 11              | -447.556 | 52.736  | <b>Janv.</b> 8 1  | -606.515 | 80.900  |
| 23 1              | 448.974  | 45.605   | <b>Sept.</b> 4 22  | 461.808  | -59.916 | 16 9              | 613.071  | -76.594 |
| <b>Mai</b> 1 11   | -436.679 | -38.636  | 13 7               | -464.063 | 64.978  |                   |          |         |
| 9 22              | 437.728  | 32.177   | 21 17              | 480.391  | -71.734 |                   |          |         |



# SATELLITES DE SATURNE

Coordonnées tangentielles (X,Y)  
aux heures les plus proches des plus grandes élongations

|                 |         |
|-----------------|---------|
| MIMAS .....     | II. 118 |
| ENCELADE .....  | II. 124 |
| TÉTHYS .....    | II. 128 |
| DIONÉ .....     | II. 131 |
| RHÉA .....      | II. 133 |
| TITAN .....     | II. 134 |
| HYPÉRIION ..... | II. 135 |
| JAPET .....     | II. 135 |



## MIMAS 2013

## X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |       | X       | Y      | Date         |       | X       | Y      | Date         |       | X       | Y      |
|--------------|-------|---------|--------|--------------|-------|---------|--------|--------------|-------|---------|--------|
| Mois         | j h   | "       | "      | Mois         | j h   | "       | "      | Mois         | j h   | "       | "      |
| <b>Déc.</b>  | 31 14 | 24.611  | 0.693  | <b>Janv.</b> | 21 19 | -26.018 | -0.084 | <b>Févr.</b> | 12 0  | 26.657  | 0.391  |
| <b>Janv.</b> | 1 1   | -25.344 | -0.979 |              | 22 6  | 25.549  | 1.394  |              | 12 11 | -26.865 | -0.462 |
|              | 1 13  | 24.460  | -0.147 |              | 22 17 | -25.943 | -1.530 |              | 12 22 | 26.542  | 1.954  |
|              | 2 0   | -25.346 | -0.158 |              | 23 5  | 25.616  | 0.483  |              | 13 10 | -26.739 | 0.519  |
|              | 2 11  | 24.658  | 1.242  |              | 23 16 | -26.133 | -0.634 |              | 13 21 | 26.789  | 0.982  |
|              | 2 22  | -25.279 | -1.496 |              | 24 3  | 25.481  | 1.965  |              | 14 8  | -26.884 | -1.045 |
|              | 3 10  | 24.691  | 0.401  |              | 24 15 | -26.037 | 0.276  |              | 14 20 | 26.732  | -0.006 |
|              | 3 21  | -25.454 | -0.676 |              | 25 2  | 25.734  | 1.058  |              | 15 7  | -26.942 | -0.062 |
|              | 4 8   | 24.590  | 1.790  |              | 25 13 | -26.138 | -1.187 |              | 15 18 | 26.809  | 1.574  |
|              | 4 20  | -25.358 | 0.158  |              | 26 1  | 25.692  | 0.134  |              | 16 5  | -26.790 | -1.630 |
|              | 5 7   | 24.807  | 0.953  |              | 26 12 | -26.220 | -0.276 |              | 16 17 | 26.938  | 0.587  |
|              | 5 18  | -25.454 | -1.198 |              | 26 23 | 25.736  | 1.634  |              | 17 4  | -27.033 | -0.648 |
|              | 6 6   | 24.739  | 0.098  |              | 27 10 | -26.032 | -1.743 |              | 17 16 | 26.760  | -0.411 |
|              | 6 17  | -25.530 | -0.363 |              | 27 22 | 25.880  | 0.711  |              | 18 3  | -26.971 | 0.347  |
|              | 7 4   | 24.807  | 1.506  |              | 28 9  | -26.294 | -0.833 |              | 18 14 | 27.030  | 1.181  |
|              | 7 15  | -25.345 | -1.723 |              | 28 21 | 25.726  | -0.226 |              | 19 1  | -27.010 | -1.238 |
|              | 8 3   | 24.923  | 0.652  |              | 29 8  | -26.266 | 0.093  |              | 19 13 | 27.039  | 0.182  |
|              | 8 14  | -25.595 | -0.889 |              | 29 19 | 25.953  | 1.290  |              | 20 0  | -27.134 | -0.241 |
|              | 9 2   | 24.753  | -0.216 |              | 30 6  | -26.257 | -1.394 |              | 20 11 | 27.008  | 1.773  |
|              | 9 13  | -25.570 | -0.039 |              | 30 18 | 25.986  | 0.353  |              | 20 23 | -26.949 | 0.764  |
|              | 10 0  | 24.992  | 1.210  |              | 31 5  | -26.408 | -0.467 |              | 21 10 | 27.204  | 0.778  |
|              | 10 11 | -25.552 | -1.419 |              | 31 16 | 25.912  | 1.869  |              | 21 21 | -27.184 | -0.835 |
|              | 10 23 | 25.006  | 0.341  | <b>Févr.</b> | 1 4   | -26.269 | 0.471  |              | 22 9  | 27.090  | -0.232 |
|              | 11 10 | -25.701 | -0.568 |              | 1 15  | 26.130  | 0.935  |              | 22 20 | -27.185 | 0.174  |
|              | 11 21 | 24.944  | 1.768  |              | 2 2   | -26.441 | -1.032 |              | 23 7  | 27.255  | 1.373  |
|              | 12 9  | -25.574 | 0.295  |              | 2 14  | 26.050  | -0.016 |              | 23 18 | -27.118 | -1.431 |
|              | 12 20 | 25.143  | 0.902  |              | 3 1   | -26.480 | -0.091 |              | 24 6  | 27.329  | 0.364  |
|              | 13 7  | -25.724 | -1.103 |              | 3 12  | 26.161  | 1.518  |              | 24 17 | -27.308 | -0.422 |
|              | 13 19 | 25.053  | 0.019  |              | 3 23  | -26.361 | -1.600 |              | 25 4  | 27.193  | 1.966  |
|              | 14 6  | -25.771 | -0.237 |              | 4 11  | 26.267  | 0.567  |              | 25 16 | -27.185 | 0.596  |
|              | 14 17 | 25.165  | 1.465  |              | 4 22  | -26.582 | -0.659 |              | 26 3  | 27.453  | 0.962  |
|              | 15 4  | -25.637 | -1.639 |              | 5 9   | 26.078  | 2.098  |              | 26 14 | -27.316 | -1.022 |
|              | 15 16 | 25.260  | 0.583  |              | 5 21  | -26.508 | 0.295  |              | 27 2  | 27.403  | -0.057 |
|              | 16 3  | -25.860 | -0.774 |              | 6 8   | 26.369  | 1.153  |              | 27 13 | -27.381 | -0.002 |
|              | 16 14 | 25.072  | 2.027  |              | 6 19  | -26.573 | -1.232 |              | 28 0  | 27.464  | 1.558  |
|              | 17 2  | -25.802 | 0.106  |              | 7 7   | 26.361  | 0.189  |              | 28 11 | -27.207 | -1.623 |
|              | 17 13 | 25.351  | 1.150  |              | 7 18  | -26.680 | -0.276 |              | 28 23 | 27.600  | 0.541  |
|              | 18 0  | -25.840 | -1.316 |              | 8 5   | 26.358  | 1.739  | <b>Mars</b>  | 1 10  | -27.463 | -0.604 |
|              | 18 12 | 25.341  | 0.253  |              | 8 17  | -26.491 | 0.689  |              | 1 22  | 27.424  | -0.486 |
|              | 18 23 | -25.958 | -0.435 |              | 9 4   | 26.535  | 0.777  |              | 2 9   | -27.402 | 0.426  |
|              | 19 10 | 25.328  | 1.717  |              | 9 15  | -26.741 | -0.852 |              | 2 20  | 27.685  | 1.140  |
|              | 19 22 | -25.795 | 0.458  |              | 10 3  | 26.410  | -0.198 |              | 3 7   | -27.428 | -1.209 |
|              | 20 9  | 25.502  | 0.822  |              | 10 14 | -26.733 | 0.117  |              | 3 19  | 27.696  | 0.112  |
|              | 20 20 | -26.005 | -0.981 |              | 11 1  | 26.596  | 1.367  |              | 4 6   | -27.558 | -0.178 |
|              | 21 8  | 25.384  | -0.088 |              | 11 12 | -26.689 | -1.432 |              | 4 17  | 27.656  | 1.736  |

## MIMAS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  |         | X       | Y      | Date    |         | X       | Y       | Date    |        | X       | Y      |
|-------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| Mois  | j h     | "       | "      | Mois    | j h     | "       | "       | Mois    | j h    | "       | "      |
| Mars  | 5 5     | -27.369 | 0.859  | Mars    | 26 10   | 28.540  | -0.787  | Avril   | 16 14  | -28.416 | -0.742 |
|       | 5 16    | 27.854  | 0.712  |         | 26 21   | -28.079 | 0.619   |         | 17 2   | 29.259  | -0.727 |
|       | 6 3     | -27.597 | -0.787 |         | 27 8    | 28.827  | 0.871   |         | 17 13  | -28.447 | 0.335  |
|       | 6 15    | 27.737  | -0.324 |         | 27 19   | -28.099 | -1.081  |         | 18 0   | 29.390  | 0.915  |
|       | 7 2     | -27.599 | 0.254  |         | 28 7    | 28.799  | -0.189  |         | 18 11  | -28.246 | -1.371 |
|       | 7 13    | 27.898  | 1.310  |         | 28 18   | -28.217 | -0.007  |         | 18 23  | 29.426  | -0.138 |
|       | 8 0     | -27.519 | -1.397 |         | 29 5    | 28.785  | 1.466   |         | 19 10  | -28.481 | -0.298 |
|       | 8 12    | 27.969  | 0.275  |         | 29 17   | -28.001 | 1.068   |         | 19 21  | 29.256  | 1.497  |
|       | 8 23    | -27.713 | -0.357 |         | 30 4    | 28.944  | 0.410   |         | 20 9   | -28.373 | 0.776  |
|       | 9 10    | 27.830  | 1.906  |         | 30 15   | -28.235 | -0.636  |         | 20 20  | 29.479  | 0.449  |
| 9 22  | -27.585 | 0.692   | 31 3   | 28.780  | -0.652  | 21 7    | -28.389 | -0.929  |        |         |        |
| 10 9  | 28.087  | 0.875   | 31 14  | -28.216 | 0.442   | 21 19   | 29.378  | -0.601  |        |         |        |
| 10 20 | -27.710 | -0.970  | Avril  | 1 1     | 28.975  | 1.006   | 22 6    | -28.485 | 0.143  |         |        |
| 11 8  | 28.028  | -0.168  |        | 1 12    | -28.129 | -1.264  | 22 17   | 29.417  | 1.033  |         |        |
| 11 19 | -27.774 | 0.080   |        | 2 0     | 28.999  | -0.055  | 23 5    | -28.238 | 1.212  |         |        |
| 12 6  | 28.092  | 1.474   |        | 2 11    | -28.310 | -0.188  | 23 16   | 29.503  | -0.014 |         |        |
| 12 17 | -27.588 | -1.584  |        | 2 22    | 28.893  | 1.597   | 24 3    | -28.471 | -0.489 |         |        |
| 13 5  | 28.220  | 0.433   |        | 3 10    | -28.155 | 0.890   | 24 15   | 29.265  | -1.058 |         |        |
| 13 16 | -27.846 | -0.536  |        | 3 21    | 29.104  | 0.542   | 25 2    | -28.428 | 0.581  |         |        |
| 14 4  | 28.030  | -0.615  |        | 4 8     | -28.282 | -0.819  | 25 13   | 29.513  | 0.570  |         |        |
| 14 15 | -27.779 | 0.521   |        | 4 20    | 28.991  | -0.520  | 26 0    | -28.330 | -1.117 |         |        |
| 15 2  | 28.298  | 1.033   |        | 5 7     | -28.326 | 0.260   | 26 12   | 29.461  | -0.474 |         |        |
| 15 13 | -27.800 | -1.154  | 5 18   | 29.094  | 1.135   | 26 23   | -28.492 | -0.051  |        |         |        |
| 16 1  | 28.296  | -0.016  | 6 5    | -28.130 | -1.447  | 27 10   | 29.407  | 1.149   |        |         |        |
| 16 12 | -27.927 | -0.097  | 6 17   | 29.169  | 0.076   | 27 22   | -28.310 | 1.013   |        |         |        |
| 16 23 | 28.263  | 1.630   | 7 4    | -28.375 | -0.371  | 28 9    | 29.543  | 0.109   |        |         |        |
| 17 11 | -27.727 | 0.965   | 7 15   | 28.971  | 1.723   | 28 20   | -28.428 | -0.680  |        |         |        |
| 17 22 | 28.448  | 0.585   | 8 3    | -28.281 | 0.709   | 29 8    | 29.356  | -0.928  |        |         |        |
| 18 9  | -27.956 | -0.717  | 8 14   | 29.232  | 0.669   | 29 19   | -28.452 | 0.383   |        |         |        |
| 18 21 | 28.313  | -0.469  | 9 1    | -28.301 | -1.002  | 30 6    | 29.510  | 0.689   |        |         |        |
| 19 8  | -27.950 | 0.348   | 9 13   | 29.169  | -0.391  | Mai     | 30 17   | -28.238 | -1.304 |         |        |
| 19 19 | 28.486  | 1.184   | 10 0   | -28.408 | 0.076   |         | 1 5     | 29.509  | -0.347 |         |        |
| 20 6  | -27.865 | -1.338  | 10 11  | 29.181  | 1.259   |         | 1 16    | -28.466 | -0.246 |         |        |
| 20 18 | 28.539  | 0.131   | 10 23  | -28.175 | 1.154   |         | 2 3     | 29.362  | 1.263  |         |        |
| 21 5  | -28.055 | -0.275  | 11 10  | 29.306  | 0.203   |         | 2 15    | -28.351 | 0.812  |         |        |
| 21 16 | 28.411  | 1.778   | 11 21  | -28.411 | -0.556  |         | 3 2     | 29.548  | 0.232  |         |        |
| 22 4  | -27.915 | 0.794   | 12 9   | 29.105  | -0.855  |         | 3 13    | -28.353 | -0.872 |         |        |
| 22 15 | 28.651  | 0.731   | 12 20  | -28.379 | 0.523   |         | 4 1     | 29.411  | -0.798 |         |        |
| 23 2  | -28.040 | -0.899  | 13 7   | 29.328  | 0.794   |         | 4 12    | -28.443 | 0.183  |         |        |
| 23 14 | 28.570  | -0.327  | 13 18  | -28.289 | -1.187  |         | 4 23    | 29.471  | 0.808  |         |        |
| 24 1  | -28.096 | 0.171   | 14 6   | 29.315  | -0.263  | 5 11    | -28.191 | 1.233   |        |         |        |
| 24 12 | 28.649  | 1.328   | 14 17  | -28.460 | -0.110  | 5 22    | 29.521  | -0.220  |        |         |        |
| 24 23 | -27.904 | -1.522  | 15 4   | 29.235  | 1.380   | 6 9     | -28.408 | -0.443  |        |         |        |
| 25 11 | 28.755  | 0.272   | 15 16  | -28.289 | 0.967   | 6 20    | 29.279  | 1.376   |        |         |        |
| 25 22 | -28.158 | -0.455  | 16 3   | 29.410  | 0.327   | 7 8     | -28.361 | 0.607   |        |         |        |

## MIMAS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date       |    |         | X       | Y      | Date       |             |        | X             | Y       | Date        |         |        | X       | Y       |       |
|------------|----|---------|---------|--------|------------|-------------|--------|---------------|---------|-------------|---------|--------|---------|---------|-------|
| Mois       | j  | h       | "       | "      | Mois       | j           | h      | "             | "       | Mois        | j       | h      | "       | "       |       |
| <b>Mai</b> | 7  | 19      | 29.516  | 0.355  | <b>Mai</b> | 29          | 0      | -28.029       | 0.164   | <b>Juin</b> | 19      | 5      | 28.234  | -0.794  |       |
|            | 8  | 6       | -28.245 | -1.064 |            | 29          | 11     | 29.036        | 0.444   |             | 19      | 16     | -27.336 | -0.341  |       |
|            | 8  | 18      | 29.431  | -0.666 |            | 29          | 23     | -27.802       | 1.153   |             | 20      | 3      | 28.047  | 0.655   |       |
|            | 9  | 5       | -28.404 | -0.018 |            | 30          | 10     | 29.042        | -0.524  |             | 20      | 15     | -27.306 | 0.584   |       |
|            | 9  | 16      | 29.394  | 0.926  |            | 30          | 21     | -27.940       | -0.438  |             | 21      | 2      | 28.185  | -0.252  |       |
|            | 10 | 4       | -28.220 | 1.023  |            | 31          | 8      | 28.804        | 0.995   |             | 21      | 13     | -27.106 | -0.912  |       |
|            | 10 | 15      | 29.496  | -0.091 |            | 31          | 20     | -27.917       | 0.549   |             | 22      | 1      | 28.019  | -1.150  |       |
|            | 11 | 2       | -28.318 | -0.640 |            | <b>Juin</b> | 1      | 7             | 28.996  |             | 0.033   | 22     | 12      | -27.276 | 0.008 |
|            | 11 | 14      | 29.277  | -1.104 |            |             | 1      | 18            | -27.721 |             | -1.034  | 22     | 23      | 28.018  | 0.287 |
|            | 12 | 1       | -28.340 | 0.400  |            | 2           | 6      | 28.875        | -0.925  |             | 23      | 11     | -27.129 | 0.922   |       |
| 12         | 12 | 29.446  | 0.480   | 2      | 17         | -27.904     | -0.052 | 23            | 22      | 28.038      | -0.610  |        |         |         |       |
| 12         | 23 | -28.103 | -1.256  | 3      | 4          | 28.834      | 0.585  | 24            | 9       | -27.119     | -0.562  |        |         |         |       |
| 13         | 11 | 29.414  | -0.531  | 3      | 16         | -27.754     | 0.925  | 24            | 21      | 27.758      | -1.496  |        |         |         |       |
| 13         | 22 | -28.332 | -0.221  | 4      | 3          | 28.900      | -0.370 | 25            | 8       | -27.172     | 0.349   |        |         |         |       |
| 14         | 9  | 29.280  | 1.045   | 4      | 14         | -27.761     | -0.648 | 25            | 19      | 27.940      | -0.072  |        |         |         |       |
| 14         | 21 | -28.219 | 0.811   | 5      | 2          | 28.654      | -1.316 | 26            | 7       | -26.909     | 1.251   |        |         |         |       |
| 15         | 8  | 29.435  | 0.039   | 5      | 13         | -27.816     | 0.326  | 26            | 18      | 27.845      | -0.959  |        |         |         |       |
| 15         | 19 | -28.194 | -0.838  | 6      | 0          | 28.807      | 0.182  | 27            | 5       | -27.087     | -0.219  |        |         |         |       |
| 16         | 7  | 29.270  | -0.963  | 6      | 12         | -27.541     | 1.290  | 27            | 16      | 27.724      | 0.463   |        |         |         |       |
| 16         | 18 | -28.287 | 0.191   | 6      | 23         | 28.748      | -0.764 | 28            | 4       | -27.024     | 0.682   |        |         |         |       |
| 17         | 5  | 29.340  | 0.606   | 7      | 10         | -27.748     | -0.269 | 28            | 15      | 27.815      | -0.422  |        |         |         |       |
| 17         | 17 | -28.040 | 1.214   | 7      | 21         | 28.597      | 0.729  | 29            | 2       | -26.875     | -0.781  |        |         |         |       |
| 18         | 4  | 29.362  | -0.395  | 8      | 9          | -27.678     | 0.695  | 29            | 14      | 27.608      | -1.297  |        |         |         |       |
| 18         | 15 | -28.227 | -0.425  | 8      | 20         | 28.725      | -0.213 | 30            | 1       | -27.011     | 0.116   |        |         |         |       |
| 19         | 2  | 29.129  | 1.166   | 9      | 7          | -27.552     | -0.856 | 30            | 12      | 27.668      | 0.113   |        |         |         |       |
| 19         | 14 | -28.186 | 0.597   | 9      | 19         | 28.543      | -1.147 | <b>Juill.</b> | 1       | 0           | -26.834 | 1.005  |         |         |       |
| 20         | 1  | 29.338  | 0.171   | 10     | 6          | -27.685     | 0.103  |               | 1       | 11          | 27.646  | -0.762 |         |         |       |
| 20         | 12 | -28.037 | -1.035  | 10     | 17         | 28.585      | 0.335  |               | 1       | 22          | -26.870 | -0.445 |         |         |       |
| 21         | 0  | 29.228  | -0.820  | 11     | 5          | -27.491     | 1.055  |               | 2       | 9           | 27.402  | 0.644  |         |         |       |
| 21         | 11 | -28.203 | -0.018  | 11     | 16         | 28.589      | -0.598 |               | 2       | 21          | -26.892 | 0.442  |         |         |       |
| 21         | 22 | 29.197  | 0.733   | 12     | 3          | -27.563     | -0.484 | 3             | 8       | 27.567      | -0.228  |        |         |         |       |
| 22         | 10 | -28.029 | 0.993   | 12     | 14         | 28.328      | 0.877  | 3             | 19      | -26.605     | -0.998  |        |         |         |       |
| 22         | 21 | 29.274  | -0.256  | 13     | 2          | -27.573     | 0.466  | 4             | 7       | 27.434      | -1.093  |        |         |         |       |
| 23         | 8  | -28.090 | -0.629  | 13     | 13         | 28.519      | -0.050 | 4             | 18      | -26.822     | -0.117  |        |         |         |       |
| 23         | 20 | 29.035  | -1.237  | 14     | 0          | -27.314     | -1.063 | 5             | 5       | 27.369      | 0.303   |        |         |         |       |
| 24         | 7  | -28.123 | 0.381   | 14     | 12         | 28.403      | -0.973 | 5             | 17      | -26.732     | 0.760   |        |         |         |       |
| 24         | 18 | 29.204  | 0.306   | 14     | 23         | -27.525     | -0.120 | 6             | 4       | 27.422      | -0.561  |        |         |         |       |
| 25         | 5  | -27.849 | -1.231  | 15     | 10         | 28.331      | 0.493  | 6             | 15      | -26.627     | -0.670  |        |         |         |       |
| 25         | 17 | 29.152  | -0.674  | 15     | 22         | -27.413     | 0.819  | 7             | 3       | 27.180      | -1.414  |        |         |         |       |
| 26         | 4  | -28.087 | -0.229  | 16     | 9          | 28.402      | -0.427 | 7             | 14      | -26.733     | 0.203   |        |         |         |       |
| 26         | 15 | 29.018  | 0.862   | 16     | 20         | -27.349     | -0.699 | 8             | 1       | 27.292      | -0.030  |        |         |         |       |
| 27         | 3  | -27.989 | 0.772   | 17     | 8          | 28.167      | -1.337 | 8             | 13      | -26.534     | 1.069   |        |         |         |       |
| 27         | 14 | 29.152  | -0.113  | 17     | 19         | -27.438     | 0.237  | 9             | 0       | 27.236      | -0.884  |        |         |         |       |
| 28         | 1  | -27.922 | -0.832  | 18     | 6          | 28.283      | 0.116  | 9             | 11      | -26.609     | -0.349  |        |         |         |       |
| 28         | 13 | 28.971  | -1.083  | 18     | 18         | -27.206     | 1.163  | 9             | 22      | 27.045      | 0.497   |        |         |         |       |

## MIMAS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date          |    |    | X       | Y      | Date          |    |    | X       | Y      | Date         |    |    | X       | Y      |
|---------------|----|----|---------|--------|---------------|----|----|---------|--------|--------------|----|----|---------|--------|
| Mois          | j  | h  | "       | "      | Mois          | j  | h  | "       | "      | Mois         | j  | h  | "       | "      |
| <b>Juill.</b> | 10 | 10 | -26.605 | 0.516  | <b>Juill.</b> | 31 | 15 | 25.988  | -1.083 | <b>Août</b>  | 21 | 20 | -25.147 | 0.379  |
|               | 10 | 21 | 27.173  | -0.355 | <b>Août</b>   | 1  | 2  | -25.811 | -0.170 |              | 22 | 7  | 24.999  | -0.313 |
|               | 11 | 8  | -26.360 | -0.893 |               | 1  | 13 | 25.906  | 0.236  |              | 22 | 19 | -24.900 | 1.137  |
|               | 11 | 20 | 27.009  | -1.198 |               | 2  | 1  | -25.760 | 0.633  |              | 23 | 6  | 24.861  | -1.076 |
|               | 12 | 7  | -26.550 | -0.034 |               | 2  | 12 | 25.969  | -0.563 |              | 23 | 17 | -25.086 | -0.133 |
|               | 12 | 18 | 26.993  | 0.173  |               | 2  | 23 | -25.603 | -0.693 |              | 24 | 4  | 24.827  | 0.205  |
|               | 13 | 6  | -26.438 | 0.820  |               | 3  | 11 | 25.751  | -1.353 |              | 24 | 16 | -25.020 | 0.627  |
|               | 13 | 17 | 27.014  | -0.670 |               | 3  | 22 | -25.738 | 0.107  |              | 25 | 3  | 24.871  | -0.559 |
|               | 14 | 4  | -26.370 | -0.579 |               | 4  | 9  | 25.831  | -0.043 |              | 25 | 14 | -24.910 | -0.642 |
|               | 14 | 16 | 26.745  | -1.502 |               | 4  | 21 | -25.590 | 0.902  |              | 26 | 2  | 24.643  | -1.317 |
|               | 15 | 3  | -26.452 | 0.272  |               | 5  | 8  | 25.796  | -0.836 |              | 26 | 13 | -25.022 | 0.117  |
|               | 15 | 14 | 26.901  | -0.143 |               | 5  | 19 | -25.596 | -0.415 |              | 27 | 0  | 24.762  | -0.041 |
|               | 16 | 2  | -26.235 | 1.115  |               | 6  | 6  | 25.575  | 0.475  |              | 27 | 12 | -24.866 | 0.872  |
|               | 16 | 13 | 26.817  | -0.977 |               | 6  | 18 | -25.633 | 0.378  |              | 27 | 23 | 24.716  | -0.801 |
|               | 17 | 0  | -26.341 | -0.271 |               | 7  | 5  | 25.723  | -0.316 |              | 28 | 10 | -24.907 | -0.392 |
|               | 17 | 11 | 26.670  | 0.382  |               | 7  | 17 | -25.389 | 1.164  |              | 28 | 21 | 24.534  | 0.478  |
|               | 17 | 23 | -26.317 | 0.571  |               | 8  | 4  | 25.592  | -1.101 |              | 29 | 9  | -24.930 | 0.363  |
|               | 18 | 10 | 26.771  | -0.451 |               | 8  | 15 | -25.556 | -0.144 |              | 29 | 20 | 24.670  | -0.283 |
|               | 18 | 21 | -26.107 | -0.808 |               | 9  | 2  | 25.532  | 0.203  |              | 30 | 8  | -24.685 | 1.112  |
|               | 19 | 9  | 26.583  | -1.275 |               | 9  | 14 | -25.497 | 0.643  |              | 30 | 19 | 24.535  | -1.039 |
|               | 19 | 20 | -26.275 | 0.030  |               | 10 | 1  | 25.584  | -0.583 |              | 31 | 6  | -24.876 | -0.146 |
|               | 20 | 7  | 26.606  | 0.074  |               | 10 | 12 | -25.360 | -0.661 |              | 31 | 17 | 24.505  | 0.237  |
|               | 20 | 19 | -26.147 | 0.862  |               | 11 | 0  | 25.358  | -1.360 | <b>Sept.</b> | 1  | 5  | -24.809 | 0.605  |
|               | 21 | 6  | 26.603  | -0.751 |               | 11 | 11 | -25.485 | 0.123  |              | 1  | 16 | 24.551  | -0.521 |
|               | 21 | 17 | -26.109 | -0.507 |               | 11 | 22 | 25.457  | -0.064 |              | 2  | 3  | -24.708 | -0.652 |
|               | 22 | 4  | 26.323  | 0.595  |               | 12 | 10 | -25.331 | 0.902  |              | 2  | 15 | 24.328  | -1.272 |
|               | 22 | 16 | -26.172 | 0.323  |               | 12 | 21 | 25.414  | -0.843 |              | 3  | 2  | -24.817 | 0.097  |
|               | 23 | 3  | 26.505  | -0.227 |               | 13 | 8  | -25.352 | -0.394 |              | 3  | 13 | 24.449  | -0.001 |
|               | 23 | 15 | -25.942 | 1.145  |               | 13 | 19 | 25.211  | 0.454  |              | 4  | 1  | -24.663 | 0.844  |
|               | 24 | 2  | 26.399  | -1.043 |               | 14 | 7  | -25.382 | 0.385  |              | 4  | 12 | 24.407  | -0.756 |
|               | 24 | 13 | -26.074 | -0.212 |               | 14 | 18 | 25.351  | -0.325 |              | 4  | 23 | -24.711 | -0.409 |
|               | 25 | 0  | 26.288  | 0.295  |               | 15 | 6  | -25.135 | 1.155  |              | 5  | 10 | 24.227  | 0.519  |
|               | 25 | 12 | -26.035 | 0.610  |               | 15 | 17 | 25.215  | -1.098 |              | 5  | 22 | -24.732 | 0.338  |
|               | 25 | 23 | 26.367  | -0.520 |               | 16 | 4  | -25.313 | -0.132 |              | 6  | 9  | 24.367  | -0.236 |
|               | 26 | 10 | -25.854 | -0.741 |               | 16 | 15 | 25.170  | 0.194  |              | 6  | 20 | -24.491 | -0.912 |
|               | 26 | 22 | 26.160  | -1.326 |               | 17 | 3  | -25.250 | 0.640  |              | 7  | 8  | 24.237  | -0.988 |
|               | 27 | 9  | -26.003 | 0.077  |               | 17 | 14 | 25.217  | -0.581 |              | 7  | 19 | -24.686 | -0.169 |
|               | 27 | 20 | 26.216  | 0.002  |               | 18 | 1  | -25.128 | -0.644 |              | 8  | 6  | 24.208  | 0.285  |
|               | 28 | 8  | -25.863 | 0.889  |               | 18 | 13 | 24.988  | -1.346 |              | 8  | 18 | -24.620 | 0.576  |
|               | 28 | 19 | 26.194  | -0.806 |               | 19 | 0  | -25.245 | 0.126  |              | 9  | 5  | 24.259  | -0.468 |
|               | 29 | 6  | -25.850 | -0.453 |               | 19 | 11 | 25.099  | -0.062 |              | 9  | 16 | -24.526 | -0.673 |
|               | 29 | 17 | 25.947  | 0.522  |               | 19 | 23 | -25.089 | 0.891  |              | 10 | 4  | 24.043  | -1.216 |
|               | 30 | 5  | -25.898 | 0.358  |               | 20 | 10 | 25.053  | -0.831 |              | 10 | 15 | -24.634 | 0.070  |
|               | 30 | 16 | 26.109  | -0.284 |               | 20 | 21 | -25.122 | -0.387 |              | 11 | 2  | 24.162  | 0.054  |
|               | 31 | 4  | -25.659 | 1.161  |               | 21 | 8  | 24.863  | 0.455  |              | 11 | 14 | -24.482 | 0.811  |

## MIMAS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  |    |         | X       | Y      | Date |         |         | X       | Y      | Date    |         |        | X       | Y       |
|-------|----|---------|---------|--------|------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Mois  | j  | h       | "       | "      | Mois | j       | h       | "       | "      | Mois    | j       | h      | "       | "       |
| Sept. | 12 | 1       | 24.127  | -0.698 | Oct. | 3       | 6       | -24.217 | -0.044 | Oct.    | 24      | 11     | 23.185  | 0.027   |
|       | 12 | 12      | -24.534 | -0.435 |      | 3       | 17      | 23.485  | 0.289  |         | 24      | 22     | -23.903 | -0.918  |
|       | 12 | 23      | 23.946  | 0.576  |      | 4       | 5       | -24.077 | 0.697  |         | 25      | 10     | 23.043  | -0.755  |
|       | 13 | 11      | -24.556 | 0.306  |      | 4       | 16      | 23.481  | -0.468 |         | 25      | 21     | -24.020 | -0.159  |
|       | 13 | 22      | 24.092  | -0.176 |      | 5       | 3       | -24.138 | -0.552 |         | 26      | 8      | 23.108  | 0.580   |
|       | 14 | 9       | -24.323 | -0.938 |      | 5       | 14      | 23.281  | 0.823  |         | 26      | 20     | -23.890 | 0.606   |
|       | 14 | 21      | 23.970  | -0.925 |      | 6       | 2       | -24.166 | 0.190  |         | 27      | 7      | 23.145  | -0.205  |
|       | 15 | 8       | -24.516 | -0.199 |      | 6       | 13      | 23.457  | 0.067  |         | 27      | 18     | -23.961 | -0.679  |
|       | 15 | 19      | 23.938  | 0.349  |      | 7       | 0       | -23.949 | -1.058 |         | 28      | 6      | 22.921  | -0.990  |
|       | 16 | 7       | -24.452 | 0.541  |      | 7       | 12      | 23.370  | -0.693 |         | 28      | 17     | -23.996 | 0.087   |
|       | 16 | 18      | 23.997  | -0.403 |      | 7       | 23      | -24.144 | -0.319 |         | 29      | 4      | 23.129  | 0.351   |
|       | 17 | 5       | -24.364 | -0.703 |      | 8       | 10      | 23.314  | 0.604  |         | 29      | 15     | -23.795 | -1.199  |
|       | 17 | 17      | 23.790  | -1.150 |      | 8       | 22      | -24.090 | 0.425  |         | 30      | 3      | 23.084  | -0.440  |
|       | 18 | 4       | -24.472 | 0.036  |      | 9       | 9       | 23.406  | -0.157 |         | 30      | 14     | -23.995 | -0.435  |
|       | 18 | 15      | 23.905  | 0.122  |      | 9       | 20      | -24.014 | -0.828 |         | 31      | 1      | 22.994  | 0.908   |
|       | 19 | 3       | -24.323 | 0.774  |      | 10      | 8       | 23.236  | -0.917 |         | Nov.    | 31     | 13      | -23.948 |
| 19    | 14 | 23.879  | -0.629  | 10     | 19   | -24.126 | -0.085  | 1       | 0      | 23.128  |         | 0.117  |         |         |
| 20    | 1  | -24.379 | -0.469  | 11     | 6    | 23.324  | 0.383   | 1       | 11     | -23.886 |         | -0.959 |         |         |
| 20    | 12 | 23.694  | 0.648   | 11     | 18   | -23.990 | 0.661   | 1       | 23     | 23.000  |         | -0.678 |         |         |
| 21    | 0  | -24.402 | 0.270   | 12     | 5    | 23.334  | -0.381  | 2       | 10     | -24.004 |         | -0.187 |         |         |
| 21    | 11 | 23.848  | -0.103  | 12     | 16   | -24.053 | -0.596  | 2       | 21     | 23.053  |         | 0.678  |         |         |
| 21    | 22 | -24.176 | -0.972  | 13     | 3    | 23.123  | 0.923   | 3       | 9      | -23.877 | 0.590   |        |         |         |
| 22    | 10 | 23.736  | -0.854  | 13     | 15   | -24.084 | 0.151   | 3       | 20     | 23.105  | -0.120  |        |         |         |
| 22    | 21 | -24.369 | -0.236  | 14     | 2    | 23.312  | 0.160   | 4       | 7      | -23.953 | -0.713  |        |         |         |
| 23    | 8  | 23.698  | 0.424   | 14     | 13   | -23.873 | -1.106  | 4       | 19     | 22.894  | -0.921  |        |         |         |
| 23    | 20 | -24.307 | 0.503   | 15     | 1    | 23.239  | -0.607  | 5       | 6      | -23.990 | 0.066   |        |         |         |
| 24    | 7  | 23.767  | -0.328  | 15     | 12   | -24.069 | -0.361  | 5       | 17     | 23.091  | 0.444   |        |         |         |
| 24    | 18 | -24.224 | -0.740  | 15     | 23   | 23.172  | 0.703   | 6       | 4      | -23.796 | -1.240  |        |         |         |
| 25    | 6  | 23.571  | -1.077  | 16     | 11   | -24.017 | 0.389   | 6       | 16     | 23.060  | -0.362  |        |         |         |
| 25    | 17 | -24.333 | -0.003  | 16     | 22   | 23.278  | -0.065  | 7       | 3      | -23.997 | -0.462  |        |         |         |
| 26    | 4  | 23.679  | 0.201   | 17     | 9    | -23.946 | -0.874  | 7       | 14     | 22.959  | 1.009   |        |         |         |
| 26    | 16 | -24.188 | 0.735   | 17     | 21   | 23.122  | -0.835  | 8       | 2      | -23.952 | 0.324   |        |         |         |
| 27    | 3  | 23.663  | -0.552  | 18     | 8    | -24.060 | -0.124  | 8       | 13     | 23.107  | 0.204   |        |         |         |
| 27    | 14 | -24.247 | -0.509  | 18     | 19   | 23.198  | 0.481   | 9       | 0      | -23.897 | -0.992  |        |         |         |
| 28    | 1  | 23.471  | 0.731   | 19     | 7    | -23.927 | 0.630   | 9       | 12     | 22.993  | -0.608  |        |         |         |
| 28    | 13 | -24.272 | 0.230   | 19     | 18   | 23.222  | -0.293  | 9       | 23     | -24.016 | -0.206  |        |         |         |
| 29    | 0  | 23.636  | -0.022  | 20     | 5    | -23.994 | -0.639  | 10      | 10     | 23.036  | 0.773   |        |         |         |
| 29    | 11 | -24.051 | -1.013  | 20     | 16   | 23.000  | 1.027   | 10      | 22     | -23.889 | 0.587   |        |         |         |
| 29    | 23 | 23.536  | -0.775  | 21     | 4    | -24.027 | 0.116   | 11      | 9      | 23.101  | -0.041  |        |         |         |
| 30    | 10 | -24.244 | -0.276  | 21     | 15   | 23.203  | 0.255   | 11      | 20     | -23.973 | -0.739  |        |         |         |
| 30    | 21 | 23.490  | 0.510   | 22     | 2    | -23.821 | -1.154  | 12      | 8      | 22.903  | -0.859  |        |         |         |
| Oct.  | 1  | 9       | -24.186 | 0.463  | 22   | 14      | 23.143  | -0.522  | 12     | 19      | -24.010 | 0.056  |         |         |
|       | 1  | 20      | 23.570  | -0.245 | 23   | 1       | -24.019 | -0.401  | 13     | 6       | 23.091  | 0.532  |         |         |
|       | 2  | 7       | -24.107 | -0.783 | 23   | 12      | 23.065  | 0.805   | 13     | 17      | -23.824 | -1.273 |         |         |
|       | 2  | 19      | 23.386  | -0.999 | 24   | 0       | -23.971 | 0.359   | 14     | 5       | 23.073  | -0.291 |         |         |

## MIMAS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date |    |         | X       | Y      | Date |         |        | X       | Y      | Date    |        |        | X       | Y      |
|------|----|---------|---------|--------|------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Mois | j  | h       | "       | "      | Mois | j       | h      | "       | "      | Mois    | j      | h      | "       | "      |
| Nov. | 14 | 16      | -24.025 | -0.480 | Déc. | 1       | 15     | -24.088 | -1.031 | Déc.    | 18     | 15     | -24.303 | 0.815  |
|      | 15 | 3       | 22.963  | 1.106  |      | 2       | 3      | 23.185  | -0.458 |         | 19     | 2      | 23.629  | 0.182  |
|      | 15 | 15      | -23.980 | 0.324  |      | 2       | 14     | -24.203 | -0.186 |         | 19     | 13     | -24.466 | -0.665 |
|      | 16 | 2       | 23.124  | 0.284  |      | 3       | 1      | 23.211  | 1.012  |         | 20     | 1      | 23.467  | -0.747 |
|      | 16 | 13      | -23.933 | -1.017 |      | 3       | 13     | -24.069 | 0.667  |         | 20     | 12     | -24.481 | 0.242  |
|      | 17 | 1       | 23.021  | -0.546 |      | 4       | 0      | 23.309  | 0.138  |         | 20     | 23     | 23.653  | 0.803  |
|      | 17 | 12      | -24.052 | -0.214 |      | 4       | 11     | -24.190 | -0.744 |         | 21     | 10     | -24.372 | -1.247 |
|      | 17 | 23      | 23.057  | 0.862  |      | 4       | 23     | 23.140  | -0.743 |         | 21     | 22     | 23.672  | -0.130 |
|      | 18 | 11      | -23.925 | 0.597  |      | 5       | 10     | -24.221 | 0.112  |         | 22     | 9      | -24.554 | -0.339 |
|      | 18 | 22      | 23.134  | 0.030  |      | 5       | 21     | 23.315  | 0.739  |         | 22     | 20     | 23.561  | 1.427  |
|      | 19 | 9       | -24.019 | -0.755 |      | 6       | 8      | -24.071 | -1.306 |         | 23     | 8      | -24.480 | 0.578  |
|      | 19 | 21      | 22.947  | -0.807 |      | 6       | 20     | 23.326  | -0.145 |         | 23     | 19     | 23.760  | 0.493  |
|      | 20 | 8       | -24.055 | 0.059  |      | 7       | 7      | -24.267 | -0.449 |         | 24     | 6      | -24.520 | -0.925 |
|      | 20 | 19      | 23.128  | 0.612  |      | 7       | 18     | 23.204  | 1.343  |         | 24     | 18     | 23.689  | -0.452 |
|      | 21 | 6       | -23.879 | -1.297 |      | 8       | 6      | -24.212 | 0.417  |         | 25     | 5      | -24.614 | -0.004 |
|      | 21 | 18      | 23.121  | -0.229 |      | 8       | 17     | 23.395  | 0.459  |         | 25     | 16     | 23.732  | 1.121  |
|      | 22 | 5       | -24.080 | -0.485 |      | 9       | 4      | -24.206 | -1.014 |         | 26     | 4      | -24.450 | 0.924  |
|      | 22 | 16      | 23.004  | 1.196  |      | 9       | 16     | 23.319  | -0.436 |         | 26     | 15     | 23.842  | 0.174  |
| 23   | 4  | -24.033 | 0.337   | 10     | 3    | -24.317 | -0.146 | 27      | 2      | -24.640 | -0.593 |        |         |        |
| 23   | 15 | 23.177  | 0.355   | 10     | 14   | 23.347  | 1.066  | 27      | 14     | 23.678  | -0.782 |        |         |        |
| 24   | 2  | -23.998 | -1.031  | 11     | 2    | -24.176 | 0.731  | 28      | 1      | -24.644 | 0.341  |        |         |        |
| 24   | 14 | 23.085  | -0.495  | 11     | 13   | 23.451  | 0.170  | 28      | 12     | 23.878  | 0.804  |        |         |        |
| 25   | 1  | -24.115 | -0.207  | 12     | 0    | -24.315 | -0.714 | 28      | 23     | -24.560 | -1.187 |        |         |        |
| 25   | 12 | 23.114  | 0.943   | 12     | 12   | 23.287  | -0.735 | 29      | 11     | 23.896  | -0.156 |        |         |        |
| 26   | 0  | -23.985 | 0.623   | 12     | 23   | -24.340 | 0.167  | 29      | 22     | -24.732 | -0.251 |        |         |        |
| 26   | 11 | 23.203  | 0.091   | 13     | 10   | 23.466  | 0.781  | 30      | 9      | 23.798  | 1.437  |        |         |        |
| 26   | 22 | -24.091 | -0.757  | 13     | 21   | -24.208 | -1.285 | 30      | 21     | -24.644 | 0.694  |        |         |        |
| 27   | 10 | 23.026  | -0.767  | 14     | 9    | 23.482  | -0.128 | 31      | 8      | 23.997  | 0.478  |        |         |        |
| 27   | 21 | -24.126 | 0.077   | 14     | 20   | -24.398 | -0.404 | 31      | 19     | -24.714 | -0.848 |        |         |        |
| 28   | 8  | 23.203  | 0.682   | 15     | 7    | 23.363  | 1.394  | Janv.   | 1      | 7       | 23.921 | -0.494 |         |        |
| 28   | 19 | -23.961 | -1.308  | 15     | 19   | -24.335 | 0.487  | 1       | 18     | -24.794 | 0.101  |        |         |        |
| 29   | 7  | 23.206  | -0.180  | 16     | 6    | 23.560  | 0.486  | 2       | 5      | 23.981  | 1.115  |        |         |        |
| 29   | 18 | -24.160 | -0.475  | 16     | 17   | -24.350 | -0.980 | 2       | 17     | -24.614 | 1.056  |        |         |        |
| 30   | 5  | 23.085  | 1.276   | 17     | 5    | 23.488  | -0.434 | 3       | 4      | 24.088  | 0.141  |        |         |        |
| 30   | 17 | -24.110 | 0.368   | 17     | 16   | -24.454 | -0.086 | 3       | 15     | -24.837 | -0.499 |        |         |        |
| Déc. | 1  | 4       | 23.267  | 0.414  | 18   | 3       | 23.521 | 1.103   |        |         |        |        |         |        |

## ENCELADE 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X       | Y      | Date         |    |    | X       | Y      | Date         |    |    | X       | Y      |
|--------------|----|----|---------|--------|--------------|----|----|---------|--------|--------------|----|----|---------|--------|
| Mois         | j  | h  | "       | "      | Mois         | j  | h  | "       | "      | Mois         | j  | h  | "       | "      |
| <b>Déc.</b>  | 31 | 8  | 32.159  | 0.708  | <b>Janv.</b> | 31 | 4  | -33.480 | -0.611 | <b>Mars</b>  | 3  | 0  | 35.604  | 0.358  |
| <b>Janv.</b> | 1  | 1  | -31.895 | 0.459  |              | 31 | 21 | 33.816  | -0.532 |              | 3  | 17 | -35.200 | 0.896  |
|              | 1  | 17 | 32.247  | 0.490  | <b>Févr.</b> | 1  | 13 | -33.587 | -0.367 |              | 4  | 9  | 35.689  | 0.094  |
|              | 2  | 10 | -31.911 | 0.682  |              | 2  | 6  | 33.847  | -0.779 |              | 5  | 1  | -35.263 | -1.077 |
|              | 3  | 2  | 32.324  | 0.270  |              | 2  | 22 | -33.677 | -0.121 |              | 5  | 18 | 35.755  | -0.173 |
|              | 3  | 18 | -31.944 | -1.093 |              | 3  | 14 | 33.885  | 1.098  |              | 6  | 10 | -35.397 | -0.812 |
|              | 4  | 11 | 32.388  | 0.048  |              | 4  | 7  | -33.753 | 0.127  |              | 7  | 3  | 35.801  | -0.438 |
|              | 5  | 3  | -32.062 | -0.873 |              | 4  | 23 | 34.025  | 0.856  |              | 7  | 19 | -35.511 | -0.545 |
|              | 5  | 20 | 32.442  | -0.174 |              | 5  | 16 | -33.810 | 0.377  |              | 8  | 12 | 35.828  | -0.706 |
|              | 6  | 12 | -32.166 | -0.652 |              | 6  | 8  | 34.149  | 0.609  |              | 9  | 4  | -35.605 | -0.277 |
|              | 7  | 5  | 32.480  | -0.400 |              | 7  | 1  | -33.852 | 0.628  |              | 9  | 21 | 35.834  | -0.974 |
|              | 7  | 21 | -32.260 | -0.428 |              | 7  | 17 | 34.257  | 0.361  |              | 10 | 13 | -35.679 | -0.008 |
|              | 8  | 14 | 32.506  | -0.627 |              | 8  | 10 | -33.877 | 0.880  |              | 11 | 5  | 35.940  | 0.988  |
|              | 9  | 6  | -32.339 | -0.203 |              | 9  | 2  | 34.349  | 0.111  |              | 11 | 22 | -35.734 | 0.259  |
|              | 9  | 23 | 32.517  | -0.857 |              | 9  | 18 | -33.947 | -1.037 |              | 12 | 14 | 36.062  | 0.721  |
|              | 10 | 15 | -32.407 | 0.025  |              | 10 | 11 | 34.423  | -0.140 |              | 13 | 7  | -35.767 | 0.530  |
|              | 11 | 7  | 32.642  | 0.935  |              | 11 | 3  | -34.084 | -0.787 |              | 13 | 23 | 36.165  | 0.452  |
|              | 12 | 0  | -32.459 | 0.255  |              | 11 | 20 | 34.482  | -0.393 |              | 14 | 16 | -35.779 | 0.800  |
|              | 12 | 16 | 32.757  | 0.709  |              | 12 | 12 | -34.204 | -0.535 |              | 15 | 8  | 36.248  | 0.183  |
|              | 13 | 9  | -32.498 | 0.486  |              | 13 | 5  | 34.523  | -0.648 |              | 16 | 0  | -35.794 | -1.187 |
|              | 14 | 1  | 32.858  | 0.481  |              | 13 | 21 | -34.308 | -0.281 |              | 16 | 17 | 36.311  | -0.087 |
|              | 14 | 18 | -32.523 | 0.719  |              | 14 | 14 | 34.549  | -0.903 |              | 17 | 9  | -35.923 | -0.919 |
|              | 15 | 10 | 32.946  | 0.251  |              | 15 | 6  | -34.393 | -0.028 |              | 18 | 2  | 36.352  | -0.358 |
|              | 16 | 2  | -32.546 | -1.109 |              | 15 | 22 | 34.634  | 1.011  |              | 18 | 18 | -36.034 | -0.648 |
|              | 16 | 19 | 33.019  | 0.018  |              | 16 | 15 | -34.462 | 0.229  |              | 19 | 11 | 36.371  | -0.630 |
|              | 17 | 11 | -32.677 | -0.880 |              | 17 | 7  | 34.769  | 0.757  |              | 20 | 3  | -36.124 | -0.377 |
|              | 18 | 4  | 33.079  | -0.215 |              | 18 | 0  | -34.513 | 0.487  |              | 20 | 20 | 36.369  | -0.901 |
|              | 18 | 20 | -32.793 | -0.648 |              | 18 | 16 | 34.887  | 0.502  |              | 21 | 12 | -36.194 | -0.105 |
|              | 19 | 13 | 33.124  | -0.451 |              | 19 | 9  | -34.547 | 0.747  |              | 22 | 4  | 36.436  | 1.072  |
|              | 20 | 5  | -32.896 | -0.414 |              | 20 | 1  | 34.988  | 0.246  |              | 22 | 21 | -36.240 | 0.168  |
|              | 20 | 22 | 33.156  | -0.686 |              | 20 | 18 | -34.561 | 1.008  |              | 23 | 13 | 36.553  | 0.801  |
|              | 21 | 14 | -32.983 | -0.178 |              | 21 | 10 | 35.072  | -0.013 |              | 24 | 6  | -36.265 | 0.441  |
|              | 22 | 7  | 33.173  | -0.925 |              | 22 | 2  | -34.684 | -0.942 |              | 24 | 22 | 36.648  | 0.530  |
|              | 22 | 23 | -33.056 | 0.060  |              | 22 | 19 | 35.137  | -0.273 |              | 25 | 15 | -36.267 | 0.714  |
|              | 23 | 15 | 33.307  | 0.913  |              | 23 | 11 | -34.814 | -0.683 |              | 26 | 7  | 36.722  | 0.257  |
|              | 24 | 8  | -33.114 | 0.300  |              | 24 | 4  | 35.184  | -0.535 |              | 27 | 0  | -36.249 | 0.984  |
|              | 25 | 0  | 33.429  | 0.676  |              | 24 | 20 | -34.927 | -0.424 |              | 27 | 16 | 36.773  | -0.016 |
|              | 25 | 17 | -33.160 | 0.540  |              | 25 | 13 | 35.210  | -0.797 |              | 28 | 8  | -36.368 | -1.008 |
|              | 26 | 9  | 33.535  | 0.439  |              | 26 | 5  | -35.020 | -0.162 |              | 29 | 1  | 36.803  | -0.288 |
|              | 27 | 2  | -33.188 | 0.783  |              | 26 | 21 | 35.231  | 1.145  |              | 29 | 17 | -36.470 | -0.736 |
|              | 27 | 18 | 33.628  | 0.199  |              | 27 | 14 | -35.094 | 0.102  |              | 30 | 10 | 36.811  | -0.561 |
|              | 28 | 10 | -33.222 | -1.090 |              | 28 | 6  | 35.373  | 0.884  |              | 31 | 2  | -36.550 | -0.462 |
|              | 29 | 3  | 33.706  | -0.043 |              | 28 | 23 | -35.149 | 0.366  |              | 31 | 19 | 36.798  | -0.832 |
|              | 29 | 19 | -33.359 | -0.851 | <b>Mars</b>  | 1  | 15 | 35.499  | 0.623  | <b>Avril</b> | 1  | 11 | -36.606 | -0.189 |
|              | 30 | 12 | 33.769  | -0.287 |              | 2  | 8  | -35.183 | 0.630  |              | 2  | 3  | 36.837  | 1.138  |

## ENCELADE 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date  |    |         | X       | Y      | Date |         |        | X       | Y       | Date    |         |        | X       | Y      |
|-------|----|---------|---------|--------|------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| Mois  | j  | h       | "       | "      | Mois | j       | h      | "       | "       | Mois    | j       | h      | "       | "      |
| Avril | 2  | 20      | -36.641 | 0.084  | Mai  | 3       | 16     | 37.253  | -0.611  | Juin    | 3       | 11     | -36.211 | -1.246 |
|       | 3  | 12      | 36.942  | 0.866  |      | 4       | 8      | -37.042 | -0.429  |         | 4       | 4      | 36.521  | -0.025 |
|       | 4  | 5       | -36.653 | 0.358  |      | 5       | 0      | 37.214  | 1.303   |         | 4       | 20     | -36.206 | -1.004 |
|       | 4  | 21      | 37.024  | 0.593  |      | 5       | 17     | -37.030 | -0.166  |         | 5       | 13     | 36.419  | -0.265 |
|       | 5  | 14      | -36.645 | 0.630  |      | 6       | 9      | 37.265  | 1.042   |         | 6       | 5      | -36.180 | -0.761 |
|       | 6  | 6       | 37.083  | 0.322  |      | 7       | 2      | -36.992 | 0.096   |         | 6       | 22     | 36.297  | -0.504 |
|       | 6  | 23      | -36.611 | 0.903  |      | 7       | 18     | 37.295  | 0.779   |         | 7       | 14     | -36.133 | -0.520 |
|       | 7  | 15      | 37.120  | 0.049  |      | 8       | 11     | -36.932 | 0.357   |         | 8       | 6      | 36.250  | 1.306  |
|       | 8  | 7       | -36.701 | -1.084 |      | 9       | 3      | 37.302  | 0.518   |         | 8       | 23     | -36.066 | -0.280 |
|       | 9  | 0       | 37.135  | -0.223 |      | 9       | 20     | -36.848 | 0.616   |         | 9       | 15     | 36.246  | 1.067  |
|       | 9  | 16      | -36.789 | -0.811 |      | 10      | 12     | 37.287  | 0.258   |         | 10      | 8      | -35.978 | -0.043 |
|       | 10 | 9       | 37.127  | -0.495 |      | 11      | 4      | -36.842 | -1.302  |         | 11      | 0      | 36.221  | 0.828  |
|       | 11 | 1       | -36.855 | -0.540 |      | 11      | 21     | 37.249  | -0.001  |         | 11      | 17     | -35.872 | 0.194  |
|       | 11 | 18      | 37.095  | -0.766 |      | 12      | 13     | -36.880 | -1.042  |         | 12      | 9      | 36.176  | 0.591  |
|       | 12 | 10      | -36.898 | -0.267 |      | 13      | 6      | 37.188  | -0.259  |         | 13      | 2      | -35.746 | 0.429  |
|       | 13 | 2       | 37.110  | 1.195  |      | 13      | 22     | -36.896 | -0.783  |         | 13      | 18     | 36.111  | 0.354  |
|       | 13 | 19      | -36.918 | 0.005  |      | 14      | 15     | 37.104  | -0.515  |         | 14      | 10     | -35.699 | -1.375 |
|       | 14 | 11      | 37.199  | 0.923  |      | 15      | 7      | -36.890 | -0.524  |         | 15      | 3      | 36.027  | 0.122  |
|       | 15 | 4       | -36.914 | 0.277  |      | 15      | 23     | 37.030  | 1.370   |         | 15      | 19     | -35.689 | -1.139 |
| 15    | 20 | 37.267  | 0.653   | 16     | 16   | -36.859 | -0.267 | 16      | 12      | 35.925  | -0.112  |        |         |        |
| 16    | 13 | -36.885 | 0.547   | 17     | 8    | 37.066  | 1.114  | 17      | 4       | -35.661 | -0.905  |        |         |        |
| 17    | 5  | 37.310  | 0.382   | 18     | 1    | -36.807 | -0.012 | 17      | 21      | 35.804  | -0.343  |        |         |        |
| 17    | 22 | -36.835 | 0.817   | 18     | 17   | 37.080  | 0.858  | 18      | 13      | -35.613 | -0.671  |        |         |        |
| 18    | 14 | 37.330  | 0.111   | 19     | 10   | -36.733 | 0.242  | 19      | 5       | 35.678  | 1.431   |        |         |        |
| 19    | 6  | -36.897 | -1.154  | 20     | 2    | 37.072  | 0.603  | 19      | 22      | -35.547 | -0.441  |        |         |        |
| 19    | 23 | 37.327  | -0.159  | 20     | 19   | -36.640 | 0.492  | 20      | 14      | 35.669  | 1.200   |        |         |        |
| 20    | 15 | -36.971 | -0.884  | 21     | 11   | 37.040  | 0.351  | 21      | 7       | -35.463 | -0.210  |        |         |        |
| 21    | 8  | 37.298  | -0.426  | 22     | 3    | -36.588 | -1.389 | 21      | 23      | 35.644  | 0.969   |        |         |        |
| 22    | 0  | -37.021 | -0.614  | 22     | 20   | 36.988  | 0.099  | 22      | 16      | -35.360 | 0.019   |        |         |        |
| 22    | 17 | 37.249  | -0.694  | 23     | 12   | -36.613 | -1.136 | 23      | 8       | 35.599  | 0.739   |        |         |        |
| 23    | 9  | -37.047 | -0.345  | 24     | 5    | 36.914  | -0.151 | 24      | 1       | -35.239 | 0.247   |        |         |        |
| 24    | 1  | 37.238  | 1.248   | 24     | 21   | -36.616 | -0.884 | 24      | 17      | 35.539  | 0.512   |        |         |        |
| 24    | 18 | -37.049 | -0.076  | 25     | 14   | 36.821  | -0.398 | 25      | 10      | -35.099 | 0.473   |        |         |        |
| 25    | 10 | 37.311  | 0.980   | 26     | 6    | -36.595 | -0.635 | 26      | 2       | 35.459  | 0.284   |        |         |        |
| 26    | 3  | -37.027 | 0.190   | 26     | 23   | 36.704  | -0.645 | 26      | 18      | -35.089 | -1.295  |        |         |        |
| 26    | 19 | 37.358  | 0.712   | 27     | 15   | -36.555 | -0.386 | 27      | 11      | 35.361  | 0.058   |        |         |        |
| 27    | 12 | -36.983 | 0.457   | 28     | 7    | 36.722  | 1.200  | 28      | 3       | -35.064 | -1.068  |        |         |        |
| 28    | 4  | 37.384  | 0.445   | 29     | 0    | -36.493 | -0.138 | 28      | 20      | 35.246  | -0.167  |        |         |        |
| 28    | 21 | -36.916 | 0.722   | 29     | 16   | 36.724  | 0.952  | 29      | 12      | -35.023 | -0.843  |        |         |        |
| 29    | 13 | 37.385  | 0.178   | 30     | 9    | -36.411 | 0.108  | 30      | 5       | 35.114  | -0.388  |        |         |        |
| 30    | 5  | -36.947 | -1.225  | 31     | 1    | 36.704  | 0.708  | Juill.  | 30      | 21      | -34.962 | -0.617 |         |        |
| 30    | 22 | 37.365  | -0.085  | 31     | 18   | -36.306 | 0.353  |         | 1       | 13      | 35.020  | 1.354  |         |        |
| Mai   | 1  | 14      | -37.001 | -0.958 | Juin | 1       | 10     |         | 36.664  | 0.462   | 2       | 6      | -34.885 | -0.394 |
|       | 2  | 7       | 37.320  | -0.349 |      | 2       | 2      |         | -36.196 | -1.490  | 2       | 22     | 35.000  | 1.131  |
|       | 2  | 23      | -37.033 | -0.693 |      | 2       | 19     |         | 36.603  | 0.218   | 3       | 15     | -34.790 | -0.171 |



## ENCELADE 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date          |         | X       | Y      | Date         |        | X           | Y       | Date         |       | X       | Y      |
|---------------|---------|---------|--------|--------------|--------|-------------|---------|--------------|-------|---------|--------|
| Mois          | j h     | "       | "      | Mois         | j h    | "           | "       | Mois         | j h   | "       | "      |
| <b>Juill.</b> | 4 7     | 34.962  | 0.908  | <b>Août</b>  | 4 3    | -32.976     | -1.049  | <b>Sept.</b> | 3 23  | 31.565  | 1.048  |
|               | 5 0     | -34.680 | 0.048  |              | 4 20   | 33.115      | -0.155  |              | 4 16  | -31.507 | -0.171 |
|               | 5 16    | 34.907  | 0.686  |              | 5 12   | -32.934     | -0.842  |              | 5 8   | 31.551  | 0.849  |
|               | 6 9     | -34.553 | 0.269  |              | 6 5    | 32.995      | -0.361  |              | 6 1   | -31.435 | 0.029  |
|               | 7 1     | 34.836  | 0.466  |              | 6 21   | -32.879     | -0.636  |              | 6 17  | 31.525  | 0.650  |
|               | 7 17    | -34.430 | -1.470 |              | 7 13   | 32.865      | 1.321   |              | 7 10  | -31.354 | 0.230  |
|               | 8 10    | 34.749  | 0.246  |              | 8 6    | -32.811     | -0.430  |              | 8 2   | 31.488  | 0.452  |
|               | 9 2     | -34.414 | -1.250 |              | 8 22   | 32.847      | 1.118   |              | 8 19  | -31.260 | 0.430  |
|               | 9 19    | 34.647  | 0.029  |              | 9 15   | -32.729     | -0.225  |              | 9 11  | 31.441  | 0.252  |
|               | 10 11   | -34.379 | -1.031 |              | 10 7   | 32.816      | 0.914   |              | 10 4  | -31.157 | 0.630  |
| 11 4          | 34.529  | -0.189  | 11 0   | -32.636      | -0.020 | 10 20       | 31.384  | 0.052        |       |         |        |
| 11 20         | -34.330 | -0.813  | 11 16  | 32.771       | 0.709  | 11 12       | -31.154 | -1.067       |       |         |        |
| 12 13         | 34.395  | -0.405  | 12 9   | -32.529      | 0.185  | 12 5        | 31.316  | -0.148       |       |         |        |
| 13 5          | -34.265 | -0.595  | 13 1   | 32.715       | 0.505  | 12 21       | -31.145 | -0.871       |       |         |        |
| 13 21         | 34.310  | 1.310   | 13 18  | -32.413      | 0.388  | 13 14       | 31.235  | -0.348       |       |         |        |
| 14 14         | -34.186 | -0.379  | 14 10  | 32.643       | 0.302  | 14 6        | -31.126 | -0.671       |       |         |        |
| 15 6          | 34.281  | 1.096   | 15 2   | -32.331      | -1.300 | 14 23       | 31.147  | -0.548       |       |         |        |
| 15 23         | -34.090 | -0.164  | 15 19  | 32.562       | 0.099  | 15 15       | -31.095 | -0.472       |       |         |        |
| 16 15         | 34.240  | 0.880   | 16 11  | -32.313      | -1.098 | 16 8        | 31.047  | -0.749       |       |         |        |
| 17 8          | -33.979 | 0.051   | 17 4   | 32.469       | -0.105 | 17 0        | -31.055 | -0.272       |       |         |        |
| 18 0          | 34.183  | 0.666   | 17 20  | -32.283      | -0.895 | 17 16       | 31.046  | 0.951        |       |         |        |
| 18 17         | -33.853 | 0.265   | 18 13  | 32.365       | -0.307 | 18 9        | -31.002 | -0.072       |       |         |        |
| 19 9          | 34.112  | 0.452   | 19 5   | -32.238      | -0.694 | 19 1        | 31.040  | 0.752        |       |         |        |
| 20 1          | -33.726 | -1.451  | 19 22  | 32.248       | -0.510 | 19 18       | -30.941 | 0.129        |       |         |        |
| 20 18         | 34.024  | 0.239   | 20 14  | -32.183      | -0.491 | 20 10       | 31.024  | 0.553        |       |         |        |
| 21 10         | -33.707 | -1.238  | 21 6   | 32.179       | 1.170  | 21 3        | -30.868 | 0.329        |       |         |        |
| 22 3          | 33.923  | 0.027   | 21 23  | -32.116      | -0.289 | 21 19       | 30.997  | 0.353        |       |         |        |
| 22 19         | -33.673 | -1.026  | 22 15  | 32.160       | 0.969  | 22 12       | -30.788 | 0.530        |       |         |        |
| 23 12         | 33.807  | -0.185  | 23 8   | -32.038      | -0.086 | 23 4        | 30.959  | 0.154        |       |         |        |
| 24 4          | -33.625 | -0.814  | 24 0   | 32.129       | 0.770  | 23 20       | -30.700 | -1.182       |       |         |        |
| 24 21         | 33.679  | -0.393  | 24 17  | -31.948      | 0.116  | 24 13       | 30.912  | -0.046       |       |         |        |
| 25 13         | -33.561 | -0.603  | 25 9   | 32.087       | 0.568  | 25 5        | -30.711 | -0.984       |       |         |        |
| 26 5          | 33.581  | 1.301   | 26 2   | -31.846      | 0.317  | 25 22       | 30.855  | -0.247       |       |         |        |
| 26 22         | -33.484 | -0.392  | 26 18  | 32.032       | 0.367  | 26 14       | -30.712 | -0.785       |       |         |        |
| 27 14         | 33.556  | 1.092   | 27 11  | -31.733      | 0.519  | 27 7        | 30.788  | -0.448       |       |         |        |
| 28 7          | -33.393 | -0.182  | 28 3   | 31.967       | 0.166  | 27 23       | -30.702 | -0.587       |       |         |        |
| 28 23         | 33.516  | 0.882   | 28 19  | -31.700      | -1.172 | 28 16       | 30.710  | -0.649       |       |         |        |
| 29 16         | -33.290 | 0.026   | 29 12  | 31.888       | -0.035 | 29 8        | -30.683 | -0.387       |       |         |        |
| 30 8          | 33.461  | 0.675   | 30 4   | -31.685      | -0.972 | 30 1        | 30.623  | -0.851       |       |         |        |
| 31 1          | -33.172 | 0.235   | 30 21  | 31.800       | -0.236 | 30 17       | -30.654 | -0.186       |       |         |        |
| 31 17         | 33.394  | 0.466   | 31 13  | -31.658      | -0.772 | <b>Oct.</b> | 1 9     | 30.636       | 0.868 |         |        |
| <b>Août</b>   | 1 10    | -33.040 | 0.442  | <b>Sept.</b> | 1 6    |             | 31.701  | -0.436       | 2 2   | -30.614 | 0.016  |
|               | 2 2     | 33.314  | 0.259  |              | 1 22   |             | -31.619 | -0.571       | 2 18  | 30.642  | 0.670  |
|               | 2 18    | -33.006 | -1.254 |              | 2 15   |             | 31.593  | -0.636       | 3 11  | -30.564 | 0.217  |
|               | 3 11    | 33.222  | 0.052  |              | 3 7    |             | -31.568 | -0.372       | 4 3   | 30.637  | 0.469  |

## ENCELADE 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date |    |         | X       | Y      | Date |         |        | X       | Y      | Date    |        |    | X       | Y      |
|------|----|---------|---------|--------|------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|----|---------|--------|
| Mois | j  | h       | "       | "      | Mois | j       | h      | "       | "      | Mois    | j      | h  | "       | "      |
| Oct. | 4  | 20      | -30.504 | 0.420  | Nov. | 4       | 0      | -30.065 | 1.020  | Déc.    | 4      | 3  | -30.440 | -0.398 |
|      | 5  | 12      | 30.622  | 0.268  |      | 4       | 16     | 30.248  | -0.310 |         | 4      | 20 | 30.468  | -0.984 |
|      | 6  | 5       | -30.435 | 0.622  |      | 5       | 8      | -30.108 | -0.785 |         | 5      | 12 | -30.496 | -0.173 |
|      | 6  | 21      | 30.597  | 0.066  |      | 6       | 1      | 30.232  | -0.522 |         | 6      | 5  | 30.456  | -1.212 |
|      | 7  | 13      | -30.361 | -1.114 |      | 6       | 17     | -30.149 | -0.577 |         | 6      | 21 | -30.541 | 0.051  |
|      | 8  | 6       | 30.561  | -0.135 |      | 7       | 10     | 30.203  | -0.734 |         | 7      | 13 | 30.444  | 0.697  |
|      | 8  | 22      | -30.383 | -0.914 |      | 8       | 2      | -30.179 | -0.367 |         | 8      | 6  | -30.577 | 0.279  |
|      | 9  | 15      | 30.517  | -0.338 |      | 8       | 19     | 30.167  | -0.947 |         | 8      | 22 | 30.524  | 0.471  |
|      | 10 | 7       | -30.396 | -0.713 |      | 9       | 11     | -30.199 | -0.156 |         | 9      | 15 | -30.601 | 0.508  |
|      | 11 | 0       | 30.463  | -0.541 |      | 10      | 4      | 30.120  | -1.161 |         | 10     | 7  | 30.594  | 0.243  |
|      | 11 | 16      | -30.399 | -0.511 |      | 10      | 20     | -30.210 | 0.057  |         | 11     | 0  | -30.615 | 0.739  |
|      | 12 | 9       | 30.400  | -0.745 |      | 11      | 12     | 30.165  | 0.660  |         | 11     | 16 | 30.654  | 0.015  |
|      | 13 | 1       | -30.392 | -0.311 |      | 12      | 5      | -30.209 | 0.269  |         | 12     | 9  | -30.617 | 0.970  |
|      | 13 | 18      | 30.326  | -0.949 |      | 12      | 21     | 30.210  | 0.447  |         | 13     | 1  | 30.703  | -0.216 |
|      | 14 | 10      | -30.376 | -0.107 |      | 13      | 14     | -30.201 | 0.484  |         | 13     | 18 | -30.610 | 1.203  |
|      | 15 | 2       | 30.349  | 0.797  |      | 14      | 6      | 30.245  | 0.234  |         | 14     | 10 | 30.742  | -0.448 |
|      | 15 | 19      | -30.349 | 0.097  |      | 14      | 23     | -30.182 | 0.700  |         | 15     | 2  | -30.625 | -0.734 |
|      | 16 | 11      | 30.366  | 0.595  |      | 15      | 15     | 30.269  | 0.019  |         | 15     | 19 | 30.769  | -0.682 |
|      | 17 | 4       | -30.313 | 0.302  |      | 16      | 8      | -30.154 | 0.917  |         | 16     | 11 | -30.714 | -0.504 |
|      | 17 | 20      | 30.375  | 0.394  |      | 17      | 0      | 30.284  | -0.194 |         | 17     | 4  | 30.785  | -0.915 |
|      | 18 | 13      | -30.266 | 0.507  |      | 17      | 17     | -30.115 | 1.135  |         | 17     | 20 | -30.791 | -0.271 |
|      | 19 | 5       | 30.373  | 0.189  |      | 18      | 9      | 30.290  | -0.411 |         | 18     | 13 | 30.790  | -1.152 |
|      | 19 | 22      | -30.211 | 0.713  |      | 19      | 1      | -30.173 | -0.712 |         | 19     | 5  | -30.857 | -0.036 |
|      | 20 | 14      | 30.361  | -0.015 |      | 19      | 18     | 30.286  | -0.629 |         | 19     | 22 | 30.785  | -1.389 |
|      | 21 | 7       | -30.146 | 0.920  |      | 20      | 10     | -30.226 | -0.496 |         | 20     | 14 | -30.911 | 0.200  |
|      | 21 | 23      | 30.340  | -0.222 |      | 21      | 3      | 30.272  | -0.848 |         | 21     | 6  | 30.818  | 0.570  |
|      | 22 | 15      | -30.181 | -0.851 |      | 21      | 19     | -30.270 | -0.281 |         | 21     | 23 | -30.956 | 0.435  |
|      | 23 | 8       | 30.308  | -0.427 |      | 22      | 12     | 30.247  | -1.067 |         | 22     | 15 | 30.908  | 0.334  |
|      | 24 | 0       | -30.207 | -0.646 |      | 23      | 4      | -30.303 | -0.063 |         | 23     | 8  | -30.989 | 0.674  |
|      | 24 | 17      | 30.267  | -0.634 |      | 23      | 21     | 30.213  | -1.288 |         | 24     | 0  | 30.987  | 0.097  |
|      | 25 | 9       | -30.223 | -0.441 |      | 24      | 13     | -30.327 | 0.156  |         | 24     | 17 | -31.011 | 0.914  |
| 26   | 2  | 30.217  | -0.842  | 25     | 5    | 30.275  | 0.576  | 25      | 9      | 31.056  | -0.143 |    |         |        |
| 26   | 18 | -30.229 | -0.235  | 25     | 22   | -30.340 | 0.377  | 26      | 2      | -31.021 | 1.156  |    |         |        |
| 27   | 11 | 30.159  | -1.050  | 26     | 14   | 30.334  | 0.357  | 26      | 18     | 31.114  | -0.382 |    |         |        |
| 28   | 3  | -30.226 | -0.029  | 27     | 7    | -30.342 | 0.598  | 27      | 11     | -31.019 | 1.399  |    |         |        |
| 28   | 19 | 30.190  | 0.730   | 27     | 23   | 30.382  | 0.137  | 28      | 3      | 31.160  | -0.625 |    |         |        |
| 29   | 12 | -30.213 | 0.179   | 28     | 16   | -30.335 | 0.821  | 28      | 19     | -31.088 | -0.589 |    |         |        |
| 30   | 4  | 30.221  | 0.524   | 29     | 8    | 30.420  | -0.085 | 29      | 12     | 31.194  | -0.869 |    |         |        |
| 30   | 21 | -30.191 | 0.388   | 30     | 1    | -30.319 | 1.045  | 30      | 4      | -31.184 | -0.347 |    |         |        |
| 31   | 13 | 30.242  | 0.316   | 30     | 17   | 30.447  | -0.309 | 30      | 21     | 31.217  | -1.115 |    |         |        |
| Nov. | 1  | 6       | -30.159 | 0.598  | Déc. | 1       | 9      | -30.299 | -0.843 | Janv.   | 31     | 13 | -31.270 | -0.105 |
|      | 1  | 22      | 30.254  | 0.110  |      | 2       | 2      | 30.464  | -0.531 |         | 1      | 6  | 31.227  | -1.360 |
|      | 2  | 15      | -30.117 | 0.809  |      | 2       | 18     | -30.375 | -0.621 |         |        |    |         |        |
|      | 3  | 7       | 30.256  | -0.100 |      | 3       | 11     | 30.472  | -0.757 |         |        |    |         |        |

## TÉTHYS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X       | Y      | Date         |    |    | X       | Y      | Date         |    |    | X       | Y      |
|--------------|----|----|---------|--------|--------------|----|----|---------|--------|--------------|----|----|---------|--------|
| Mois         | j  | h  | ''      | ''     | Mois         | j  | h  | ''      | ''     | Mois         | j  | h  | ''      | ''     |
| <b>Déc.</b>  | 31 | 8  | 39.625  | 0.026  | <b>Févr.</b> | 11 | 19 | -42.509 | -0.894 | <b>Mars</b>  | 26 | 6  | 45.167  | 1.390  |
| <b>Janv.</b> | 1  | 6  | -39.703 | -1.245 |              | 12 | 18 | 42.577  | 0.185  |              | 27 | 5  | -45.300 | -0.643 |
|              | 2  | 5  | 39.782  | 0.606  |              | 13 | 17 | -42.563 | 0.529  |              | 28 | 4  | 45.296  | -0.112 |
|              | 3  | 4  | -39.789 | 0.030  |              | 14 | 15 | 42.710  | 0.806  |              | 29 | 2  | -45.332 | -1.270 |
|              | 4  | 2  | 39.862  | 1.189  |              | 15 | 14 | -42.786 | -0.088 |              | 30 | 1  | 45.416  | 0.516  |
|              | 5  | 1  | -39.958 | -0.554 |              | 16 | 12 | 42.770  | 1.427  |              | 31 | 0  | -45.415 | 0.233  |
|              | 6  | 0  | 39.940  | -0.095 |              | 17 | 11 | -42.929 | -0.712 |              | 31 | 22 | 45.455  | 1.146  |
|              | 6  | 22 | -40.047 | -1.141 |              | 18 | 10 | 42.973  | -0.008 | <b>Avril</b> | 1  | 21 | -45.545 | -0.393 |
|              | 7  | 21 | 40.114  | 0.491  |              | 19 | 8  | -42.998 | -1.335 |              | 2  | 20 | 45.492  | -0.358 |
|              | 8  | 20 | -40.119 | 0.157  |              | 20 | 7  | 43.128  | 0.614  |              | 3  | 18 | -45.598 | -1.020 |
|              | 9  | 18 | 40.211  | 1.081  |              | 21 | 6  | -43.173 | 0.108  |              | 4  | 17 | 45.630  | 0.269  |
|              | 10 | 17 | -40.301 | -0.431 |              | 22 | 4  | 43.207  | 1.238  |              | 5  | 16 | -45.586 | 0.483  |
|              | 11 | 16 | 40.276  | -0.225 |              | 23 | 3  | -43.340 | -0.518 |              | 6  | 14 | 45.693  | 0.897  |
|              | 12 | 14 | -40.407 | -1.024 |              | 24 | 2  | 43.355  | -0.213 |              | 7  | 13 | -45.731 | -0.143 |
|              | 13 | 13 | 40.466  | 0.367  |              | 25 | 0  | -43.429 | -1.142 |              | 8  | 11 | 45.674  | 1.520  |
|              | 14 | 12 | -40.461 | 0.294  |              | 25 | 23 | 43.531  | 0.411  |              | 9  | 10 | -45.801 | -0.768 |
|              | 15 | 10 | 40.581  | 0.963  |              | 26 | 22 | -43.546 | 0.317  |              | 10 | 9  | 45.792  | 0.021  |
|              | 16 | 9  | -40.661 | -0.299 |              | 27 | 20 | 43.628  | 1.037  |              | 11 | 7  | -45.792 | -1.389 |
|              | 17 | 8  | 40.627  | -0.366 |              | 28 | 19 | -43.735 | -0.310 |              | 12 | 6  | 45.873  | 0.646  |
|              | 18 | 6  | -40.782 | -0.899 | <b>Mars</b>  | 1  | 18 | 43.712  | -0.428 |              | 13 | 5  | -45.857 | 0.107  |
|              | 19 | 5  | 40.836  | 0.231  |              | 2  | 16 | -43.845 | -0.936 |              | 14 | 3  | 45.871  | 1.267  |
|              | 20 | 3  | -40.830 | -1.500 |              | 3  | 15 | 43.909  | 0.198  |              | 15 | 2  | -45.944 | -0.516 |
|              | 21 | 2  | 40.968  | 0.832  |              | 4  | 14 | -43.898 | 0.536  |              | 16 | 1  | 45.891  | -0.230 |
|              | 22 | 1  | -41.030 | -0.157 |              | 5  | 12 | 44.028  | 0.825  |              | 16 | 23 | -45.952 | -1.137 |
|              | 22 | 23 | 41.025  | 1.436  |              | 6  | 11 | -44.105 | -0.090 |              | 17 | 22 | 45.986  | 0.391  |
|              | 23 | 22 | -41.172 | -0.763 |              | 7  | 9  | 44.069  | 1.456  |              | 18 | 21 | -45.922 | 0.352  |
|              | 24 | 21 | 41.213  | 0.081  |              | 8  | 8  | -44.234 | -0.717 |              | 19 | 19 | 46.001  | 1.011  |
|              | 25 | 19 | -41.238 | -1.369 |              | 9  | 7  | 44.264  | -0.023 |              | 20 | 18 | -46.027 | -0.269 |
|              | 26 | 18 | 41.365  | 0.687  |              | 10 | 5  | -44.287 | -1.345 |              | 21 | 16 | 45.938  | 1.627  |
|              | 27 | 17 | -41.410 | -0.005 |              | 11 | 4  | 44.403  | 0.606  |              | 22 | 15 | -46.052 | -0.887 |
|              | 28 | 15 | 41.440  | 1.295  |              | 12 | 3  | -44.443 | 0.140  |              | 23 | 14 | 46.033  | 0.141  |
|              | 29 | 14 | -41.574 | -0.616 |              | 13 | 1  | 44.468  | 1.236  |              | 24 | 12 | -46.000 | -1.502 |
|              | 30 | 13 | 41.595  | -0.080 |              | 14 | 0  | -44.590 | -0.489 |              | 25 | 11 | 46.063  | 0.761  |
|              | 31 | 11 | -41.659 | -1.225 |              | 14 | 23 | 44.588  | -0.255 |              | 26 | 10 | -46.046 | -0.020 |
| <b>Févr.</b> | 1  | 10 | 41.766  | 0.531  |              | 15 | 21 | -44.662 | -1.118 |              | 27 | 8  | 46.016  | 1.375  |
|              | 2  | 9  | -41.798 | 0.160  |              | 16 | 20 | 44.747  | 0.374  |              | 28 | 7  | -46.088 | -0.637 |
|              | 3  | 7  | 41.859  | 1.143  |              | 17 | 19 | -44.739 | 0.375  |              | 29 | 6  | 46.013  | -0.102 |
|              | 4  | 6  | -41.982 | -0.452 |              | 18 | 17 | 44.830  | 1.003  |              | 30 | 4  | -46.051 | -1.249 |
|              | 5  | 5  | 41.978  | -0.249 |              | 19 | 16 | -44.909 | -0.257 | <b>Mai</b>   | 1  | 3  | 46.064  | 0.516  |
|              | 6  | 3  | -42.087 | -1.066 |              | 20 | 15 | 44.868  | -0.495 |              | 2  | 2  | -45.994 | 0.223  |
|              | 7  | 2  | 42.169  | 0.364  |              | 21 | 13 | -45.002 | -0.885 |              | 3  | 0  | 46.034  | 1.128  |
|              | 8  | 1  | -42.186 | 0.338  |              | 22 | 12 | 45.046  | 0.134  |              | 3  | 23 | -46.053 | -0.392 |
|              | 8  | 23 | 42.284  | 0.981  |              | 23 | 10 | -45.016 | -1.512 |              | 4  | 22 | 45.933  | -0.337 |
|              | 9  | 22 | -42.387 | -0.276 |              | 24 | 9  | 45.147  | 0.761  |              | 5  | 20 | -46.032 | -1.001 |
|              | 10 | 21 | 42.366  | -0.431 |              | 25 | 8  | -45.189 | -0.016 |              | 6  | 19 | 46.002  | 0.277  |

## TÉTHYS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date        |    |         | X       | Y      | Date        |               |         | X       | Y            | Date          |             |         | X       | Y       |         |        |
|-------------|----|---------|---------|--------|-------------|---------------|---------|---------|--------------|---------------|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Mois        | j  | h       | "       | "      | Mois        | j             | h       | "       | "            | Mois          | j           | h       | "       | "       |         |        |
| <b>Mai</b>  | 7  | 17      | -45.927 | -1.609 | <b>Juin</b> | 19            | 5       | 44.131  | 0.036        | <b>Juill.</b> | 31          | 16      | -41.231 | -0.837  |         |        |
|             | 8  | 16      | 45.988  | 0.885  |             | 20            | 3       | -44.120 | -1.282       |               | <b>Août</b> | 1       | 15      | 41.149  | 0.217   |        |
|             | 9  | 15      | -45.953 | -0.155 |             | 21            | 2       | 44.071  | 0.618        |               |             | 2       | 13      | -41.030 | -1.401  |        |
|             | 10 | 13      | 45.892  | 1.490  |             | 22            | 1       | -43.946 | 0.049        |               |             | 3       | 12      | 41.033  | 0.784   |        |
|             | 11 | 12      | -45.948 | -0.763 |             | 22            | 23      | 43.930  | 1.196        |               |             | 4       | 11      | -40.955 | -0.159  |        |
|             | 12 | 11      | 45.873  | 0.043  |             | 23            | 22      | -43.896 | -0.531       |               |             | 5       | 9       | 40.838  | 1.349   |        |
|             | 13 | 9       | -45.861 | -1.370 |             | 24            | 21      | 43.730  | -0.127       |               |             | 6       | 8       | -40.848 | -0.729  |        |
|             | 14 | 8       | 45.875  | 0.649  |             | 25            | 19      | -43.764 | -1.107       |               |             | 7       | 7       | 40.754  | 0.111   |        |
|             | 15 | 7       | -45.792 | 0.071  |             | 26            | 18      | 43.686  | 0.452        |               |             | 8       | 5       | -40.661 | -1.294  |        |
|             | 16 | 5       | 45.798  | 1.251  |             | 27            | 16      | -43.551 | -1.679       |               |             | 9       | 4       | 40.652  | 0.677   |        |
|             | 17 | 4       | -45.802 | -0.534 |             | 28            | 15      | 43.562  | 1.028        |               |             | 10      | 3       | -40.571 | -0.059  |        |
|             | 18 | 3       | 45.683  | -0.183 |             | 29            | 14      | -43.498 | -0.367       |               |             | 11      | 1       | 40.469  | 1.242   |        |
|             | 19 | 1       | -45.736 | -1.137 |             | 30            | 12      | 43.360  | 1.601        |               |             | 12      | 0       | -40.478 | -0.627  |        |
|             | 20 | 0       | 45.698  | 0.422  |             | <b>Juill.</b> | 1       | 11      | -43.380      |               |             | -0.943  | 12      | 23      | 40.372  | 0.012  |
|             | 20 | 22      | -45.587 | -1.732 |             |               | 2       | 10      | 43.287       |               |             | 0.296   | 13      | 21      | -40.303 | -1.192 |
|             | 21 | 21      | 45.637  | 1.021  |             |               | 3       | 8       | -43.185      |               |             | -1.513  | 14      | 20      | 40.283  | 0.580  |
| 22          | 20 | -45.604 | -0.314  | 4      | 7           |               | 43.177  | 0.870   | 15           | 19            |             | -40.201 | 0.038   |         |         |        |
| 23          | 18 | 45.495  | 1.615   | 5      | 6           |               | -43.084 | -0.215  | 16           | 17            | 40.113      | 1.147   |         |         |         |        |
| 24          | 17 | -45.553 | -0.911  | 6      | 4           |               | 42.989  | 1.439   | 17           | 16            | -40.119     | -0.529  |         |         |         |        |
| 25          | 16 | 45.468  | 0.207   | 7      | 3           |               | -42.984 | -0.792  | 18           | 15            | 40.011      | -0.078  |         |         |         |        |
| 26          | 14 | -45.419 | -1.503  | 8      | 2           |               | 42.870  | 0.147   | 19           | 13            | -39.955     | -1.095  |         |         |         |        |
| 27          | 13 | 45.423  | 0.805   | 9      | 0           |               | -42.805 | -1.361  | 20           | 12            | 39.932      | 0.490   |         |         |         |        |
| 28          | 12 | -45.350 | -0.100  | 9      | 23          |               | 42.777  | 0.719   | 21           | 11            | -39.846     | 0.130   |         |         |         |        |
| 29          | 10 | 45.297  | 1.397   | 10     | 22          |               | -42.664 | -0.076  | 22           | 9             | 39.774      | 1.058   |         |         |         |        |
| 30          | 9  | -45.314 | -0.695  | 11     | 20          |               | 42.603  | 1.287   | 23           | 8             | -39.774     | -0.439  |         |         |         |        |
| <b>Juin</b> | 31 | 8       | 45.192  | 0.004  | 12          |               | 19      | -42.582 | -0.649       | 24            | 7           | 39.669  | -0.166  |         |         |        |
|             | 1  | 6       | -45.195 | -1.286 | 13          |               | 18      | 42.442  | 0.010        | 25            | 5           | -39.620 | -1.010  |         |         |        |
|             | 2  | 5       | 45.163  | 0.597  | 14          |               | 16      | -42.417 | -1.216       | 26            | 4           | 39.601  | 0.403   |         |         |        |
|             | 3  | 4       | -45.044 | 0.100  | 15          |               | 15      | 42.365  | 0.580        | 27            | 3           | -39.508 | 0.213   |         |         |        |
|             | 4  | 2       | 45.054  | 1.187  | 16          | 14            | -42.242 | 0.057   | 28           | 1             | 39.454      | 0.974   |         |         |         |        |
|             | 5  | 1       | -45.023 | -0.492 | 17          | 12            | 42.207  | 1.148   | 29           | 0             | -39.446     | -0.357  |         |         |         |        |
|             | 6  | 0       | 44.871  | -0.192 | 18          | 11            | -42.174 | -0.513  | 29           | 23            | 39.343      | -0.249  |         |         |         |        |
|             | 6  | 22      | -44.921 | -1.083 | 19          | 10            | 42.017  | -0.117  | 30           | 21            | -39.306     | -0.931  |         |         |         |        |
|             | 7  | 21      | 44.859  | 0.399  | 20          | 8             | -42.023 | -1.079  | 31           | 20            | 39.285      | 0.322   |         |         |         |        |
|             | 8  | 19      | -44.741 | -1.665 | 21          | 7             | 41.954  | 0.452   | <b>Sept.</b> | 1             | 19          | -39.193 | 0.292   |         |         |        |
|             | 9  | 18      | 44.765  | 0.986  | 22          | 6             | -41.817 | 0.183   |              | 2             | 17          | 39.149  | 0.894   |         |         |        |
|             | 10 | 17      | -44.695 | -0.301 | 23          | 4             | 41.811  | 1.019   |              | 3             | 16          | -39.142 | -0.281  |         |         |        |
|             | 11 | 15      | 44.590  | 1.567  | 24          | 3             | -41.762 | -0.386  |              | 4             | 15          | 39.038  | -0.328  |         |         |        |
|             | 12 | 14      | -44.613 | -0.889 | 25          | 2             | 41.598  | -0.236  |              | 5             | 13          | -39.014 | -0.856  |         |         |        |
|             | 13 | 13      | 44.510  | 0.211  | 26          | 0             | -41.626 | -0.953  |              | 6             | 12          | 38.989  | 0.247   |         |         |        |
|             | 14 | 11      | -44.449 | -1.470 | 26          | 23            | 41.548  | 0.332   |              | 7             | 11          | -38.902 | 0.367   |         |         |        |
| 15          | 10 | 44.434  | 0.795   | 27     | 21          | -41.411       | -1.516  | 8       |              | 9             | 38.864      | 0.821   |         |         |         |        |
| 16          | 9  | -44.334 | -0.122  | 28     | 20          | 41.418        | 0.899   | 9       |              | 8             | -38.861     | -0.209  |         |         |         |        |
| 17          | 7  | 44.277  | 1.374   | 29     | 19          | -41.355       | -0.268  | 10      |              | 7             | 38.755      | -0.401  |         |         |         |        |
| 18          | 6  | -44.269 | -0.705  | 30     | 17          | 41.212        | 1.463   | 11      |              | 5             | -38.742     | -0.784  |         |         |         |        |

## TÉTHYS 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |         | X       | Y           | Date        |         |         | X            | Y      | Date        |             |        | X       | Y       |        |
|--------------|----|---------|---------|-------------|-------------|---------|---------|--------------|--------|-------------|-------------|--------|---------|---------|--------|
| Mois         | j  | h       | "       | "           | Mois        | j       | h       | "            | "      | Mois        | j           | h      | "       | "       |        |
| <b>Sept.</b> | 12 | 4       | 38.716  | 0.178       | <b>Oct.</b> | 19      | 23      | 37.501       | -0.833 | <b>Nov.</b> | 26          | 17     | 37.550  | 0.059   |        |
|              | 13 | 3       | -38.634 | 0.439       |             | 20      | 21      | -37.508      | -0.390 |             | 27          | 16     | -37.614 | 0.610   |        |
|              | 14 | 1       | 38.600  | 0.755       |             | 21      | 20      | 37.521       | -0.232 |             | 28          | 15     | 37.584  | -1.275  |        |
|              | 15 | 0       | -38.602 | -0.139      |             | 22      | 19      | -37.466      | 0.869  |             | 29          | 13     | -37.614 | -0.026  |        |
|              | 15 | 23      | 38.497  | -0.469      |             | 23      | 17      | 37.464       | 0.371  |             | 30          | 12     | 37.660  | -0.639  |        |
|              | 16 | 21      | -38.491 | -0.717      |             | 24      | 16      | -37.490      | 0.263  |             | <b>Déc.</b> | 1      | 11      | -37.652 | 1.314  |
|              | 17 | 20      | 38.471  | 0.112       |             | 25      | 15      | 37.430       | -0.892 |             |             | 2      | 9       | 37.662  | -0.002 |
|              | 18 | 19      | -38.387 | 0.508       |             | 26      | 13      | -37.436      | -0.343 |             |             | 3      | 8       | -37.736 | 0.679  |
|              | 19 | 17      | 38.364  | 0.693       |             | 27      | 12      | 37.457       | -0.287 |             |             | 4      | 7       | 37.704  | -1.350 |
|              | 20 | 16      | -38.364 | -0.073      |             | 28      | 11      | -37.409      | 0.924  |             |             | 5      | 5       | -37.744 | 0.039  |
| 21           | 15 | 38.267  | -0.533  | 29          | 9           | 37.406  | 0.321   | 6            | 4      | 37.794      | -0.709      |        |         |         |        |
| 22           | 13 | -38.261 | -0.654  | 30          | 8           | -37.444 | 0.316   | 7            | 3      | -37.787     | 1.395       |        |         |         |        |
| 23           | 12 | 38.249  | 0.048   | 31          | 7           | 37.383  | -0.951  | 8            | 1      | 37.807      | -0.066      |        |         |         |        |
| 24           | 11 | -38.165 | 0.570   | <b>Nov.</b> | 1           | 5       | -37.397 | -0.295       | 9      | 0           | -37.882     | 0.756  |         |         |        |
| 25           | 9  | 38.150  | 0.631   |             | 2           | 4       | 37.418  | -0.342       | 9      | 23          | 37.856      | -1.429 |         |         |        |
| 26           | 8  | -38.151 | -0.014  | 3           | 3           | -37.382 | 0.983   | 10           | 21     | -37.900     | 0.111       |        |         |         |        |
| 27           | 7  | 38.062  | -0.598  | 4           | 1           | 37.375  | 0.272   | 11           | 20     | 37.957      | -0.786      |        |         |         |        |
| 28           | 5  | -38.057 | -0.599  | 5           | 0           | -37.423 | 0.372   | 12           | 19     | -37.948     | 1.480       |        |         |         |        |
| 29           | 4  | 38.051  | -0.014  | 5           | 23          | 37.367  | -1.008  | 13           | 17     | 37.980      | -0.138      |        |         |         |        |
| 30           | 3  | -37.973 | 0.631   | 6           | 21          | -37.385 | -0.243  | 14           | 16     | -38.054     | 0.835       |        |         |         |        |
| <b>Oct.</b>  | 1  | 1       | 37.958  | 0.574       | 7           | 20      | 37.410  | -0.394       | 15     | 15          | 38.035      | -1.518 |         |         |        |
|              | 2  | 0       | -37.967 | 0.045       | 8           | 19      | -37.381 | 1.045        | 16     | 13          | -38.083     | 0.185  |         |         |        |
|              | 2  | 23      | 37.879  | -0.660      | 9           | 17      | 37.375  | 0.224        | 17     | 12          | 38.146      | -0.872 |         |         |        |
|              | 3  | 21      | -37.882 | -0.544      | 10          | 16      | -37.428 | 0.429        | 18     | 11          | -38.137     | 1.569  |         |         |        |
|              | 4  | 20      | 37.875  | -0.072      | 11          | 15      | 37.381  | -1.069       | 19     | 9           | 38.180      | -0.219 |         |         |        |
|              | 5  | 19      | -37.810 | 0.692       | 12          | 13      | -37.397 | -0.192       | 20     | 8           | -38.254     | 0.920  |         |         |        |
|              | 6  | 17      | 37.791  | 0.522       | 13          | 12      | 37.433  | -0.450       | 21     | 7           | 38.236      | -1.615 |         |         |        |
|              | 7  | 16      | -37.810 | 0.102       | 14          | 11      | -37.405 | 1.108        | 22     | 5           | -38.296     | 0.266  |         |         |        |
|              | 8  | 15      | 37.724  | -0.719      | 15          | 9       | 37.406  | 0.173        | 23     | 4           | 38.359      | -0.964 |         |         |        |
|              | 9  | 13      | -37.731 | -0.491      | 16          | 8       | -37.461 | 0.488        | 24     | 3           | -38.354     | 1.669  |         |         |        |
| 10           | 12 | 37.728  | -0.127  | 17          | 7           | 37.423  | -1.133  | 25           | 1      | 38.403      | -0.305      |        |         |         |        |
| 11           | 11 | -37.668 | 0.752   | 18          | 5           | -37.438 | -0.140  | 26           | 0      | -38.484     | 1.016       |        |         |         |        |
| 12           | 9  | 37.655  | 0.472   | 19          | 4           | 37.482  | -0.510  | 26           | 23     | 38.460      | -1.720      |        |         |         |        |
| 13           | 8  | -37.676 | 0.159   | 20          | 3           | -37.458 | 1.172   | 27           | 21     | -38.538     | 0.356       |        |         |         |        |
| 14           | 7  | 37.599  | -0.775  | 21          | 1           | 37.464  | 0.118   | 28           | 20     | 38.596      | -1.064      |        |         |         |        |
| 15           | 5  | -37.608 | -0.439  | 22          | 0           | -37.522 | 0.547   | 29           | 19     | -38.593     | 1.778       |        |         |         |        |
| 16           | 4  | 37.609  | -0.179  | 22          | 23          | 37.491  | -1.202  | 30           | 17     | 38.655      | -0.399      |        |         |         |        |
| 17           | 3  | -37.555 | 0.812   | 23          | 21          | -37.511 | -0.087  | 31           | 16     | -38.736     | 1.121       |        |         |         |        |
| 18           | 1  | 37.545  | 0.422   | 24          | 20          | 37.558  | -0.574  | <b>Janv.</b> | 1      | 15          | 38.710      | -1.830 |         |         |        |
| 19           | 0  | -37.569 | 0.211   | 25          | 19          | -37.540 | 1.240   |              | 2      | 13          | -38.804     | 0.457  |         |         |        |

## DIONÉ 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date              | X       | Y      | Date              | X       | Y      | Date              | X       | Y      |
|-------------------|---------|--------|-------------------|---------|--------|-------------------|---------|--------|
| Mois j h          | "       | "      | Mois j h          | "       | "      | Mois j h          | "       | "      |
| <b>Déc.</b> 30 18 | -50.805 | 0.175  | <b>Mars</b> 2 8   | 56.126  | 0.035  | <b>Mai</b> 2 21   | -58.998 | -0.695 |
| <b>Janv.</b> 1 3  | 50.830  | -0.259 | 3 17              | -56.274 | 0.418  | 4 6               | 58.984  | 0.565  |
| 2 11              | -50.964 | -0.932 | 5 2               | 56.324  | -0.542 | 5 15              | -58.966 | -0.114 |
| 3 20              | 51.024  | 0.855  | 6 10              | -56.479 | -0.773 | 7 0               | 58.914  | -0.019 |
| 5 5               | -51.211 | -0.469 | 7 19              | 56.563  | 0.650  | 8 8               | -58.875 | -1.258 |
| 6 14              | 51.268  | 0.387  | 9 4               | -56.747 | -0.192 | 9 17              | 58.853  | 1.127  |
| 7 23              | -51.429 | -0.001 | 10 13             | 56.814  | 0.067  | 11 2              | -58.864 | -0.677 |
| 9 8               | 51.476  | -0.089 | 11 22             | -56.950 | 0.392  | 12 11             | 58.819  | 0.553  |
| 10 17             | -51.613 | 0.478  | 13 7              | 56.997  | -0.523 | 13 20             | -58.771 | -0.101 |
| 12 2              | 51.649  | -0.575 | 14 15             | -57.134 | -0.801 | 15 5              | 58.704  | -0.019 |
| 13 10             | -51.845 | -0.652 | 16 0              | 57.216  | 0.670  | 16 13             | -58.647 | -1.235 |
| 14 19             | 51.917  | 0.562  | 17 9              | -57.383 | -0.211 | 17 22             | 58.617  | 1.113  |
| 16 4              | -52.099 | -0.165 | 18 18             | 57.436  | 0.082  | 19 7              | -58.586 | -0.668 |
| 17 13             | 52.157  | 0.070  | 20 3              | -57.563 | 0.386  | 20 16             | 58.527  | 0.549  |
| 18 22             | -52.316 | 0.330  | 21 12             | 57.589  | -0.514 | 22 1              | -58.451 | -0.107 |
| 20 7              | 52.361  | -0.428 | 22 20             | -57.725 | -0.804 | 23 10             | 58.364  | -0.011 |
| 21 15             | -52.523 | -0.819 | 24 5              | 57.790  | 0.678  | 24 18             | -58.299 | -1.228 |
| 23 0              | 52.599  | 0.721  | 25 14             | -57.936 | -0.209 | 26 3              | 58.253  | 1.110  |
| 24 9              | -52.808 | -0.315 | 26 23             | 57.982  | 0.079  | 27 12             | -58.189 | -0.676 |
| 25 18             | 52.870  | 0.216  | 28 8              | -58.077 | 0.391  | 28 21             | 58.124  | 0.558  |
| 27 3              | -53.049 | 0.196  | 29 17             | 58.098  | -0.522 | 30 6              | -58.013 | -0.129 |
| 28 12             | 53.104  | -0.294 | 31 1              | -58.217 | -0.797 | <b>Juin</b> 31 15 | 57.920  | 0.012  |
| 29 21             | -53.248 | 0.714  | <b>Avril</b> 1 10 | 58.276  | 0.668  | 1 23              | -57.838 | -1.238 |
| 31 5              | 53.322  | 0.867  | 2 19              | -58.390 | -0.196 | 3 8               | 57.773  | 1.122  |
| <b>Févr.</b> 1 14 | -53.533 | -0.447 | 4 4               | 58.425  | 0.066  | 4 17              | -57.696 | -0.698 |
| 2 23              | 53.614  | 0.346  | 5 13              | -58.490 | 0.406  | 6 2               | 57.607  | 0.585  |
| 4 8               | -53.799 | 0.076  | 6 22              | 58.493  | -0.540 | 7 11              | -57.488 | -0.164 |
| 5 17              | 53.863  | -0.184 | 8 6               | -58.608 | -0.781 | 8 20              | 57.376  | 0.054  |
| 7 2               | -54.020 | 0.610  | 9 15              | 58.645  | 0.643  | 10 4              | -57.278 | -1.264 |
| 8 11              | 54.069  | -0.721 | 11 0              | -58.736 | -0.178 | 11 13             | 57.206  | 1.151  |
| 9 19              | -54.283 | -0.562 | 12 9              | 58.743  | 0.041  | 12 22             | -57.107 | -0.736 |
| 11 4              | 54.370  | 0.454  | 13 18             | -58.785 | 0.426  | 14 7              | 57.015  | 0.629  |
| 12 13             | -54.557 | -0.022 | 15 2              | 58.767  | 1.221  | 15 16             | -56.876 | -0.216 |
| 13 22             | 54.634  | -0.091 | 16 11             | -58.874 | -0.748 | 17 1              | 56.759  | 0.115  |
| 15 7              | -54.788 | 0.525  | 17 20             | 58.893  | 0.620  | 18 9              | -56.639 | -1.302 |
| 16 16             | 54.844  | -0.644 | 19 5              | -58.947 | -0.148 | 19 18             | 56.562  | 1.200  |
| 18 0              | -55.037 | -0.656 | 20 14             | 58.941  | 0.020  | 21 3              | -56.448 | -0.792 |
| 19 9              | 55.117  | 0.541  | 21 23             | -58.943 | 0.445  | 22 12             | 56.357  | 0.691  |
| 20 18             | -55.322 | -0.100 | 23 7              | 58.933  | 1.186  | 23 21             | -56.200 | -0.291 |
| 22 3              | 55.385  | -0.016 | 24 16             | -59.008 | -0.721 | 25 6              | 56.088  | 0.185  |
| 23 12             | -55.551 | 0.466  | 26 1              | 59.005  | 0.590  | 26 14             | -55.939 | -1.368 |
| 24 21             | 55.602  | -0.580 | 27 10             | -59.026 | -0.127 | 27 23             | 55.860  | 1.262  |
| 26 5              | -55.769 | -0.724 | 28 19             | 59.000  | 0.001  | 29 8              | -55.742 | -0.869 |
| 27 14             | 55.863  | 0.608  | 30 4              | -58.960 | 0.463  | 30 17             | 55.641  | 0.770  |
| 28 23             | -56.047 | -0.156 | <b>Mai</b> 1 12   | 58.970  | 1.155  | <b>Juill.</b> 2 2 | -55.491 | -0.375 |

## DIONÉ 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date          |             |         | X       | Y       | Date         |         |             | X            | Y       | Date        |         |         | X           | Y      |    |         |        |
|---------------|-------------|---------|---------|---------|--------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|---------|---------|-------------|--------|----|---------|--------|
| Mois          | j           | h       | "       | "       | Mois         | j       | h           | "            | "       | Mois        | j       | h       | "           | "      |    |         |        |
| <b>Juill.</b> | 3           | 11      | 55.372  | 0.280   | <b>Sept.</b> | 3       | 1           | -50.157      | -0.599  | <b>Nov.</b> | 3       | 16      | 47.914      | 0.425  |    |         |        |
|               | 4           | 19      | -55.198 | -1.444  |              | 4       | 10          | 50.092       | 0.529   |             | 5       | 1       | -47.909     | -0.060 |    |         |        |
|               | 6           | 4       | 55.117  | 1.348   |              | 5       | 19          | -49.970      | -0.172  |             | 6       | 10      | 47.933      | -0.011 |    |         |        |
|               | 7           | 13      | -54.998 | -0.962  |              | 7       | 4           | 49.906       | 0.104   |             | 7       | 19      | -47.911     | 0.378  |    |         |        |
|               | 8           | 22      | 54.901  | 0.864   |              | 8       | 13          | -49.757      | 0.249   |             | 9       | 4       | 47.934      | -0.448 |    |         |        |
|               | 10          | 7       | -54.751 | -0.482  |              | 9       | 21          | 49.694       | 1.179   |             | 10      | 13      | -47.889     | 0.819  |    |         |        |
|               | 11          | 16      | 54.634  | 0.387   |              | 11      | 6           | -49.610      | -0.830  |             | 11      | 22      | 47.910      | -0.892 |    |         |        |
|               | 13          | 1       | -54.450 | -0.005  |              | 12      | 15          | 49.574       | 0.755   |             | 13      | 6       | -47.905     | -0.357 |    |         |        |
|               | 14          | 9       | 54.350  | 1.452   |              | 14      | 0           | -49.475      | -0.408  |             | 14      | 15      | 47.953      | 0.283  |    |         |        |
|               | 15          | 18      | -54.234 | -1.068  |              | 15      | 9           | 49.425       | 0.336   |             | 16      | 0       | -47.963     | 0.085  |    |         |        |
|               | 17          | 3       | 54.146  | 0.982   |              | 16      | 18          | -49.313      | 0.015   |             | 17      | 9       | 47.996      | -0.161 |    |         |        |
|               | 18          | 12      | -53.994 | -0.599  |              | 18      | 3           | 49.256       | -0.086  |             | 18      | 18      | -47.999     | 0.534  |    |         |        |
|               | 19          | 21      | 53.894  | 0.512   |              | 19      | 12          | -49.127      | 0.439   |             | 20      | 3       | 48.025      | -0.608 |    |         |        |
|               | 21          | 6       | -53.711 | -0.139  |              | 20      | 20          | 49.094       | 1.002   |             | 21      | 12      | -48.012     | 0.988  |    |         |        |
|               | 22          | 15      | 53.596  | 0.049   |              | 22      | 5           | -49.023      | -0.654  |             | 22      | 21      | 48.038      | -1.060 |    |         |        |
|               | 23          | 23      | -53.466 | -1.200  |              | 23      | 14          | 48.994       | 0.581   |             | 24      | 5       | -48.063     | -0.206 |    |         |        |
|               | 25          | 8       | 53.382  | 1.107   |              | 24      | 23          | -48.909      | -0.234  |             | 25      | 14      | 48.125      | 0.136  |    |         |        |
|               | 26          | 17      | -53.248 | -0.740  |              | 26      | 8           | 48.873       | 0.161   |             | 26      | 23      | -48.146     | 0.248  |    |         |        |
|               | 28          | 2       | 53.149  | 0.653   |              | 27      | 17          | -48.774      | 0.189   |             | 28      | 8       | 48.204      | -0.321 |    |         |        |
|               | 29          | 11      | -52.984 | -0.285  |              | 29      | 2           | 48.727       | -0.258  |             | 29      | 17      | -48.213     | 0.706  |    |         |        |
|               | <b>Août</b> | 30      | 20      | 52.876  |              | 0.201   | <b>Oct.</b> | 30           | 10      |             | -48.623 | -0.909  | <b>Déc.</b> | 1      | 2  | 48.262  | -0.784 |
|               |             | 1       | 4       | -52.704 |              | -1.340  |             | 1            | 19      |             | 48.606  | 0.846   |             | 2      | 11 | -48.257 | 1.172  |
| 2             |             | 13      | 52.629  | 1.258   | 3            | 4       |             | -48.554      | -0.490  | 3           | 20      | 48.298  |             | -1.250 |    |         |        |
| 3             |             | 22      | -52.510 | -0.893  | 4            | 13      |             | 48.537       | 0.426   | 5           | 4       | -48.357 |             | -0.043 |    |         |        |
| 5             |             | 7       | 52.419  | 0.810   | 5            | 22      |             | -48.464      | -0.071  | 6           | 13      | 48.432  |             | -0.033 |    |         |        |
| 6             |             | 16      | -52.274 | -0.446  | 7            | 7       |             | 48.445       | 0.002   | 7           | 22      | -48.469 |             | 0.424  |    |         |        |
| 8             |             | 1       | 52.175  | 0.366   | 8            | 16      |             | -48.352      | 0.351   | 9           | 7       | 48.543  |             | -0.505 |    |         |        |
| 9             |             | 10      | -52.005 | -0.004  | 10           | 1       |             | 48.328       | -0.422  | 10          | 16      | -48.562 |             | 0.899  |    |         |        |
| 10            |             | 19      | 51.901  | -0.074  | 11           | 9       |             | -48.245      | -0.767  | 12          | 1       | 48.627  |             | -0.984 |    |         |        |
| 12            |             | 3       | -51.785 | -1.062  | 12           | 18      |             | 48.249       | 0.698   | 13          | 10      | -48.635 |             | 1.380  |    |         |        |
| 13            | 12          | 51.717  | 0.984   | 14      | 3            | -48.208 | -0.344      | 14           | 18      | 48.710      | 0.255   |         |             |        |    |         |        |
| 14            | 21          | -51.582 | -0.624  | 15      | 12           | 48.204  | 0.275       | 16           | 3       | -48.787     | 0.144   |         |             |        |    |         |        |
| 16            | 6           | 51.506  | 0.546   | 16      | 21           | -48.147 | 0.081       | 17           | 12      | 48.868      | -0.227  |         |             |        |    |         |        |
| 17            | 15          | -51.352 | -0.189  | 18      | 6            | 48.138  | -0.150      | 18           | 21      | -48.928     | 0.633   |         |             |        |    |         |        |
| 19            | 0           | 51.260  | 0.110   | 19      | 15           | -48.070 | 0.505       | 20           | 6       | 49.004      | -0.714  |         |             |        |    |         |        |
| 20            | 8           | -51.097 | -1.250  | 21      | 0            | 48.052  | -0.578      | 21           | 15      | -49.042     | 1.123   |         |             |        |    |         |        |
| 21            | 17          | 51.036  | 1.171   | 22      | 8            | -48.003 | -0.629      | 23           | 0       | 49.117      | -1.209  |         |             |        |    |         |        |
| 23            | 2           | -50.929 | -0.818  | 23      | 17           | 48.014  | 0.559       | 24           | 8       | -49.149     | -0.131  |         |             |        |    |         |        |
| 24            | 11          | 50.863  | 0.741   | 25      | 2            | -47.993 | -0.200      | 25           | 17      | 49.258      | 0.046   |         |             |        |    |         |        |
| 25            | 20          | -50.732 | -0.389  | 26      | 11           | 48.001  | 0.135       | 27           | 2       | -49.338     | 0.368   |         |             |        |    |         |        |
| 27            | 5           | 50.659  | 0.310   | 27      | 20           | -47.962 | 0.229       | 28           | 11      | 49.438      | -0.452  |         |             |        |    |         |        |
| 28            | 14          | -50.508 | 0.041   | 29      | 5            | 47.969  | -0.296      | 29           | 20      | -49.500     | 0.873   |         |             |        |    |         |        |
| 29            | 23          | 50.424  | -0.118  | 30      | 14           | -47.912 | 0.663       | 31           | 5       | 49.596      | -0.962  |         |             |        |    |         |        |
| 31            | 7           | -50.311 | -1.026  | 31      | 23           | 47.915  | -0.732      | <b>Janv.</b> | 1       | 14          | -49.638 | 1.385   |             |        |    |         |        |
| <b>Sept.</b>  | 1           | 16      | 50.253  | 0.954   | <b>Nov.</b>  | 2       | 7           |              | -47.886 | -0.494      | 2       | 23      | 49.727      | -1.479 |    |         |        |

## RHÉA 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X       | Y      | Date          |    |    | X       | Y      | Date          |    |    | X       | Y      |
|--------------|----|----|---------|--------|---------------|----|----|---------|--------|---------------|----|----|---------|--------|
| Mois         | j  | h  | "       | "      | Mois          | j  | h  | "       | "      | Mois          | j  | h  | "       | "      |
| <b>Déc.</b>  | 30 | 18 | -70.971 | -0.475 | <b>Avril</b>  | 11 | 10 | 81.949  | -0.457 | <b>Juill.</b> | 22 | 0  | -75.013 | -0.487 |
| <b>Janv.</b> | 2  | 1  | 71.087  | -0.484 |               | 13 | 16 | -82.176 | 0.248  |               | 24 | 6  | 74.653  | 0.819  |
|              | 4  | 7  | -71.435 | 0.209  |               | 15 | 22 | 82.160  | 0.066  |               | 26 | 12 | -74.450 | -1.055 |
|              | 6  | 13 | 71.585  | 0.154  |               | 18 | 4  | -82.325 | -0.283 |               | 28 | 19 | 74.043  | 0.120  |
|              | 8  | 19 | -71.917 | -0.417 |               | 20 | 10 | 82.286  | 0.592  |               | 31 | 1  | -73.879 | -0.366 |
|              | 11 | 2  | 72.064  | -0.561 |               | 22 | 16 | -82.419 | -0.800 | <b>Août</b>   | 2  | 7  | 73.516  | 0.702  |
|              | 13 | 8  | -72.427 | 0.288  |               | 24 | 23 | 82.329  | -0.358 |               | 4  | 13 | -73.323 | -0.938 |
|              | 15 | 14 | 72.608  | 0.064  |               | 27 | 5  | -82.471 | 0.147  |               | 6  | 20 | 72.930  | 0.023  |
|              | 17 | 20 | -72.954 | -0.337 |               | 29 | 11 | 82.378  | 0.167  |               | 9  | 2  | -72.773 | -0.278 |
|              | 20 | 3  | 73.112  | -0.673 | <b>Mai</b>    | 1  | 17 | -82.464 | -0.367 |               | 11 | 8  | 72.432  | 0.608  |
|              | 22 | 9  | -73.507 | 0.411  |               | 3  | 23 | 82.321  | 0.683  |               | 13 | 14 | -72.250 | -0.862 |
|              | 24 | 15 | 73.697  | -0.049 |               | 6  | 5  | -82.380 | -0.893 |               | 15 | 20 | 71.873  | 1.207  |
|              | 26 | 21 | -74.055 | -0.209 |               | 8  | 12 | 82.206  | -0.253 |               | 18 | 3  | -71.739 | -0.209 |
|              | 29 | 4  | 74.225  | -0.827 |               | 10 | 18 | -82.249 | 0.037  |               | 20 | 9  | 71.415  | 0.555  |
|              | 31 | 10 | -74.638 | 0.563  |               | 13 | 0  | 82.070  | 0.275  |               | 22 | 15 | -71.238 | -0.810 |
| <b>Févr.</b> | 2  | 16 | 74.826  | -0.218 |               | 15 | 6  | -82.088 | -0.479 |               | 24 | 22 | 70.903  | -0.086 |
|              | 4  | 22 | -75.215 | -0.048 |               | 17 | 12 | 81.865  | 0.787  |               | 27 | 4  | -70.784 | -0.175 |
|              | 7  | 4  | 75.389  | 0.407  |               | 19 | 18 | -81.819 | -0.996 |               | 29 | 10 | 70.460  | 0.523  |
|              | 9  | 11 | -75.790 | 0.772  |               | 22 | 1  | 81.585  | -0.107 |               | 31 | 16 | -70.325 | -0.790 |
|              | 11 | 17 | 75.994  | -0.423 |               | 24 | 7  | -81.549 | -0.105 | <b>Sept.</b>  | 2  | 23 | 70.012  | -0.103 |
|              | 13 | 23 | -76.386 | 0.161  |               | 26 | 13 | 81.286  | 0.415  |               | 5  | 5  | -69.910 | -0.159 |
|              | 16 | 5  | 76.580  | 0.182  |               | 28 | 19 | -81.229 | -0.625 |               | 7  | 11 | 69.614  | 0.519  |
|              | 18 | 11 | -76.951 | -0.435 |               | 31 | 1  | 80.937  | 0.939  |               | 9  | 17 | -69.494 | -0.797 |
|              | 20 | 18 | 77.144  | -0.672 | <b>Juin</b>   | 2  | 7  | -80.829 | -1.137 |               | 12 | 0  | 69.226  | -0.104 |
|              | 23 | 0  | -77.552 | 0.425  |               | 4  | 14 | 80.517  | 0.079  |               | 14 | 6  | -69.139 | -0.174 |
|              | 25 | 6  | 77.738  | -0.079 |               | 6  | 20 | -80.424 | -0.300 |               | 16 | 12 | 68.865  | 0.540  |
|              | 27 | 12 | -78.106 | -0.158 |               | 9  | 2  | 80.112  | 0.601  |               | 18 | 18 | -68.772 | -0.818 |
| <b>Mars</b>  | 1  | 18 | 78.258  | 0.508  |               | 11 | 8  | -79.977 | -0.819 |               | 21 | 1  | 68.545  | -0.074 |
|              | 4  | 1  | -78.657 | 0.725  |               | 13 | 14 | 79.626  | 1.134  |               | 23 | 7  | -68.471 | -0.204 |
|              | 6  | 7  | 78.826  | -0.399 |               | 15 | 20 | -79.473 | -1.342 |               | 25 | 13 | 68.228  | 0.581  |
|              | 8  | 13 | -79.196 | 0.155  |               | 18 | 3  | 79.140  | 0.317  |               | 27 | 20 | -68.177 | 0.400  |
|              | 10 | 19 | 79.339  | 0.183  |               | 20 | 9  | -78.974 | -0.538 |               | 30 | 2  | 67.961  | -0.034 |
|              | 13 | 1  | -79.690 | -0.410 |               | 22 | 15 | 78.633  | 0.854  | <b>Oct.</b>   | 2  | 8  | -67.927 | -0.262 |
|              | 15 | 8  | 79.819  | -0.748 |               | 24 | 21 | -78.454 | -1.070 |               | 4  | 14 | 67.696  | 0.642  |
|              | 17 | 14 | -80.163 | 0.511  |               | 27 | 3  | 78.049  | 1.386  |               | 6  | 21 | -67.696 | 0.351  |
|              | 19 | 20 | 80.307  | -0.189 |               | 29 | 10 | -77.892 | -0.296 |               | 9  | 3  | 67.506  | 0.030  |
|              | 22 | 2  | -80.623 | -0.041 | <b>Juill.</b> | 1  | 16 | 77.531  | 0.618  |               | 11 | 9  | -67.487 | -0.334 |
|              | 24 | 8  | 80.703  | 0.368  |               | 3  | 22 | -77.341 | -0.834 |               | 13 | 16 | 67.315  | -0.581 |
|              | 26 | 14 | -81.001 | -0.590 |               | 6  | 4  | 76.946  | 1.158  |               | 15 | 22 | -67.335 | 0.278  |
|              | 28 | 21 | 81.091  | -0.577 |               | 8  | 10 | -76.738 | -1.387 |               | 18 | 4  | 67.163  | 0.109  |
|              | 31 | 3  | -81.375 | 0.365  |               | 10 | 17 | 76.379  | 0.411  |               | 20 | 10 | -67.178 | -0.412 |
| <b>Avril</b> | 2  | 9  | 81.438  | -0.038 |               | 12 | 23 | -76.186 | -0.645 |               | 22 | 17 | 67.052  | -0.500 |
|              | 4  | 15 | -81.703 | -0.185 |               | 15 | 5  | 75.797  | 0.971  |               | 24 | 23 | -67.089 | 0.200  |
|              | 6  | 21 | 81.719  | 0.492  |               | 17 | 11 | -75.595 | -1.199 |               | 27 | 5  | 66.947  | 0.198  |
|              | 9  | 3  | -81.937 | -0.712 |               | 19 | 18 | 75.212  | 0.251  |               | 29 | 12 | -67.011 | 0.807  |



## RHÉA 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date              | X       | Y      | Date              | X       | Y      | Date              | X       | Y      |
|-------------------|---------|--------|-------------------|---------|--------|-------------------|---------|--------|
| Mois j h          | "       | "      | Mois j h          | "       | "      | Mois j h          | "       | "      |
| <b>Oct.</b> 31 18 | 66.901  | -0.423 | <b>Nov.</b> 25 15 | -67.258 | 0.560  | <b>Déc.</b> 20 12 | 68.381  | -0.690 |
| <b>Nov.</b> 3 0   | -66.974 | 0.105  | 27 21             | 67.216  | -0.145 | 22 18             | -68.627 | 0.355  |
| 5 7               | 66.852  | -1.038 | 30 4              | -67.406 | 1.206  | 25 1              | 68.714  | -1.403 |
| 7 13              | -66.971 | 0.730  | <b>Déc.</b> 2 10  | 67.406  | -0.810 | 27 7              | -68.988 | 1.080  |
| 9 19              | 66.886  | -0.332 | 4 16              | -67.591 | 0.474  | 29 13             | 69.052  | -0.662 |
| 12 1              | -66.975 | 0.005  | 6 23              | 67.580  | -1.475 | 31 20             | -69.337 | 1.807  |
| 14 8              | 66.922  | -0.963 | 9 5               | -67.817 | 1.151  | <b>Janv.</b> 3 2  | 69.446  | -1.413 |
| 16 14             | -67.054 | 0.641  | 11 11             | 67.839  | -0.742 | 5 8               | -69.749 | 1.075  |
| 18 20             | 66.986  | -0.236 | 13 17             | -68.040 | 0.404  | 7 14              | 69.833  | -0.659 |
| 21 3              | -67.117 | 1.283  | 16 0              | 68.096  | -1.434 | 9 21              | -70.161 | 1.846  |
| 23 9              | 67.104  | -0.877 | 18 6              | -68.345 | 1.102  | 12 3              | 70.291  | -1.442 |

## TITAN 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date              | X        | Y      | Date              | X        | Y      | Date              | X        | Y      |
|-------------------|----------|--------|-------------------|----------|--------|-------------------|----------|--------|
| Mois j h          | "        | "      | Mois j h          | "        | "      | Mois j h          | "        | "      |
| <b>Déc.</b> 26 22 | 159.646  | 0.365  | <b>Mai</b> 3 10   | 186.511  | 0.958  | <b>Sept.</b> 7 23 | 157.621  | 1.322  |
| <b>Janv.</b> 3 20 | -169.325 | 1.478  | 11 6              | -194.943 | 0.099  | 15 21             | -163.611 | 0.517  |
| 11 22             | 163.376  | -0.127 | 19 7              | 185.281  | 1.872  | 23 23             | 154.764  | 1.078  |
| 19 19             | -173.656 | 1.182  | 27 4              | -192.758 | 0.121  | <b>Oct.</b> 1 21  | -161.167 | 0.615  |
| 27 21             | 167.686  | 0.063  | <b>Juin</b> 4 5   | 182.633  | 1.927  | 10 0              | 152.718  | 0.107  |
| <b>Févr.</b> 4 19 | -178.437 | 2.035  | 12 1              | -189.282 | -0.899 | 17 22             | -159.620 | 1.419  |
| 12 20             | 172.307  | -0.008 | 20 3              | 178.907  | 2.157  | 26 0              | 151.543  | 0.097  |
| 20 18             | -183.335 | 2.289  | 28 0              | -184.933 | -0.362 | <b>Nov.</b> 2 23  | -159.003 | 2.169  |
| 28 19             | 176.892  | -0.380 | <b>Juill.</b> 6 1 | 174.522  | 2.583  | 11 1              | 151.276  | -0.760 |
| <b>Mars</b> 8 16  | -187.949 | 1.886  | 13 22             | -180.154 | -0.903 | 19 0              | -159.341 | 2.920  |
| 16 17             | 181.022  | -0.036 | 22 0              | 169.885  | 2.355  | 27 2              | 151.924  | -1.655 |
| 24 14             | -191.797 | 1.730  | 29 21             | -175.347 | -0.834 | <b>Déc.</b> 5 0   | -160.637 | 2.832  |
| <b>Avril</b> 1 15 | 184.237  | 0.082  | <b>Août</b> 6 23  | 165.349  | 2.359  | 13 2              | 153.487  | -1.691 |
| 9 11              | -194.436 | 0.795  | 14 21             | -170.839 | -0.179 | 21 1              | -162.868 | 3.762  |
| 17 12             | 186.153  | 1.054  | 22 23             | 161.195  | 1.739  | 29 3              | 155.925  | -2.853 |
| 25 9              | -195.532 | 0.921  | 30 21             | -166.871 | 0.262  | <b>Janv.</b> 6 1  | -165.971 | 3.953  |

**HYPÉRION 2013**

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X        | Y      | Date          |    |    | X        | Y     | Date         |    |    | X        | Y      |
|--------------|----|----|----------|--------|---------------|----|----|----------|-------|--------------|----|----|----------|--------|
| Mois         | j  | h  | "        | "      | Mois          | j  | h  | "        | "     | Mois         | j  | h  | "        | "      |
| <b>Déc.</b>  | 22 | 4  | 214.182  | -0.795 | <b>Mai</b>    | 9  | 0  | -212.506 | 2.711 | <b>Sept.</b> | 24 | 0  | 205.421  | 1.076  |
| <b>Janv.</b> | 1  | 18 | -183.446 | 3.288  |               | 19 | 18 | 246.611  | 1.426 | <b>Oct.</b>  | 4  | 7  | -176.166 | 4.358  |
|              | 12 | 14 | 219.625  | -0.737 |               | 30 | 2  | -209.503 | 2.740 |              | 15 | 9  | 202.153  | 0.823  |
|              | 23 | 2  | -189.974 | 4.534  | <b>Juin</b>   | 9  | 21 | 241.566  | 1.660 |              | 25 | 16 | -174.243 | 5.480  |
| <b>Févr.</b> | 2  | 23 | 227.222  | -1.437 |               | 20 | 5  | -203.532 | 2.288 | <b>Nov.</b>  | 5  | 18 | 200.473  | 0.218  |
|              | 13 | 9  | -196.696 | 4.866  | <b>Juill.</b> | 1  | 0  | 234.404  | 1.696 |              | 16 | 1  | -174.938 | 6.710  |
|              | 24 | 5  | 235.672  | -1.196 |               | 11 | 9  | -197.189 | 2.171 |              | 27 | 4  | 200.820  | -0.371 |
| <b>Mars</b>  | 6  | 15 | -203.940 | 4.465  |               | 22 | 4  | 225.833  | 2.180 | <b>Déc.</b>  | 7  | 10 | -177.596 | 8.787  |
|              | 17 | 10 | 241.920  | -0.512 | <b>Août</b>   | 1  | 12 | -190.469 | 2.074 |              | 18 | 14 | 203.830  | -0.005 |
|              | 27 | 19 | -209.683 | 5.204  |               | 12 | 10 | 218.044  | 1.944 |              | 28 | 20 | -181.321 | 9.705  |
| <b>Avril</b> | 7  | 14 | 247.050  | -0.450 |               | 22 | 18 | -183.864 | 2.585 | <b>Janv.</b> | 9  | 0  | 208.429  | -0.583 |
|              | 17 | 22 | -212.248 | 4.539  | <b>Sept.</b>  | 2  | 16 | 211.044  | 1.639 |              | 19 | 6  | -187.394 | 11.237 |
|              | 28 | 16 | 249.231  | 0.231  |               | 13 | 1  | -179.281 | 3.582 |              |    |    |          |        |

**JAPET 2013**

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X        | Y        | Date          |    |    | X        | Y        | Date        |    |    | X        | Y        |
|--------------|----|----|----------|----------|---------------|----|----|----------|----------|-------------|----|----|----------|----------|
| Mois         | j  | h  | "        | "        | Mois          | j  | h  | "        | "        | Mois        | j  | h  | "        | "        |
| <b>Déc.</b>  | 22 | 19 | -463.445 | 123.683  | <b>Mai</b>    | 29 | 11 | -535.444 | 137.540  | <b>Nov.</b> | 6  | 3  | -442.628 | 117.747  |
| <b>Févr.</b> | 1  | 18 | 481.427  | -123.687 | <b>Juill.</b> | 8  | 12 | 496.247  | -119.516 | <b>Déc.</b> | 17 | 16 | 437.877  | -112.933 |
| <b>Mars</b>  | 12 | 16 | -526.045 | 141.483  | <b>Août</b>   | 16 | 17 | -474.211 | 120.999  |             |    |    |          |          |
| <b>Avril</b> | 21 | 8  | 531.306  | -133.442 | <b>Sept.</b>  | 26 | 23 | 439.750  | -108.549 |             |    |    |          |          |



# SATELLITES D'URANUS

Coordonnées tangentielles (X,Y)  
aux heures les plus proches des plus grandes élongations

|               |         |
|---------------|---------|
| MIRANDA ..... | II. 138 |
| ARIEL .....   | II. 142 |
| UMBRIEL ..... | II. 145 |
| TITANIA ..... | II. 147 |
| OBÉRON .....  | II. 148 |

## MIRANDA 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X      | Y      | Date         |    |    | X      | Y      | Date         |    |    | X      | Y      |
|--------------|----|----|--------|--------|--------------|----|----|--------|--------|--------------|----|----|--------|--------|
| Mois         | j  | h  | "      | "      | Mois         | j  | h  | "      | "      | Mois         | j  | h  | "      | "      |
| <b>Déc.</b>  | 31 | 11 | 3.968  | -5.339 | <b>Févr.</b> | 1  | 6  | -3.935 | 5.564  | <b>Mars</b>  | 5  | 2  | 3.983  | -4.630 |
|              | 1  | 4  | -3.952 | 5.283  |              | 1  | 23 | 3.946  | -5.524 |              | 5  | 19 | -3.973 | 4.581  |
| <b>Janv.</b> | 1  | 21 | 3.960  | -5.242 |              | 2  | 16 | -3.935 | 5.472  |              | 6  | 11 | 3.988  | -5.687 |
|              | 2  | 13 | -3.947 | 6.317  |              | 3  | 9  | 3.946  | -5.434 |              | 7  | 4  | -3.981 | 5.644  |
|              | 3  | 6  | 3.960  | -6.275 |              | 4  | 2  | -3.934 | 5.382  |              | 7  | 21 | 3.996  | -5.604 |
|              | 3  | 23 | -3.948 | 6.233  |              | 4  | 19 | 3.946  | -5.341 |              | 8  | 14 | -3.989 | 5.557  |
|              | 4  | 16 | 3.960  | -6.190 |              | 5  | 12 | -3.934 | 5.290  |              | 9  | 7  | 4.004  | -5.517 |
|              | 5  | 9  | -3.950 | 6.148  |              | 6  | 5  | 3.946  | -5.247 |              | 10 | 0  | -3.997 | 5.469  |
|              | 6  | 2  | 3.960  | -6.105 |              | 6  | 22 | -3.934 | 5.200  |              | 10 | 17 | 4.012  | -5.429 |
|              | 6  | 19 | -3.950 | 6.061  |              | 7  | 15 | 3.944  | -5.152 |              | 11 | 10 | -4.003 | 5.382  |
|              | 7  | 12 | 3.960  | -6.019 |              | 8  | 8  | -3.933 | 5.106  |              | 12 | 3  | 4.019  | -5.339 |
|              | 8  | 5  | -3.949 | 5.973  |              | 9  | 1  | 3.943  | -5.057 |              | 12 | 20 | -4.010 | 5.292  |
|              | 8  | 22 | 3.960  | -5.934 |              | 9  | 18 | -3.932 | 5.011  |              | 13 | 13 | 4.026  | -5.248 |
|              | 9  | 15 | -3.948 | 5.884  |              | 10 | 11 | 3.940  | -4.963 |              | 14 | 6  | -4.017 | 5.205  |
|              | 10 | 8  | 3.959  | -5.846 |              | 11 | 4  | -3.930 | 4.914  |              | 14 | 23 | 4.031  | -5.156 |
|              | 11 | 1  | -3.947 | 5.794  |              | 11 | 21 | 3.938  | -4.868 |              | 15 | 16 | -4.023 | 5.113  |
|              | 11 | 18 | 3.958  | -5.757 |              | 12 | 13 | -3.927 | 5.946  |              | 16 | 9  | 4.036  | -5.064 |
|              | 12 | 11 | -3.944 | 5.706  |              | 13 | 6  | 3.941  | -5.908 |              | 17 | 2  | -4.028 | 5.020  |
|              | 13 | 4  | 3.955  | -5.665 |              | 13 | 23 | -3.933 | 5.860  |              | 17 | 19 | 4.041  | -4.973 |
|              | 13 | 21 | -3.942 | 5.615  |              | 14 | 16 | 3.948  | -5.823 |              | 18 | 12 | -4.033 | 4.926  |
|              | 14 | 14 | 3.953  | -5.573 |              | 15 | 9  | -3.939 | 5.775  |              | 19 | 5  | 4.046  | -4.880 |
|              | 15 | 7  | -3.940 | 5.526  |              | 16 | 2  | 3.953  | -5.737 |              | 19 | 22 | -4.037 | 4.830  |
|              | 16 | 0  | 3.949  | -5.479 |              | 16 | 19 | -3.943 | 5.690  |              | 20 | 15 | 4.050  | -4.787 |
|              | 16 | 17 | -3.937 | 5.433  |              | 17 | 12 | 3.958  | -5.649 |              | 21 | 8  | -4.041 | 4.733  |
|              | 17 | 10 | 3.945  | -5.386 |              | 18 | 5  | -3.948 | 5.604  |              | 22 | 1  | 4.054  | -4.691 |
|              | 18 | 3  | -3.933 | 5.339  |              | 18 | 22 | 3.963  | -5.560 |              | 22 | 18 | -4.044 | 4.637  |
|              | 18 | 20 | 3.941  | -5.295 |              | 19 | 15 | -3.953 | 5.518  |              | 23 | 11 | 4.057  | -4.593 |
|              | 19 | 13 | -3.929 | 5.244  |              | 20 | 8  | 3.966  | -5.471 |              | 24 | 4  | -4.046 | 4.542  |
|              | 20 | 6  | 3.937  | -5.200 |              | 21 | 1  | -3.957 | 5.428  |              | 24 | 21 | 4.060  | -4.494 |
|              | 20 | 23 | -3.924 | 5.147  |              | 21 | 18 | 3.970  | -5.381 |              | 25 | 14 | -4.049 | 4.444  |
|              | 21 | 16 | 3.933  | -5.107 |              | 22 | 11 | -3.961 | 5.337  |              | 26 | 7  | 4.062  | -4.394 |
|              | 22 | 9  | -3.919 | 5.050  |              | 23 | 4  | 3.973  | -5.293 |              | 27 | 0  | -4.051 | 4.347  |
|              | 23 | 1  | 3.932  | -6.133 |              | 23 | 21 | -3.964 | 5.244  |              | 27 | 16 | 4.068  | -5.477 |
|              | 23 | 18 | -3.921 | 6.085  |              | 24 | 14 | 3.976  | -5.201 |              | 28 | 9  | -4.062 | 5.437  |
|              | 24 | 11 | 3.935  | -6.048 |              | 25 | 7  | -3.967 | 5.151  |              | 29 | 2  | 4.078  | -5.390 |
|              | 25 | 4  | -3.924 | 6.003  |              | 26 | 0  | 3.979  | -5.110 |              | 29 | 19 | -4.072 | 5.348  |
|              | 25 | 21 | 3.938  | -5.962 |              | 26 | 17 | -3.968 | 5.058  |              | 30 | 12 | 4.088  | -5.304 |
|              | 26 | 14 | -3.927 | 5.918  |              | 27 | 10 | 3.981  | -5.016 |              | 31 | 5  | -4.082 | 5.258  |
|              | 27 | 7  | 3.941  | -5.874 |              | 28 | 3  | -3.970 | 4.964  |              | 31 | 22 | 4.097  | -5.215 |
|              | 28 | 0  | -3.930 | 5.833  |              | 28 | 20 | 3.982  | -4.921 | <b>Avril</b> | 1  | 15 | -4.091 | 5.166  |
|              | 28 | 17 | 3.942  | -5.787 | <b>Mars</b>  | 1  | 13 | -3.971 | 4.872  |              | 2  | 8  | 4.107  | -5.126 |
|              | 29 | 10 | -3.932 | 5.745  |              | 2  | 6  | 3.983  | -4.824 |              | 3  | 1  | -4.098 | 5.076  |
|              | 30 | 3  | 3.943  | -5.700 |              | 2  | 23 | -3.972 | 4.776  |              | 3  | 18 | 4.115  | -5.033 |
|              | 30 | 20 | -3.934 | 5.655  |              | 3  | 16 | 3.984  | -4.726 |              | 4  | 11 | -4.106 | 4.984  |
|              | 31 | 13 | 3.945  | -5.614 |              | 4  | 9  | -3.973 | 4.680  |              | 5  | 4  | 4.123  | -4.939 |

## MIRANDA 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |        | X      | Y      | Date        |        |        | X             | Y      | Date        |        |        | X      | Y      |
|--------------|----|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|---------------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| Mois         | j  | h      | "      | "      | Mois        | j      | h      | "             | "      | Mois        | j      | h      | "      | "      |
| <b>Avril</b> | 5  | 21     | -4.114 | 4.894  | <b>Mai</b>  | 7      | 16     | 4.288         | -5.175 | <b>Juin</b> | 8      | 12     | -4.478 | 4.248  |
|              | 6  | 14     | 4.130  | -4.844 |             | 8      | 9      | -4.281        | 5.129  |             | 9      | 5      | 4.492  | -4.198 |
|              | 7  | 7      | -4.121 | 4.799  |             | 9      | 2      | 4.301         | -5.083 |             | 9      | 22     | -4.483 | 4.143  |
|              | 8  | 0      | 4.136  | -4.748 |             | 9      | 19     | -4.293        | 5.037  |             | 10     | 15     | 4.497  | -4.094 |
|              | 8  | 17     | -4.128 | 4.704  |             | 10     | 12     | 4.313         | -4.989 |             | 11     | 8      | -4.487 | 4.038  |
|              | 9  | 10     | 4.142  | -4.654 |             | 11     | 5      | -4.306        | 4.947  |             | 12     | 1      | 4.502  | -3.989 |
|              | 10 | 3      | -4.134 | 4.607  |             | 11     | 22     | 4.324         | -4.894 |             | 12     | 18     | -4.490 | 3.934  |
|              | 10 | 20     | 4.147  | -4.557 |             | 12     | 15     | -4.317        | 4.853  |             | 13     | 11     | 4.505  | -3.881 |
|              | 11 | 13     | -4.139 | 4.508  |             | 13     | 8      | 4.334         | -4.799 |             | 14     | 4      | -4.492 | 3.828  |
|              | 12 | 6      | 4.153  | -4.462 |             | 14     | 1      | -4.328        | 4.757  |             | 14     | 20     | 4.513  | -5.084 |
|              | 12 | 23     | -4.144 | 4.408  |             | 14     | 18     | 4.344         | -4.705 |             | 15     | 13     | -4.506 | 5.044  |
|              | 13 | 16     | 4.157  | -4.363 |             | 15     | 11     | -4.338        | 4.659  |             | 16     | 6      | 4.525  | -4.989 |
| 14           | 9  | -4.147 | 4.308  | 16     | 4           | 4.353  | -4.609 | 16            | 23     | -4.518      | 4.948  |        |        |        |
| 15           | 2  | 4.161  | -4.263 | 16     | 21          | -4.346 | 4.560  | 17            | 16     | 4.537       | -4.893 |        |        |        |
| 15           | 19 | -4.150 | 4.209  | 17     | 14          | 4.362  | -4.513 | 18            | 9      | -4.530      | 4.851  |        |        |        |
| 16           | 12 | 4.165  | -4.161 | 18     | 7           | -4.354 | 4.460  | 19            | 2      | 4.547       | -4.798 |        |        |        |
| 17           | 4  | -4.156 | 5.323  | 19     | 0           | 4.370  | -4.414 | 19            | 19     | -4.541      | 4.751  |        |        |        |
| 17           | 21 | 4.176  | -5.277 | 19     | 17          | -4.361 | 4.360  | 20            | 12     | 4.557       | -4.700 |        |        |        |
| 18           | 14 | -4.169 | 5.236  | 20     | 10          | 4.377  | -4.312 | 21            | 5      | -4.550      | 4.651  |        |        |        |
| 19           | 7  | 4.187  | -5.186 | 21     | 3           | -4.367 | 4.261  | 21            | 22     | 4.566       | -4.603 |        |        |        |
| 20           | 0  | -4.181 | 5.146  | 21     | 20          | 4.383  | -4.209 | 22            | 15     | -4.557      | 4.551  |        |        |        |
| 20           | 17 | 4.198  | -5.095 | 22     | 13          | -4.373 | 4.159  | 23            | 8      | 4.574       | -4.502 |        |        |        |
| 21           | 10 | -4.192 | 5.054  | 23     | 6           | 4.388  | -4.105 | 24            | 1      | -4.564      | 4.449  |        |        |        |
| 22           | 3  | 4.208  | -5.006 | 23     | 23          | -4.378 | 4.058  | 24            | 18     | 4.581       | -4.399 |        |        |        |
| 22           | 20 | -4.202 | 4.960  | 24     | 16          | 4.392  | -4.001 | 25            | 11     | -4.570      | 4.349  |        |        |        |
| 23           | 13 | 4.218  | -4.914 | 25     | 9           | -4.382 | 3.953  | 26            | 4      | 4.587       | -4.294 |        |        |        |
| 24           | 6  | -4.212 | 4.865  | 26     | 2           | 4.395  | -3.897 | 26            | 21     | -4.576      | 4.246  |        |        |        |
| 24           | 23 | 4.228  | -4.821 | 26     | 18          | -4.389 | 5.127  | 27            | 14     | 4.591       | -4.188 |        |        |        |
| 25           | 16 | -4.220 | 4.770  | 27     | 11          | 4.407  | -5.079 | 28            | 7      | -4.580      | 4.143  |        |        |        |
| 26           | 9  | 4.237  | -4.726 | 28     | 4           | -4.402 | 5.033  | 29            | 0      | 4.594       | -4.083 |        |        |        |
| 27           | 2  | -4.228 | 4.674  | 28     | 21          | 4.420  | -4.986 | 29            | 17     | -4.583      | 4.036  |        |        |        |
| 27           | 19 | 4.245  | -4.628 | 29     | 14          | -4.414 | 4.938  | 30            | 10     | 4.596       | -3.977 |        |        |        |
| 28           | 12 | -4.236 | 4.580  | 30     | 7           | 4.433  | -4.893 | <b>Juill.</b> | 1      | 3           | -4.585 | 3.927  |        |        |
| 29           | 5  | 4.252  | -4.529 | 31     | 0           | -4.425 | 4.843  | 1             | 20     | 4.597       | -3.873 |        |        |        |
| 29           | 22 | -4.243 | 4.482  | 31     | 17          | 4.444  | -4.797 | 2             | 12     | -4.587      | 5.152  |        |        |        |
| <b>Mai</b>   | 30 | 15     | 4.259  | -4.429 | <b>Juin</b> | 1      | 10     | -4.436        | 4.747  | 3           | 5      | 4.606  | -5.104 |        |
|              | 1  | 8      | -4.250 | 4.385  |             | 2      | 3      | 4.455         | -4.698 | 3           | 22     | -4.599 | 5.056  |        |
|              | 2  | 1      | 4.264  | -4.331 |             | 2      | 20     | -4.446        | 4.653  | 4           | 15     | 4.618  | -5.009 |        |
|              | 2  | 18     | -4.256 | 4.284  |             | 3      | 13     | 4.464         | -4.598 | 5           | 8      | -4.609 | 4.961  |        |
|              | 3  | 11     | 4.269  | -4.230 |             | 4      | 6      | -4.455        | 4.554  | 6           | 1      | 4.629  | -4.911 |        |
|              | 4  | 4      | -4.261 | 4.181  |             | 4      | 23     | 4.472         | -4.498 | 6           | 18     | -4.619 | 4.863  |        |
|              | 4  | 21     | 4.274  | -4.132 |             | 5      | 16     | -4.464        | 4.454  | 7           | 11     | 4.638  | -4.811 |        |
|              | 5  | 14     | -4.265 | 4.077  |             | 6      | 9      | 4.479         | -4.399 | 8           | 4      | -4.628 | 4.767  |        |
|              | 6  | 7      | 4.278  | -4.030 |             | 7      | 2      | -4.472        | 4.352  | 8           | 21     | 4.646  | -4.709 |        |
|              | 6  | 23     | -4.268 | 5.218  |             | 7      | 19     | 4.486         | -4.297 | 9           | 14     | -4.636 | 4.667  |        |

## MIRANDA 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date          |    |        | X      | Y      | Date         |        |        | X           | Y      | Date         |        |        | X      | Y      |
|---------------|----|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|-------------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| Mois          | j  | h      | "      | "      | Mois         | j      | h      | "           | "      | Mois         | j      | h      | "      | "      |
| <b>Juill.</b> | 10 | 7      | 4.652  | -4.608 | <b>Août</b>  | 11     | 2      | -4.718      | 5.021  | <b>Sept.</b> | 11     | 21     | 4.703  | -5.443 |
|               | 11 | 0      | -4.643 | 4.565  |              | 11     | 19     | 4.735       | -4.965 |              | 12     | 14     | -4.690 | 5.396  |
|               | 11 | 17     | 4.657  | -4.508 |              | 12     | 12     | -4.722      | 4.923  |              | 13     | 7      | 4.704  | -5.344 |
|               | 12 | 10     | -4.648 | 4.461  |              | 13     | 5      | 4.737       | -4.863 |              | 14     | 0      | -4.689 | 5.300  |
|               | 13 | 3      | 4.662  | -4.405 |              | 13     | 22     | -4.725      | 4.821  |              | 14     | 17     | 4.703  | -5.244 |
|               | 13 | 20     | -4.652 | 4.355  |              | 14     | 15     | 4.738       | -4.760 |              | 15     | 10     | -4.688 | 5.200  |
|               | 14 | 13     | 4.666  | -4.304 |              | 15     | 8      | -4.727      | 4.718  |              | 16     | 3      | 4.700  | -5.142 |
|               | 15 | 6      | -4.654 | 4.249  |              | 16     | 1      | 4.738       | -4.660 |              | 16     | 20     | -4.685 | 5.102  |
|               | 15 | 23     | 4.668  | -4.198 |              | 16     | 18     | -4.726      | 4.612  |              | 17     | 13     | 4.696  | -5.040 |
|               | 16 | 16     | -4.656 | 4.142  |              | 17     | 11     | 4.737       | -4.556 |              | 18     | 6      | -4.681 | 5.000  |
| 17            | 9  | 4.670  | -4.091 | 18     | 4            | -4.724 | 4.506  | 18          | 23     | 4.690        | -4.938 |        |        |        |
| 18            | 2  | -4.656 | 4.038  | 18     | 21           | 4.736  | -4.453 | 19          | 16     | -4.676       | 4.896  |        |        |        |
| 18            | 19 | 4.669  | -3.982 | 19     | 14           | -4.721 | 4.399  | 20          | 9      | 4.683        | -4.837 |        |        |        |
| 19            | 12 | -4.655 | 3.930  | 20     | 7            | 4.732  | -4.346 | 21          | 2      | -4.669       | 4.790  |        |        |        |
| 20            | 4  | 4.670  | -5.224 | 21     | 0            | -4.716 | 4.292  | 21          | 19     | 4.676        | -4.733 |        |        |        |
| 20            | 21 | -4.661 | 5.185  | 21     | 17           | 4.727  | -4.237 | 22          | 12     | -4.660       | 4.684  |        |        |        |
| 21            | 14 | 4.679  | -5.127 | 22     | 10           | -4.710 | 4.187  | 23          | 5      | 4.667        | -4.630 |        |        |        |
| 22            | 7  | -4.671 | 5.088  | 23     | 3            | 4.721  | -4.127 | 23          | 22     | -4.649       | 4.578  |        |        |        |
| 23            | 0  | 4.688  | -5.030 | 23     | 19           | -4.708 | 5.454  | 24          | 15     | 4.657        | -4.523 |        |        |        |
| 23            | 17 | -4.680 | 4.988  | 24     | 12           | 4.725  | -5.396 | 25          | 8      | -4.638       | 4.471  |        |        |        |
| 24            | 10 | 4.696  | -4.935 | 25     | 5            | -4.714 | 5.359  | 26          | 0      | 4.649        | -5.767 |        |        |        |
| 25            | 3  | -4.687 | 4.888  | 25     | 22           | 4.729  | -5.300 | 26          | 17     | -4.635       | 5.728  |        |        |        |
| 25            | 20 | 4.703  | -4.835 | 26     | 15           | -4.718 | 5.260  | 27          | 10     | 4.649        | -5.670 |        |        |        |
| 26            | 13 | -4.693 | 4.786  | 27     | 8            | 4.732  | -5.201 | 28          | 3      | -4.635       | 5.632  |        |        |        |
| 27            | 6  | 4.709  | -4.736 | 28     | 1            | -4.721 | 5.160  | 28          | 20     | 4.648        | -5.573 |        |        |        |
| 27            | 23 | -4.697 | 4.684  | 28     | 18           | 4.733  | -5.105 | 29          | 13     | -4.635       | 5.537  |        |        |        |
| 28            | 16 | 4.713  | -4.633 | 29     | 11           | -4.722 | 5.058  | 30          | 6      | 4.645        | -5.476 |        |        |        |
| 29            | 9  | -4.700 | 4.582  | 30     | 4            | 4.734  | -5.005 | 30          | 23     | -4.632       | 5.438  |        |        |        |
| 30            | 2  | 4.716  | -4.528 | 30     | 21           | -4.721 | 4.956  | <b>Oct.</b> | 1      | 16           | 4.641  | -5.378 |        |        |
| 30            | 19 | -4.703 | 4.481  | 31     | 14           | 4.734  | -4.904 |             | 2      | 9            | -4.628 | 5.337  |        |        |
| <b>Août</b>   | 31 | 12     | 4.717  | -4.422 | <b>Sept.</b> | 1      | 7      | -4.719      | 4.854  | 3            | 2      | 4.637  | -5.282 |        |
|               | 1  | 5      | -4.704 | 4.376  |              | 2      | 0      | 4.731       | -4.800 | 3            | 19     | -4.622 | 5.235  |        |
|               | 1  | 22     | 4.717  | -4.315 |              | 2      | 17     | -4.715      | 4.751  | 4            | 12     | 4.631  | -5.182 |        |
|               | 2  | 15     | -4.704 | 4.271  |              | 3      | 10     | 4.727       | -4.695 | 5            | 5      | -4.615 | 5.134  |        |
|               | 3  | 8      | 4.715  | -4.210 |              | 4      | 3      | -4.711      | 4.650  | 5            | 22     | 4.624  | -5.081 |        |
|               | 4  | 1      | -4.703 | 4.162  |              | 4      | 20     | 4.722       | -4.588 | 6            | 15     | -4.607 | 5.033  |        |
|               | 4  | 18     | 4.712  | -4.103 |              | 5      | 13     | -4.706      | 4.544  | 7            | 8      | 4.616  | -4.977 |        |
|               | 5  | 11     | -4.699 | 4.052  |              | 6      | 6      | 4.715       | -4.481 | 8            | 1      | -4.598 | 4.930  |        |
|               | 6  | 4      | 4.709  | -3.997 |              | 6      | 23     | -4.699      | 4.438  | 8            | 18     | 4.606  | -4.872 |        |
|               | 6  | 20     | -4.700 | 5.313  |              | 7      | 16     | 4.706       | -4.376 | 9            | 11     | -4.588 | 4.829  |        |
| 7             | 13 | 4.717  | -5.263 | 8      | 9            | -4.691 | 4.329  | 10          | 4      | 4.594        | -4.766 |        |        |        |
| 8             | 6  | -4.707 | 5.216  | 9      | 1            | 4.698  | -5.632 | 10          | 21     | -4.577       | 4.724  |        |        |        |
| 8             | 23 | 4.724  | -5.166 | 9      | 18           | -4.688 | 5.591  | 11          | 14     | 4.581        | -4.660 |        |        |        |
| 9             | 16 | -4.713 | 5.119  | 10     | 11           | 4.701  | -5.540 | 12          | 7      | -4.564       | 4.618  |        |        |        |
| 10            | 9  | 4.730  | -5.066 | 11     | 4            | -4.690 | 5.494  | 12          | 23     | 4.573        | -5.889 |        |        |        |

## MIRANDA 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date |    |        | X      | Y      | Date |        |        | X      | Y      | Date   |        |        | X      | Y      |
|------|----|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mois | j  | h      | "      | "      | Mois | j      | h      | "      | "      | Mois   | j      | h      | "      | "      |
| Oct. | 13 | 16     | -4.561 | 5.850  | Nov. | 10     | 6      | 4.433  | -5.223 | Déc.   | 7      | 19     | -4.271 | 5.839  |
|      | 14 | 9      | 4.571  | -5.795 |      | 10     | 23     | -4.416 | 5.178  |        | 8      | 12     | 4.280  | -5.778 |
|      | 15 | 2      | -4.559 | 5.754  |      | 11     | 16     | 4.422  | -5.120 |        | 9      | 5      | -4.268 | 5.745  |
|      | 15 | 19     | 4.569  | -5.702 |      | 12     | 9      | -4.405 | 5.077  |        | 9      | 22     | 4.275  | -5.686 |
|      | 16 | 12     | -4.555 | 5.657  |      | 13     | 2      | 4.410  | -5.017 |        | 10     | 15     | -4.264 | 5.649  |
|      | 17 | 5      | 4.565  | -5.605 |      | 13     | 19     | -4.393 | 4.978  |        | 11     | 8      | 4.270  | -5.592 |
|      | 17 | 22     | -4.550 | 5.560  |      | 14     | 12     | 4.397  | -4.913 |        | 12     | 1      | -4.258 | 5.552  |
|      | 18 | 15     | 4.561  | -5.507 |      | 15     | 5      | -4.381 | 4.874  |        | 12     | 18     | 4.265  | -5.498 |
|      | 19 | 8      | -4.544 | 5.465  |      | 15     | 21     | 4.384  | -6.079 |        | 13     | 11     | -4.252 | 5.455  |
|      | 20 | 1      | 4.554  | -5.406 |      | 16     | 14     | -4.372 | 6.046  |        | 14     | 4      | 4.259  | -5.401 |
|      | 20 | 18     | -4.538 | 5.366  |      | 17     | 7      | 4.381  | -5.990 |        | 14     | 21     | -4.245 | 5.358  |
|      | 21 | 11     | 4.546  | -5.305 |      | 18     | 0      | -4.370 | 5.952  |        | 15     | 14     | 4.253  | -5.303 |
|      | 22 | 4      | -4.531 | 5.268  |      | 18     | 17     | 4.378  | -5.897 |        | 16     | 7      | -4.238 | 5.262  |
|      | 22 | 21     | 4.537  | -5.205 |      | 19     | 10     | -4.366 | 5.857  |        | 17     | 0      | 4.245  | -5.203 |
|      | 23 | 14     | -4.522 | 5.166  |      | 20     | 3      | 4.375  | -5.805 |        | 17     | 17     | -4.230 | 5.164  |
|      | 24 | 7      | 4.527  | -5.103 |      | 20     | 20     | -4.360 | 5.763  |        | 18     | 10     | 4.236  | -5.102 |
| 25   | 0  | -4.512 | 5.062  | 21     | 13   | 4.370  | -5.710 | 19     | 3      | -4.222 | 5.066  |        |        |        |
| 25   | 17 | 4.516  | -5.004 | 22     | 6    | -4.355 | 5.667  | 19     | 20     | 4.227  | -5.002 |        |        |        |
| 26   | 10 | -4.500 | 4.958  | 22     | 23   | 4.364  | -5.613 | 20     | 13     | -4.213 | 4.965  |        |        |        |
| 27   | 3  | 4.504  | -4.901 | 23     | 16   | -4.348 | 5.574  | 21     | 6      | 4.217  | -4.901 |        |        |        |
| 27   | 20 | -4.487 | 4.853  | 24     | 9    | 4.357  | -5.514 | 21     | 23     | -4.203 | 4.862  |        |        |        |
| 28   | 13 | 4.492  | -4.798 | 25     | 2    | -4.342 | 5.477  | 22     | 16     | 4.207  | -4.802 |        |        |        |
| 29   | 6  | -4.473 | 4.749  | 25     | 19   | 4.349  | -5.415 | 23     | 8      | -4.196 | 5.982  |        |        |        |
| 29   | 22 | 4.483  | -5.996 | 26     | 12   | -4.334 | 5.380  | 24     | 1      | 4.206  | -5.928 |        |        |        |
| 30   | 15 | -4.469 | 5.956  | 27     | 5    | 4.339  | -5.317 | 24     | 18     | -4.195 | 5.890  |        |        |        |
| 31   | 8  | 4.480  | -5.902 | 27     | 22   | -4.325 | 5.280  | 25     | 11     | 4.206  | -5.838 |        |        |        |
| Nov. | 1  | 1      | -4.466 | 5.865  | 28   | 15     | 4.330  | -5.218 | 26     | 4      | -4.193 | 5.799  |        |        |
|      | 1  | 18     | 4.476  | -5.806 | 29   | 8      | -4.316 | 5.178  | 26     | 21     | 4.204  | -5.746 |        |        |
|      | 2  | 11     | -4.462 | 5.771  | 30   | 1      | 4.320  | -5.121 | 27     | 14     | -4.192 | 5.707  |        |        |
|      | 3  | 4      | 4.471  | -5.709 | 30   | 18     | -4.305 | 5.076  | 28     | 7      | 4.202  | -5.651 |        |        |
| 3    | 21 | -4.458 | 5.675  | Déc.   | 1    | 11     | 4.309  | -5.020 | 29     | 0      | -4.190 | 5.616  |        |        |
| 4    | 14 | 4.465  | -5.615 |        | 2    | 4      | -4.293 | 4.974  | 29     | 17     | 4.199  | -5.556 |        |        |
| 5    | 7  | -4.452 | 5.577  |        | 2    | 21     | 4.298  | -4.919 | 30     | 10     | -4.187 | 5.522  |        |        |
| 6    | 0  | 4.458  | -5.518 |        | 3    | 14     | -4.281 | 4.873  | 31     | 3      | 4.195  | -5.460 |        |        |
| 6    | 17 | -4.444 | 5.477  | 4      | 6    | 4.289  | -6.058 | 31     | 20     | -4.184 | 5.427  |        |        |        |
| 7    | 10 | 4.451  | -5.423 | 4      | 23   | -4.276 | 6.021  | Janv.  | 1      | 13     | 4.191  | -5.366 |        |        |
| 8    | 3  | -4.436 | 5.377  | 5      | 16   | 4.287  | -5.966 |        | 2      | 6      | -4.180 | 5.330  |        |        |
| 8    | 20 | 4.442  | -5.323 | 6      | 9    | -4.274 | 5.932  |        | 2      | 23     | 4.186  | -5.270 |        |        |
| 9    | 13 | -4.426 | 5.277  | 7      | 2    | 4.284  | -5.872 |        |        |        |        |        |        |        |



## ARIEL 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |                   | X      | Y      | Date         |        | X      | Y      | Date         |             | X      | Y      |        |
|--------------|-------------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------------|-------------|--------|--------|--------|
| Mois         | j h               | "      | "      | Mois         | j h    | "      | "      | Mois         | j h         | "      | "      |        |
| <b>Déc.</b>  | 31 14             | -5.053 | 7.540  | <b>Févr.</b> | 26 7   | 5.158  | -7.271 | <b>Avril</b> | 24 1        | -5.590 | 5.999  |        |
|              | <b>Janv.</b> 1 20 | 5.064  | -7.820 |              | 27 13  | -5.150 | 7.488  |              | 25 7        | 5.612  | -6.286 |        |
|              | 3 2               | -5.052 | 8.029  |              | 28 20  | 5.171  | -6.737 |              | 26 13       | -5.609 | 6.524  |        |
|              | 4 8               | 5.057  | -8.299 | <b>Mars</b>  | 2 2    | -5.170 | 6.954  |              | 27 20       | 5.634  | -5.724 |        |
|              | 5 15              | -5.044 | 7.487  |              |        | 3 8    | 5.185  | -7.231       |             | 29 2   | -5.639 | 5.959  |
|              | 6 21              | 5.056  | -7.768 |              | 4 15   | -5.178 | 6.402  | <b>Mai</b>   | 30 8        | 5.660  | -6.259 |        |
|              | 8 3               | -5.045 | 7.986  |              | 5 21   | 5.201  | -6.689 |              |             | 1 14   | -5.657 | 6.489  |
|              | 9 9               | 5.049  | -8.242 |              | 7 3    | -5.200 | 6.914  |              |             | 2 21   | 5.685  | -5.686 |
|              | 10 16             | -5.039 | 7.446  |              | 8 9    | 5.214  | -7.181 |              |             | 4 3    | -5.688 | 5.932  |
|              | 11 22             | 5.051  | -7.714 |              | 9 16   | -5.211 | 6.364  |              |             | 5 9    | 5.709  | -6.222 |
|              | 13 4              | -5.041 | 7.931  |              | 10 22  | 5.233  | -6.640 |              | 6 16        | -5.706 | 5.350  |        |
|              | 14 10             | 5.046  | -8.197 |              | 12 4   | -5.232 | 6.867  |              | 7 22        | 5.734  | -5.648 |        |
|              | 15 17             | -5.036 | 7.390  |              | 13 10  | 5.246  | -7.143 |              | 9 4         | -5.738 | 5.897  |        |
|              | 16 23             | 5.050  | -7.670 |              | 14 17  | -5.245 | 6.313  |              | 10 10       | 5.759  | -6.197 |        |
|              | 18 5              | -5.039 | 7.878  |              | 15 23  | 5.268  | -6.602 |              | 11 17       | -5.756 | 5.309  |        |
|              | 19 11             | 5.046  | -8.141 |              | 17 5   | -5.266 | 6.820  |              | 12 23       | 5.785  | -5.622 |        |
|              | 20 18             | -5.039 | 7.347  |              | 18 11  | 5.281  | -7.098 |              | 14 5        | -5.788 | 5.862  |        |
|              | 22 0              | 5.051  | -7.615 |              | 19 18  | -5.283 | 6.276  |              | 15 11       | 5.809  | -6.165 |        |
|              | 23 6              | -5.043 | 7.832  |              | 21 0   | 5.304  | -6.554 |              | 16 18       | -5.807 | 5.283  |        |
|              | 24 12             | 5.048  | -8.089 |              | 22 6   | -5.304 | 6.785  |              | 18 0        | 5.834  | -5.585 |        |
|              | 25 19             | -5.044 | 7.294  |              | 23 12  | 5.317  | -7.055 |              | 19 6        | -5.838 | 5.839  |        |
|              | 27 1              | 5.058  | -7.569 |              | 24 19  | -5.322 | 6.229  |              | 20 12       | 5.858  | -6.133 |        |
|              | 28 7              | -5.048 | 7.778  |              | 26 1   | 5.344  | -6.517 |              | 21 19       | -5.857 | 5.247  |        |
|              | 29 13             | 5.055  | -8.041 |              | 27 7   | -5.341 | 6.740  |              | 23 1        | 5.885  | -5.560 |        |
|              | 30 20             | -5.052 | 7.243  |              | 28 14  | 5.358  | -5.956 |              | 24 7        | -5.887 | 5.804  |        |
| <b>Févr.</b> | 1 2               | 5.067  | -7.515 |              | 29 20  | -5.362 | 6.186  |              | 25 13       | 5.908  | -6.112 |        |
|              | 2 8               | -5.058 | 7.731  | <b>Avril</b> | 31 2   | 5.385  | -6.473 |              | 26 20       | -5.905 | 5.213  |        |
|              | 3 15              | 5.065  | -6.972 |              |        | 1 8    | -5.383 | 6.704        |             | 28 2   | 5.934  | -5.527 |
|              | 4 21              | -5.065 | 7.196  |              |        | 2 15   | 5.399  | -5.911       |             | 29 8   | -5.937 | 5.783  |
|              | 6 3               | 5.077  | -7.466 |              |        | 3 21   | -5.406 | 6.149        |             | 30 14  | 5.955  | -6.082 |
|              | 7 9               | -5.070 | 7.678  |              |        | 5 3    | 5.426  | -6.434       | <b>Juin</b> | 31 21  | -5.955 | 5.187  |
| 8 16         | 5.081             | -6.926 |        |              | 6 9    | -5.426 | 6.663  |              |             | 2 3    | 5.981  | -5.498 |
| 9 22         | -5.079            | 7.146  |        | 7 16         | 5.445  | -5.874 |        | 3 9          |             | -5.985 | 5.752  |        |
| 11 4         | 5.094             | -7.417 |        | 8 22         | -5.449 | 6.108  |        | 4 15         |             | 6.004  | -6.063 |        |
| 12 10        | -5.085            | 7.631  |        | 10 4         | 5.472  | -6.397 |        | 5 22         |             | -6.001 | 5.156  |        |
|              | 13 17             | 5.099  | -6.873 |              | 11 10  | -5.468 | 6.626  |              | 7 4         | 6.030  | -5.472 |        |
|              | 14 23             | -5.098 | 7.098  |              | 12 17  | 5.491  | -5.830 |              | 8 10        | -6.030 | 5.727  |        |
|              | 16 5              | 5.111  | -7.371 |              | 13 23  | -5.496 | 6.072  |              | 9 16        | 6.051  | -6.035 |        |
|              | 17 11             | -5.105 | 7.580  |              | 15 5   | 5.516  | -6.360 |              | 10 23       | -6.048 | 5.129  |        |
|              | 18 18             | 5.120  | -6.829 |              | 16 11  | -5.515 | 6.590  |              | 12 5        | 6.074  | -5.446 |        |
|              | 20 0              | -5.119 | 7.047  |              | 17 18  | 5.537  | -5.796 |              | 13 11       | -6.077 | 5.704  |        |
|              | 21 6              | 5.134  | -7.322 |              | 19 0   | -5.543 | 6.030  |              | 14 17       | 6.094  | -6.016 |        |
|              | 22 12             | -5.125 | 7.537  |              | 20 6   | 5.564  | -6.325 |              | 16 0        | -6.092 | 5.099  |        |
|              | 23 19             | 5.144  | -6.778 |              | 21 12  | -5.560 | 6.558  |              | 17 6        | 6.119  | -5.423 |        |
|              | 25 1              | -5.143 | 7.005  |              | 22 19  | 5.586  | -5.756 |              | 18 12       | -6.119 | 5.682  |        |

## ARIEL 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date          |       | X      | Y      | Date         |        | X      | Y           | Date        |        | X      | Y      |
|---------------|-------|--------|--------|--------------|--------|--------|-------------|-------------|--------|--------|--------|
| Mois          | j h   | "      | "      | Mois         | j h    | "      | "           | Mois        | j h    | "      | "      |
| <b>Juin</b>   | 19 18 | 6.139  | -5.993 | <b>Août</b>  | 15 11  | -6.410 | 6.106       | <b>Oct.</b> | 11 4   | 6.209  | -6.322 |
|               | 21 1  | -6.133 | 5.076  |              | 16 17  | 6.419  | -6.432      |             | 12 10  | -6.189 | 6.593  |
|               | 22 7  | 6.161  | -5.395 |              | 18 0   | -6.408 | 5.483       |             | 13 16  | 6.192  | -6.917 |
|               | 23 13 | -6.162 | 5.660  |              | 19 6   | 6.425  | -5.817      |             | 14 22  | -6.164 | 7.183  |
|               | 24 19 | 6.179  | -5.977 |              | 20 12  | -6.413 | 6.095       |             | 16 5   | 6.171  | -6.301 |
|               | 26 2  | -6.174 | 5.047  |              | 21 18  | 6.419  | -6.427      |             | 17 11  | -6.153 | 6.578  |
|               | 27 8  | 6.200  | -5.378 |              | 23 1   | -6.407 | 5.468       |             | 18 17  | 6.152  | -6.902 |
|               | 28 14 | -6.201 | 5.634  |              | 24 7   | 6.421  | -5.811      |             | 19 23  | -6.129 | 7.162  |
|               | 29 20 | 6.219  | -5.958 |              | 25 13  | -6.411 | 6.082       |             | 21 6   | 6.129  | -6.288 |
|               | 30 26 | -6.211 | 6.219  |              | 26 19  | 6.418  | -6.419      |             | 22 12  | -6.113 | 6.555  |
| <b>Juill.</b> | 2 9   | 6.238  | -5.351 | <b>Sept.</b> | 2 2    | -6.391 | 6.680       | <b>Nov.</b> | 23 18  | 6.115  | -6.882 |
|               | 3 15  | -6.237 | 5.622  |              | 3 9    | 6.403  | -5.792      |             | 25 0   | -6.089 | 7.146  |
|               | 4 21  | 6.255  | -5.936 |              | 4 15   | -6.392 | 6.063       |             | 26 7   | 6.089  | -6.265 |
|               | 6 3   | -6.248 | 6.200  |              | 5 21   | 6.399  | -6.404      |             | 27 13  | -6.072 | 6.540  |
|               | 7 10  | 6.272  | -5.337 |              | 7 3    | -6.378 | 6.668       |             | 28 19  | 6.074  | -6.856 |
|               | 8 16  | -6.271 | 5.596  |              | 8 10   | 6.388  | -5.779      |             | 30 1   | -6.051 | 7.122  |
|               | 9 22  | 6.289  | -5.927 |              | 9 16   | -6.376 | 6.062       |             | 31 8   | 6.046  | -6.249 |
|               | 11 4  | -6.280 | 6.181  |              | 10 22  | 6.382  | -6.388      |             | 1 14   | -6.031 | 6.513  |
|               | 12 11 | 6.303  | -5.313 |              | 12 4   | -6.363 | 6.668       |             | 2 20   | 6.033  | -6.840 |
|               | 13 17 | -6.302 | 5.587  |              | 13 11  | 6.367  | -5.764      |             | 4 2    | -6.011 | 7.094  |
| <b>Août</b>   | 14 23 | 6.319  | -5.905 | 14 17        | -6.356 | 6.047  | 5 8         | 6.006       | -7.409 |        |        |
|               | 16 5  | -6.311 | 6.175  | 15 23        | 6.362  | -6.385 | 6 15        | -5.989      | 6.495  |        |        |
|               | 17 12 | 6.330  | -5.291 | 17 5         | -6.342 | 6.652  | 7 21        | 5.993       | -6.809 |        |        |
|               | 18 18 | -6.330 | 5.566  | 18 12        | 6.344  | -5.759 | 9 3         | -5.971      | 7.075  |        |        |
|               | 20 0  | 6.347  | -5.896 | 19 18        | -6.330 | 6.033  | 10 9        | 5.967       | -7.376 |        |        |
|               | 21 6  | -6.337 | 6.156  | 21 0         | 6.338  | -6.371 | 11 16       | -5.948      | 6.466  |        |        |
|               | 22 13 | 6.355  | -5.280 | 22 6         | -6.319 | 6.649  | 12 22       | 5.953       | -6.789 |        |        |
|               | 23 19 | -6.352 | 5.546  | 23 12        | 6.317  | -6.968 | 14 4        | -5.931      | 7.040  |        |        |
|               | 25 1  | 6.370  | -5.879 | 24 19        | -6.304 | 6.028  | 15 10       | 5.929       | -7.354 |        |        |
|               | 26 7  | -6.360 | 6.151  | 26 1         | 6.310  | -6.358 | 16 17       | -5.907      | 6.435  |        |        |
| <b>Sept.</b>  | 27 14 | 6.374  | -5.258 | 27 7         | -6.292 | 6.634  | 17 23       | 5.914       | -6.756 |        |        |
|               | 28 20 | -6.374 | 5.538  | 28 13        | 6.290  | -6.962 | 19 5        | -5.894      | 7.018  |        |        |
|               | 30 2  | 6.388  | -5.863 | 29 20        | -6.271 | 6.010  | 20 11       | 5.891       | -7.316 |        |        |
|               | 31 8  | -6.380 | 6.135  | 1 2          | 6.280  | -6.350 | 21 18       | -5.870      | 6.413  |        |        |
|               | 1 15  | 6.391  | -5.248 | 2 8          | -6.259 | 6.619  | 23 0        | 5.875       | -6.722 |        |        |
|               | 2 21  | -6.387 | 5.519  | 3 14         | 6.260  | -6.945 | 24 6        | -5.857      | 6.981  |        |        |
|               | 4 3   | 6.406  | -5.855 | 4 21         | -6.238 | 6.003  | 25 12       | 5.856       | -7.288 |        |        |
|               | 5 9   | -6.393 | 6.124  | 6 3          | 6.244  | -6.333 | 26 19       | -5.831      | 6.376  |        |        |
|               | 6 16  | 6.403  | -5.227 | 7 9          | -6.228 | 6.609  | 28 1        | 5.840       | -6.693 |        |        |
|               | 7 22  | -6.400 | 5.510  | 8 15         | 6.225  | -6.932 | 29 7        | -5.820      | 6.945  |        |        |
| <b>Oct.</b>   | 9 4   | 6.415  | -5.842 | 9 22         | -6.201 | 5.984  | <b>Déc.</b> | 30 13       | 5.821  | -7.249 |        |
|               | 10 10 | -6.406 | 6.115  |              |        |        |             | 1 20        | -5.798 | 6.348  |        |
|               | 11 16 | 6.412  | -6.441 |              |        |        |             | 3 2         | 5.804  | -6.656 |        |
|               | 12 23 | -6.407 | 5.492  |              |        |        |             | 4 8         | -5.789 | 6.913  |        |
|               | 14 5  | 6.423  | -5.832 |              |        |        |             | 5 14        | 5.788  | -7.210 |        |

**ARIEL 2013**


---

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

---

| Date        |    |    | X      | Y      | Date        |    |    | X      | Y      | Date         |    |    | X      | Y      |
|-------------|----|----|--------|--------|-------------|----|----|--------|--------|--------------|----|----|--------|--------|
| Mois        | j  | h  | "      | "      | Mois        | j  | h  | "      | "      | Mois         | j  | h  | "      | "      |
| <b>Déc.</b> | 6  | 20 | -5.765 | 7.455  | <b>Déc.</b> | 18 | 5  | 5.717  | -6.545 | <b>Déc.</b>  | 29 | 13 | -5.663 | 6.705  |
|             | 8  | 3  | 5.773  | -6.623 |             | 19 | 11 | -5.704 | 6.791  |              | 30 | 19 | 5.668  | -7.004 |
|             | 9  | 9  | -5.756 | 6.873  |             | 20 | 17 | 5.708  | -7.091 | <b>Janv.</b> | 1  | 1  | -5.649 | 7.237  |
|             | 10 | 15 | 5.760  | -7.173 |             | 21 | 23 | -5.685 | 7.332  |              | 2  | 8  | 5.659  | -6.418 |
|             | 11 | 21 | -5.735 | 7.415  |             | 23 | 6  | 5.696  | -6.501 |              | 3  | 14 | -5.648 | 6.667  |
|             | 13 | 4  | 5.744  | -6.581 |             | 24 | 12 | -5.681 | 6.753  |              | 4  | 20 | 5.654  | -6.954 |
|             | 14 | 10 | -5.730 | 6.836  |             | 25 | 18 | 5.686  | -7.043 |              | 6  | 2  | -5.635 | 7.196  |
|             | 15 | 16 | 5.731  | -7.132 |             | 27 | 0  | -5.666 | 7.286  |              |    |    |        |        |
|             | 16 | 22 | -5.710 | 7.373  |             | 28 | 7  | 5.675  | -6.463 |              |    |    |        |        |

---

## UMBRIEL 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |       | X      | Y       | Date          |       | X      | Y      | Date          |       | X      | Y      |
|--------------|-------|--------|---------|---------------|-------|--------|--------|---------------|-------|--------|--------|
| Mois         | j h   | "      | "       | Mois          | j h   | "      | "      | Mois          | j h   | "      | "      |
| <b>Déc.</b>  | 31 13 | -7.061 | 11.398  | <b>Avril</b>  | 3 21  | 7.516  | -8.972 | <b>Juill.</b> | 6 4   | -8.734 | 7.716  |
| <b>Janv.</b> | 2 15  | 7.027  | -11.293 |               | 5 23  | -7.572 | 8.576  |               | 8 6   | 8.711  | -7.588 |
|              | 4 17  | -7.051 | 10.902  |               | 8 1   | 7.562  | -8.454 |               | 10 7  | -8.767 | 8.201  |
|              | 6 19  | 7.018  | -10.788 |               | 10 2  | -7.624 | 8.980  |               | 12 9  | 8.750  | -8.075 |
|              | 8 20  | -7.041 | 11.257  |               | 12 4  | 7.617  | -8.862 |               | 14 11 | -8.801 | 7.662  |
|              | 10 22 | 7.012  | -11.148 |               | 14 6  | -7.675 | 8.476  |               | 16 13 | 8.782  | -7.546 |
|              | 13 0  | -7.039 | 10.761  |               | 16 8  | 7.670  | -8.347 |               | 18 14 | -8.831 | 8.151  |
|              | 15 2  | 7.009  | -10.638 |               | 18 9  | -7.726 | 8.884  |               | 20 16 | 8.814  | -8.033 |
|              | 17 3  | -7.035 | 11.123  |               | 20 11 | 7.727  | -8.766 |               | 22 18 | -8.858 | 7.618  |
|              | 19 5  | 7.011  | -10.998 |               | 22 13 | -7.782 | 8.373  |               | 24 19 | 8.838  | -8.532 |
|              | 21 7  | -7.037 | 10.619  |               | 24 15 | 7.781  | -8.255 |               | 26 21 | -8.881 | 8.101  |
|              | 23 9  | 7.017  | -10.501 |               | 26 16 | -7.834 | 8.789  |               | 28 23 | 8.866  | -8.006 |
|              | 25 10 | -7.038 | 10.975  |               | 28 18 | 7.839  | -8.677 |               | 31 1  | -8.898 | 7.560  |
|              | 27 12 | 7.023  | -10.857 |               | 30 20 | -7.891 | 8.279  | <b>Août</b>   | 2 2   | 8.882  | -8.507 |
|              | 29 14 | -7.050 | 10.478  | <b>Mai</b>    | 2 22  | 7.896  | -8.168 |               | 4 4   | -8.920 | 8.056  |
|              | 31 16 | 7.035  | -10.364 |               | 4 23  | -7.944 | 8.689  |               | 6 6   | 8.899  | -7.974 |
| <b>Févr.</b> | 2 18  | -7.056 | 9.968   |               | 7 1   | 7.952  | -8.607 |               | 8 7   | -8.928 | 8.545  |
|              | 4 19  | 7.048  | -10.724 |               | 9 3   | -8.005 | 8.179  |               | 10 9  | 8.911  | -8.483 |
|              | 6 21  | -7.073 | 10.330  |               | 11 5  | 8.010  | -8.086 |               | 12 11 | -8.940 | 8.007  |
|              | 8 23  | 7.067  | -10.235 |               | 13 6  | -8.058 | 8.607  |               | 14 13 | 8.915  | -7.944 |
|              | 11 1  | -7.089 | 9.820   |               | 15 8  | 8.066  | -8.532 |               | 16 14 | -8.947 | 8.504  |
|              | 13 2  | 7.083  | -10.597 |               | 17 10 | -8.119 | 8.082  |               | 18 16 | 8.918  | -8.455 |
|              | 15 4  | -7.112 | 10.186  |               | 19 12 | 8.124  | -8.020 |               | 20 18 | -8.946 | 7.965  |
|              | 17 6  | 7.109  | -10.104 |               | 21 14 | -8.174 | 7.561  |               | 22 19 | 8.913  | -8.948 |
|              | 19 8  | -7.134 | 9.679   |               | 23 15 | 8.176  | -8.459 |               | 24 21 | -8.947 | 8.471  |
|              | 21 10 | 7.131  | -9.601  |               | 25 17 | -8.235 | 8.006  |               | 26 23 | 8.910  | -8.416 |
|              | 23 11 | -7.163 | 10.041  |               | 27 19 | 8.234  | -7.943 |               | 29 1  | -8.937 | 7.922  |
|              | 25 13 | 7.160  | -9.981  |               | 29 21 | -8.287 | 7.476  |               | 31 2  | 8.898  | -8.918 |
|              | 27 15 | -7.194 | 9.541   |               | 31 22 | 8.286  | -8.393 | <b>Sept.</b>  | 2 4   | -8.932 | 8.437  |
| <b>Mars</b>  | 1 17  | 7.189  | -9.469  | <b>Juin</b>   | 3 0   | -8.347 | 7.929  |               | 4 6   | 8.884  | -8.367 |
|              | 3 18  | -7.226 | 9.916   |               | 5 2   | 8.340  | -7.867 |               | 6 7   | -8.914 | 8.940  |
|              | 5 20  | 7.222  | -9.851  |               | 7 4   | -8.400 | 7.407  |               | 8 9   | 8.867  | -8.869 |
|              | 7 22  | -7.263 | 9.407   |               | 9 5   | 8.389  | -8.321 |               | 10 11 | -8.897 | 8.401  |
|              | 10 0  | 7.257  | -9.348  |               | 11 7  | -8.456 | 7.866  |               | 12 13 | 8.842  | -8.325 |
|              | 12 1  | -7.300 | 9.791   |               | 13 9  | 8.444  | -7.791 |               | 14 14 | -8.876 | 8.905  |
|              | 14 3  | 7.292  | -9.720  |               | 15 10 | -8.504 | 8.332  |               | 16 16 | 8.820  | -8.815 |
|              | 16 5  | -7.343 | 9.295   |               | 17 12 | 8.491  | -8.251 |               | 18 18 | -8.847 | 8.378  |
|              | 18 7  | 7.334  | -9.214  |               | 19 14 | -8.560 | 7.809  |               | 20 19 | 8.791  | -9.310 |
|              | 20 9  | -7.382 | 8.786   |               | 21 16 | 8.539  | -7.720 |               | 22 21 | -8.819 | 8.869  |
|              | 22 10 | 7.374  | -9.601  |               | 23 17 | -8.603 | 8.286  |               | 24 23 | 8.763  | -8.770 |
|              | 24 12 | -7.430 | 9.179   |               | 25 19 | 8.586  | -8.181 |               | 27 0  | -8.784 | 9.370  |
|              | 26 14 | 7.419  | -9.088  |               | 27 21 | -8.651 | 7.764  |               | 29 2  | 8.729  | -9.256 |
|              | 28 16 | -7.476 | 8.684   |               | 29 23 | 8.630  | -7.651 | <b>Oct.</b>   | 1 4   | -8.750 | 8.836  |
|              | 30 18 | 7.462  | -8.571  | <b>Juill.</b> | 2 0   | -8.691 | 8.238  |               | 3 6   | 8.692  | -8.713 |
| <b>Avril</b> | 1 19  | -7.524 | 9.076   |               | 4 2   | 8.672  | -8.128 |               | 5 7   | -8.709 | 9.324  |

## UMBRIEL 2013

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date        |        | X      | Y           | Date        |        | X       | Y            | Date        |        | X      | Y      |
|-------------|--------|--------|-------------|-------------|--------|---------|--------------|-------------|--------|--------|--------|
| Mois        | j h    | "      | "           | Mois        | j h    | "       | "            | Mois        | j h    | "      | "      |
| <b>Oct.</b> | 7 9    | 8.658  | -9.206      | <b>Nov.</b> | 9 12   | 8.303   | -9.962       | <b>Déc.</b> | 12 16  | 7.975  | -9.506 |
|             | 9 11   | -8.666 | 8.781       |             | 11 14  | -8.303  | 9.479        |             | 14 17  | -7.991 | 10.026 |
|             | 11 12  | 8.615  | -9.692      |             | 13 16  | 8.256   | -9.415       |             | 16 19  | 7.945  | -9.918 |
|             | 13 14  | -8.625 | 9.266       |             | 15 17  | -8.257  | 9.925        |             | 18 21  | -7.965 | 9.487  |
|             | 15 16  | 8.575  | -9.152      |             | 17 19  | 8.212   | -9.865       |             | 20 23  | 7.918  | -9.372 |
|             | 17 17  | -8.577 | 9.740       |             | 19 21  | -8.215  | 9.376        |             | 23 0   | -7.937 | 9.901  |
|             | 19 19  | 8.533  | -9.635      |             | 21 23  | 8.165   | -9.322       |             | 25 2   | 7.894  | -9.783 |
|             | 21 21  | -8.532 | 9.197       |             | 24 0   | -8.173  | 9.817        |             | 27 4   | -7.916 | 9.366  |
|             | 23 23  | 8.487  | -9.095      |             | 26 2   | 8.125   | -9.755       |             | 29 6   | 7.875  | -9.236 |
|             | 26 0   | -8.487 | 9.658       |             | 28 4   | -8.134  | 9.282        |             | 31 7   | -7.892 | 9.775  |
| 28 2        | 8.443  | -9.579 | <b>Déc.</b> | 30 5        | 8.080  | -10.181 | <b>Janv.</b> | 2 9         | 7.858  | -9.647 |        |
| 30 4        | -8.439 | 9.115  |             | 2 7         | -8.096 | 9.710   |              | 4 11        | -7.877 | 9.230  |        |
| <b>Nov.</b> | 1 5    | 8.394  |             | -10.033     | 4 9    | 8.046   |              | -9.638      | 6 13   | 7.844  | -9.111 |
|             | 3 7    | -8.394 |             | 9.576       | 6 11   | -8.057  |              | 9.173       | 8 14   | -7.861 | 9.634  |
|             | 5 9    | 8.351  |             | -9.506      | 8 12   | 8.007   |              | -10.053     | 10 16  | 7.833  | -9.511 |
|             | 7 10   | -8.344 |             | 10.015      | 10 14  | -8.028  |              | 9.603       | 12 18  | -7.852 | 9.097  |

## TITANIA 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date              | X       | Y       | Date               | X       | Y       | Date              | X       | Y       |
|-------------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| Mois j h          | "       | "       | Mois j h           | "       | "       | Mois j h          | "       | "       |
| <b>Déc.</b> 29 6  | 11.556  | -17.942 | <b>Mai</b> 4 16    | -13.014 | 13.758  | <b>Sept.</b> 7 22 | 14.565  | -14.141 |
| <b>Janv.</b> 2 14 | -11.537 | 18.439  | 9 1                | 13.095  | -13.086 | 12 7              | -14.552 | 13.968  |
| 6 23              | 11.518  | -17.757 | 13 9               | -13.208 | 13.688  | 16 15             | 14.495  | -14.166 |
| 11 7              | -11.510 | 18.231  | 17 18              | 13.304  | -13.065 | 20 23             | -14.455 | 14.861  |
| 15 16             | 11.511  | -17.628 | 22 3               | -13.394 | 12.914  | 25 8              | 14.390  | -14.162 |
| 20 1              | -11.501 | 17.357  | 26 11              | 13.501  | -13.012 | 29 16             | -14.345 | 14.872  |
| 24 9              | 11.523  | -17.435 | 30 20              | -13.588 | 12.885  | <b>Oct.</b> 4 0   | 14.266  | -14.980 |
| 28 18             | -11.524 | 17.177  | 4 4                | 13.690  | -12.984 | 8 9               | -14.211 | 14.849  |
| <b>Févr.</b> 2 2  | 11.553  | -17.243 | 8 13               | -13.775 | 12.844  | 12 17             | 14.137  | -15.008 |
| 6 11              | -11.572 | 16.990  | 12 21              | 13.879  | -13.039 | 17 1              | -14.052 | 15.644  |
| 10 20             | 11.607  | -16.445 | 17 6               | -13.943 | 12.818  | 21 10             | 13.986  | -14.965 |
| 15 4              | -11.637 | 16.800  | 21 14              | 14.052  | -13.034 | 25 18             | -13.899 | 15.611  |
| 19 13             | 11.687  | -16.276 | 25 23              | -14.106 | 12.826  | 30 2              | 13.825  | -15.706 |
| 23 22             | -11.725 | 15.959  | 30 7               | 14.205  | -13.034 | <b>Nov.</b> 3 11  | -13.740 | 15.536  |
| 28 6              | 11.784  | -16.103 | <b>Juill.</b> 4 16 | -14.260 | 12.832  | 7 19              | 13.670  | -15.709 |
| <b>Mars</b> 4 15  | -11.843 | 15.834  | 9 0                | 14.336  | -13.113 | 12 4              | -13.573 | 15.442  |
| 9 0               | 11.893  | -15.284 | 13 9               | -14.387 | 12.830  | 16 12             | 13.516  | -15.618 |
| 13 8              | -11.970 | 15.677  | 17 17              | 14.454  | -13.139 | 20 20             | -13.420 | 16.128  |
| 17 17             | 12.031  | -15.152 | 22 2               | -14.490 | 12.860  | 25 5              | 13.366  | -15.505 |
| 22 2              | -12.113 | 14.847  | 26 10              | 14.544  | -13.152 | 29 13             | -13.286 | 16.012  |
| 26 10             | 12.182  | -15.011 | 30 19              | -14.581 | 12.934  | <b>Déc.</b> 3 22  | 13.225  | -15.443 |
| 30 19             | -12.278 | 14.788  | 4 3                | 14.597  | -13.203 | 8 6               | -13.158 | 15.860  |
| <b>Avril</b> 4 4  | 12.340  | -14.175 | 8 12               | -14.634 | 12.956  | 12 15             | 13.108  | -15.312 |
| 8 12              | -12.451 | 14.674  | 12 20              | 14.635  | -13.246 | 16 23             | -13.048 | 15.718  |
| 12 21             | 12.517  | -14.079 | 17 4               | -14.655 | 13.807  | 21 7              | 13.007  | -15.898 |
| 17 6              | -12.631 | 13.853  | 21 13              | 14.643  | -13.264 | 25 16             | -12.971 | 15.602  |
| 21 14             | 12.708  | -13.982 | 25 21              | -14.654 | 13.919  | 30 1              | 12.918  | -15.001 |
| 25 23             | -12.817 | 13.826  | 30 5               | 14.614  | -14.099 | <b>Janv.</b> 3 9  | -12.907 | 15.425  |
| 30 8              | 12.898  | -13.151 | <b>Sept.</b> 3 14  | -14.619 | 13.950  | 7 18              | 12.865  | -14.840 |

## OBÉRON 2013

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

| Date         |    |    | X       | Y       | Date          |    |    | X       | Y       | Date         |    |    | X       | Y       |
|--------------|----|----|---------|---------|---------------|----|----|---------|---------|--------------|----|----|---------|---------|
| Mois         | j  | h  | "       | "       | Mois          | j  | h  | "       | "       | Mois         | j  | h  | "       | "       |
| <b>Déc.</b>  | 28 | 4  | -15.343 | 24.654  | <b>Mai</b>    | 5  | 10 | 17.348  | -17.693 | <b>Sept.</b> | 10 | 8  | -19.323 | 18.705  |
| <b>Janv.</b> | 3  | 22 | 15.329  | -24.294 |               | 12 | 3  | -17.493 | 17.996  |              | 17 | 1  | 19.318  | -19.183 |
|              | 10 | 16 | -15.280 | 23.859  |               | 18 | 21 | 17.744  | -17.749 |              | 23 | 18 | -19.142 | 19.600  |
|              | 17 | 10 | 15.289  | -23.411 |               | 25 | 15 | -17.912 | 17.444  |              | 30 | 11 | 19.085  | -20.131 |
|              | 24 | 4  | -15.293 | 23.067  | <b>Juin</b>   | 1  | 9  | 18.141  | -17.223 | <b>Oct.</b>  | 7  | 5  | -18.887 | 19.820  |
|              | 30 | 22 | 15.332  | -22.594 |               | 8  | 3  | -18.307 | 16.953  |              | 13 | 22 | 18.785  | -20.277 |
| <b>Févr.</b> | 6  | 16 | -15.374 | 22.285  |               | 14 | 20 | 18.508  | -17.311 |              | 20 | 15 | -18.595 | 20.661  |
|              | 13 | 9  | 15.453  | -22.322 |               | 21 | 14 | -18.670 | 17.164  |              | 27 | 9  | 18.459  | -20.397 |
|              | 20 | 4  | -15.524 | 21.516  |               | 28 | 8  | 18.845  | -16.836 | <b>Nov.</b>  | 3  | 2  | -18.272 | 20.774  |
|              | 26 | 21 | 15.643  | -21.559 | <b>Juill.</b> | 5  | 1  | -18.976 | 17.407  |              | 9  | 19 | 18.122  | -21.047 |
| <b>Mars</b>  | 5  | 16 | -15.731 | 20.737  |               | 11 | 19 | 19.134  | -17.002 |              | 16 | 13 | -17.950 | 20.820  |
|              | 12 | 10 | 15.906  | -20.211 |               | 18 | 13 | -19.217 | 16.985  |              | 23 | 6  | 17.807  | -21.027 |
|              | 19 | 4  | -16.005 | 20.015  |               | 25 | 6  | 19.348  | -17.271 |              | 29 | 23 | -17.647 | 21.454  |
|              | 25 | 22 | 16.216  | -19.526 |               | 31 | 23 | -19.371 | 17.920  | <b>Déc.</b>  | 6  | 17 | 17.538  | -20.889 |
| <b>Avril</b> | 1  | 16 | -16.322 | 19.259  | <b>Août</b>   | 7  | 17 | 19.489  | -17.547 |              | 13 | 10 | -17.392 | 21.358  |
|              | 8  | 10 | 16.571  | -18.884 |               | 14 | 10 | -19.448 | 18.213  |              | 20 | 4  | 17.322  | -20.772 |
|              | 15 | 4  | -16.686 | 18.605  |               | 21 | 4  | 19.528  | -17.866 |              | 26 | 22 | -17.193 | 20.523  |
|              | 21 | 22 | 16.950  | -18.274 |               | 27 | 21 | -19.428 | 18.426  | <b>Janv.</b> | 2  | 15 | 17.183  | -20.611 |
|              | 28 | 16 | -17.083 | 17.927  | <b>Sept.</b>  | 3  | 14 | 19.473  | -18.891 |              | 9  | 9  | -17.075 | 20.350  |

# CALENDRIER

Notations :

D : Date, jour du mois.

JOUR : Jour de la semaine.

JJ : Jour Julien à 12h.

JDA : Jour de l'année.



## CALENDRIER 2013

| JANVIER |      |          |     | FÉVRIER |      |          |     | MARS |      |          |     |
|---------|------|----------|-----|---------|------|----------|-----|------|------|----------|-----|
| D       | JOUR | JJ à 12h | JDA | D       | JOUR | JJ à 12h | JDA | D    | JOUR | JJ à 12h | JDA |
| 0       |      |          | 0   | 0       |      |          | 31  | 0    |      |          | 59  |
| 1       | Mar  | 2456294  | 1   | 1       | Ven  | 2456325  | 32  | 1    | Ven  | 2456353  | 60  |
| 2       | Mer  | 6295     | 2   | 2       | Sam  | 6326     | 33  | 2    | Sam  | 6354     | 61  |
| 3       | Jeu  | 6296     | 3   | 3       | Dim  | 6327     | 34  | 3    | Dim  | 6355     | 62  |
| 4       | Ven  | 6297     | 4   | 4       | Lun  | 6328     | 35  | 4    | Lun  | 6356     | 63  |
| 5       | Sam  | 6298     | 5   | 5       | Mar  | 6329     | 36  | 5    | Mar  | 6357     | 64  |
| 6       | Dim  | 6299     | 6   | 6       | Mer  | 6330     | 37  | 6    | Mer  | 6358     | 65  |
| 7       | Lun  | 6300     | 7   | 7       | Jeu  | 6331     | 38  | 7    | Jeu  | 6359     | 66  |
| 8       | Mar  | 6301     | 8   | 8       | Ven  | 6332     | 39  | 8    | Ven  | 6360     | 67  |
| 9       | Mer  | 6302     | 9   | 9       | Sam  | 6333     | 40  | 9    | Sam  | 6361     | 68  |
| 10      | Jeu  | 6303     | 10  | 10      | Dim  | 6334     | 41  | 10   | Dim  | 6362     | 69  |
| 11      | Ven  | 6304     | 11  | 11      | Lun  | 6335     | 42  | 11   | Lun  | 6363     | 70  |
| 12      | Sam  | 6305     | 12  | 12      | Mar  | 6336     | 43  | 12   | Mar  | 6364     | 71  |
| 13      | Dim  | 6306     | 13  | 13      | Mer  | 6337     | 44  | 13   | Mer  | 6365     | 72  |
| 14      | Lun  | 6307     | 14  | 14      | Jeu  | 6338     | 45  | 14   | Jeu  | 6366     | 73  |
| 15      | Mar  | 6308     | 15  | 15      | Ven  | 6339     | 46  | 15   | Ven  | 6367     | 74  |
| 16      | Mer  | 6309     | 16  | 16      | Sam  | 6340     | 47  | 16   | Sam  | 6368     | 75  |
| 17      | Jeu  | 6310     | 17  | 17      | Dim  | 6341     | 48  | 17   | Dim  | 6369     | 76  |
| 18      | Ven  | 6311     | 18  | 18      | Lun  | 6342     | 49  | 18   | Lun  | 6370     | 77  |
| 19      | Sam  | 6312     | 19  | 19      | Mar  | 6343     | 50  | 19   | Mar  | 6371     | 78  |
| 20      | Dim  | 6313     | 20  | 20      | Mer  | 6344     | 51  | 20   | Mer  | 6372     | 79  |
| 21      | Lun  | 6314     | 21  | 21      | Jeu  | 6345     | 52  | 21   | Jeu  | 6373     | 80  |
| 22      | Mar  | 6315     | 22  | 22      | Ven  | 6346     | 53  | 22   | Ven  | 6374     | 81  |
| 23      | Mer  | 6316     | 23  | 23      | Sam  | 6347     | 54  | 23   | Sam  | 6375     | 82  |
| 24      | Jeu  | 6317     | 24  | 24      | Dim  | 6348     | 55  | 24   | Dim  | 6376     | 83  |
| 25      | Ven  | 6318     | 25  | 25      | Lun  | 6349     | 56  | 25   | Lun  | 6377     | 84  |
| 26      | Sam  | 6319     | 26  | 26      | Mar  | 6350     | 57  | 26   | Mar  | 6378     | 85  |
| 27      | Dim  | 6320     | 27  | 27      | Mer  | 6351     | 58  | 27   | Mer  | 6379     | 86  |
| 28      | Lun  | 6321     | 28  | 28      | Jeu  | 6352     | 59  | 28   | Jeu  | 6380     | 87  |
| 29      | Mar  | 6322     | 29  |         |      |          |     | 29   | Ven  | 6381     | 88  |
| 30      | Mer  | 6323     | 30  |         |      |          |     | 30   | Sam  | 6382     | 89  |
| 31      | Jeu  | 6324     | 31  |         |      |          |     | 31   | Dim  | 6383     | 90  |

| AVRIL |      |          |     | MAI |      |          |     | JUIN |      |          |     |
|-------|------|----------|-----|-----|------|----------|-----|------|------|----------|-----|
| D     | JOUR | JJ à 12h | JDA | D   | JOUR | JJ à 12h | JDA | D    | JOUR | JJ à 12h | JDA |
| 0     |      |          | 90  | 0   |      |          | 120 | 0    |      |          | 151 |
| 1     | Lun  | 2456384  | 91  | 1   | Mer  | 2456414  | 121 | 1    | Sam  | 2456445  | 152 |
| 2     | Mar  | 6385     | 92  | 2   | Jeu  | 6415     | 122 | 2    | Dim  | 6446     | 153 |
| 3     | Mer  | 6386     | 93  | 3   | Ven  | 6416     | 123 | 3    | Lun  | 6447     | 154 |
| 4     | Jeu  | 6387     | 94  | 4   | Sam  | 6417     | 124 | 4    | Mar  | 6448     | 155 |
| 5     | Ven  | 6388     | 95  | 5   | Dim  | 6418     | 125 | 5    | Mer  | 6449     | 156 |
| 6     | Sam  | 6389     | 96  | 6   | Lun  | 6419     | 126 | 6    | Jeu  | 6450     | 157 |
| 7     | Dim  | 6390     | 97  | 7   | Mar  | 6420     | 127 | 7    | Ven  | 6451     | 158 |
| 8     | Lun  | 6391     | 98  | 8   | Mer  | 6421     | 128 | 8    | Sam  | 6452     | 159 |
| 9     | Mar  | 6392     | 99  | 9   | Jeu  | 6422     | 129 | 9    | Dim  | 6453     | 160 |
| 10    | Mer  | 6393     | 100 | 10  | Ven  | 6423     | 130 | 10   | Lun  | 6454     | 161 |
| 11    | Jeu  | 6394     | 101 | 11  | Sam  | 6424     | 131 | 11   | Mar  | 6455     | 162 |
| 12    | Ven  | 6395     | 102 | 12  | Dim  | 6425     | 132 | 12   | Mer  | 6456     | 163 |
| 13    | Sam  | 6396     | 103 | 13  | Lun  | 6426     | 133 | 13   | Jeu  | 6457     | 164 |
| 14    | Dim  | 6397     | 104 | 14  | Mar  | 6427     | 134 | 14   | Ven  | 6458     | 165 |
| 15    | Lun  | 6398     | 105 | 15  | Mer  | 6428     | 135 | 15   | Sam  | 6459     | 166 |
| 16    | Mar  | 6399     | 106 | 16  | Jeu  | 6429     | 136 | 16   | Dim  | 6460     | 167 |
| 17    | Mer  | 6400     | 107 | 17  | Ven  | 6430     | 137 | 17   | Lun  | 6461     | 168 |
| 18    | Jeu  | 6401     | 108 | 18  | Sam  | 6431     | 138 | 18   | Mar  | 6462     | 169 |
| 19    | Ven  | 6402     | 109 | 19  | Dim  | 6432     | 139 | 19   | Mer  | 6463     | 170 |
| 20    | Sam  | 6403     | 110 | 20  | Lun  | 6433     | 140 | 20   | Jeu  | 6464     | 171 |
| 21    | Dim  | 6404     | 111 | 21  | Mar  | 6434     | 141 | 21   | Ven  | 6465     | 172 |
| 22    | Lun  | 6405     | 112 | 22  | Mer  | 6435     | 142 | 22   | Sam  | 6466     | 173 |
| 23    | Mar  | 6406     | 113 | 23  | Jeu  | 6436     | 143 | 23   | Dim  | 6467     | 174 |
| 24    | Mer  | 6407     | 114 | 24  | Ven  | 6437     | 144 | 24   | Lun  | 6468     | 175 |
| 25    | Jeu  | 6408     | 115 | 25  | Sam  | 6438     | 145 | 25   | Mar  | 6469     | 176 |
| 26    | Ven  | 6409     | 116 | 26  | Dim  | 6439     | 146 | 26   | Mer  | 6470     | 177 |
| 27    | Sam  | 6410     | 117 | 27  | Lun  | 6440     | 147 | 27   | Jeu  | 6471     | 178 |
| 28    | Dim  | 6411     | 118 | 28  | Mar  | 6441     | 148 | 28   | Ven  | 6472     | 179 |
| 29    | Lun  | 6412     | 119 | 29  | Mer  | 6442     | 149 | 29   | Sam  | 6473     | 180 |
| 30    | Mar  | 6413     | 120 | 30  | Jeu  | 6443     | 150 | 30   | Dim  | 6474     | 181 |
|       |      |          |     | 31  | Ven  | 6444     | 151 |      |      |          |     |

## CALENDRIER 2013

| JUILLET |      |          |     | AOÛT |      |          |     | SEPTEMBRE |      |          |     |
|---------|------|----------|-----|------|------|----------|-----|-----------|------|----------|-----|
| D       | JOUR | JJ à 12h | JDA | D    | JOUR | JJ à 12h | JDA | D         | JOUR | JJ à 12h | JDA |
| 0       |      |          | 181 | 0    |      |          | 212 | 0         |      |          | 243 |
| 1       | Lun  | 2456475  | 182 | 1    | Jeu  | 2456506  | 213 | 1         | Dim  | 2456537  | 244 |
| 2       | Mar  | 6476     | 183 | 2    | Ven  | 6507     | 214 | 2         | Lun  | 6538     | 245 |
| 3       | Mer  | 6477     | 184 | 3    | Sam  | 6508     | 215 | 3         | Mar  | 6539     | 246 |
| 4       | Jeu  | 6478     | 185 | 4    | Dim  | 6509     | 216 | 4         | Mer  | 6540     | 247 |
| 5       | Ven  | 6479     | 186 | 5    | Lun  | 6510     | 217 | 5         | Jeu  | 6541     | 248 |
| 6       | Sam  | 6480     | 187 | 6    | Mar  | 6511     | 218 | 6         | Ven  | 6542     | 249 |
| 7       | Dim  | 6481     | 188 | 7    | Mer  | 6512     | 219 | 7         | Sam  | 6543     | 250 |
| 8       | Lun  | 6482     | 189 | 8    | Jeu  | 6513     | 220 | 8         | Dim  | 6544     | 251 |
| 9       | Mar  | 6483     | 190 | 9    | Ven  | 6514     | 221 | 9         | Lun  | 6545     | 252 |
| 10      | Mer  | 6484     | 191 | 10   | Sam  | 6515     | 222 | 10        | Mar  | 6546     | 253 |
| 11      | Jeu  | 6485     | 192 | 11   | Dim  | 6516     | 223 | 11        | Mer  | 6547     | 254 |
| 12      | Ven  | 6486     | 193 | 12   | Lun  | 6517     | 224 | 12        | Jeu  | 6548     | 255 |
| 13      | Sam  | 6487     | 194 | 13   | Mar  | 6518     | 225 | 13        | Ven  | 6549     | 256 |
| 14      | Dim  | 6488     | 195 | 14   | Mer  | 6519     | 226 | 14        | Sam  | 6550     | 257 |
| 15      | Lun  | 6489     | 196 | 15   | Jeu  | 6520     | 227 | 15        | Dim  | 6551     | 258 |
| 16      | Mar  | 6490     | 197 | 16   | Ven  | 6521     | 228 | 16        | Lun  | 6552     | 259 |
| 17      | Mer  | 6491     | 198 | 17   | Sam  | 6522     | 229 | 17        | Mar  | 6553     | 260 |
| 18      | Jeu  | 6492     | 199 | 18   | Dim  | 6523     | 230 | 18        | Mer  | 6554     | 261 |
| 19      | Ven  | 6493     | 200 | 19   | Lun  | 6524     | 231 | 19        | Jeu  | 6555     | 262 |
| 20      | Sam  | 6494     | 201 | 20   | Mar  | 6525     | 232 | 20        | Ven  | 6556     | 263 |
| 21      | Dim  | 6495     | 202 | 21   | Mer  | 6526     | 233 | 21        | Sam  | 6557     | 264 |
| 22      | Lun  | 6496     | 203 | 22   | Jeu  | 6527     | 234 | 22        | Dim  | 6558     | 265 |
| 23      | Mar  | 6497     | 204 | 23   | Ven  | 6528     | 235 | 23        | Lun  | 6559     | 266 |
| 24      | Mer  | 6498     | 205 | 24   | Sam  | 6529     | 236 | 24        | Mar  | 6560     | 267 |
| 25      | Jeu  | 6499     | 206 | 25   | Dim  | 6530     | 237 | 25        | Mer  | 6561     | 268 |
| 26      | Ven  | 6500     | 207 | 26   | Lun  | 6531     | 238 | 26        | Jeu  | 6562     | 269 |
| 27      | Sam  | 6501     | 208 | 27   | Mar  | 6532     | 239 | 27        | Ven  | 6563     | 270 |
| 28      | Dim  | 6502     | 209 | 28   | Mer  | 6533     | 240 | 28        | Sam  | 6564     | 271 |
| 29      | Lun  | 6503     | 210 | 29   | Jeu  | 6534     | 241 | 29        | Dim  | 6565     | 272 |
| 30      | Mar  | 6504     | 211 | 30   | Ven  | 6535     | 242 | 30        | Lun  | 6566     | 273 |
| 31      | Mer  | 6505     | 212 | 31   | Sam  | 6536     | 243 |           |      |          |     |

| OCTOBRE |      |          |     | NOVEMBRE |      |          |     | DÉCEMBRE |      |          |     |
|---------|------|----------|-----|----------|------|----------|-----|----------|------|----------|-----|
| D       | JOUR | JJ à 12h | JDA | D        | JOUR | JJ à 12h | JDA | D        | JOUR | JJ à 12h | JDA |
| 0       |      |          | 273 | 0        |      |          | 304 | 0        |      |          | 334 |
| 1       | Mar  | 2456567  | 274 | 1        | Ven  | 2456598  | 305 | 1        | Dim  | 2456628  | 335 |
| 2       | Mer  | 6568     | 275 | 2        | Sam  | 6599     | 306 | 2        | Lun  | 6629     | 336 |
| 3       | Jeu  | 6569     | 276 | 3        | Dim  | 6600     | 307 | 3        | Mar  | 6630     | 337 |
| 4       | Ven  | 6570     | 277 | 4        | Lun  | 6601     | 308 | 4        | Mer  | 6631     | 338 |
| 5       | Sam  | 6571     | 278 | 5        | Mar  | 6602     | 309 | 5        | Jeu  | 6632     | 339 |
| 6       | Dim  | 6572     | 279 | 6        | Mer  | 6603     | 310 | 6        | Ven  | 6633     | 340 |
| 7       | Lun  | 6573     | 280 | 7        | Jeu  | 6604     | 311 | 7        | Sam  | 6634     | 341 |
| 8       | Mar  | 6574     | 281 | 8        | Ven  | 6605     | 312 | 8        | Dim  | 6635     | 342 |
| 9       | Mer  | 6575     | 282 | 9        | Sam  | 6606     | 313 | 9        | Lun  | 6636     | 343 |
| 10      | Jeu  | 6576     | 283 | 10       | Dim  | 6607     | 314 | 10       | Mar  | 6637     | 344 |
| 11      | Ven  | 6577     | 284 | 11       | Lun  | 6608     | 315 | 11       | Mer  | 6638     | 345 |
| 12      | Sam  | 6578     | 285 | 12       | Mar  | 6609     | 316 | 12       | Jeu  | 6639     | 346 |
| 13      | Dim  | 6579     | 286 | 13       | Mer  | 6610     | 317 | 13       | Ven  | 6640     | 347 |
| 14      | Lun  | 6580     | 287 | 14       | Jeu  | 6611     | 318 | 14       | Sam  | 6641     | 348 |
| 15      | Mar  | 6581     | 288 | 15       | Ven  | 6612     | 319 | 15       | Dim  | 6642     | 349 |
| 16      | Mer  | 6582     | 289 | 16       | Sam  | 6613     | 320 | 16       | Lun  | 6643     | 350 |
| 17      | Jeu  | 6583     | 290 | 17       | Dim  | 6614     | 321 | 17       | Mar  | 6644     | 351 |
| 18      | Ven  | 6584     | 291 | 18       | Lun  | 6615     | 322 | 18       | Mer  | 6645     | 352 |
| 19      | Sam  | 6585     | 292 | 19       | Mar  | 6616     | 323 | 19       | Jeu  | 6646     | 353 |
| 20      | Dim  | 6586     | 293 | 20       | Mer  | 6617     | 324 | 20       | Ven  | 6647     | 354 |
| 21      | Lun  | 6587     | 294 | 21       | Jeu  | 6618     | 325 | 21       | Sam  | 6648     | 355 |
| 22      | Mar  | 6588     | 295 | 22       | Ven  | 6619     | 326 | 22       | Dim  | 6649     | 356 |
| 23      | Mer  | 6589     | 296 | 23       | Sam  | 6620     | 327 | 23       | Lun  | 6650     | 357 |
| 24      | Jeu  | 6590     | 297 | 24       | Dim  | 6621     | 328 | 24       | Mar  | 6651     | 358 |
| 25      | Ven  | 6591     | 298 | 25       | Lun  | 6622     | 329 | 25       | Mer  | 6652     | 359 |
| 26      | Sam  | 6592     | 299 | 26       | Mar  | 6623     | 330 | 26       | Jeu  | 6653     | 360 |
| 27      | Dim  | 6593     | 300 | 27       | Mer  | 6624     | 331 | 27       | Ven  | 6654     | 361 |
| 28      | Lun  | 6594     | 301 | 28       | Jeu  | 6625     | 332 | 28       | Sam  | 6655     | 362 |
| 29      | Mar  | 6595     | 302 | 29       | Ven  | 6626     | 333 | 29       | Dim  | 6656     | 363 |
| 30      | Mer  | 6596     | 303 | 30       | Sam  | 6627     | 334 | 30       | Lun  | 6657     | 364 |
| 31      | Jeu  | 6597     | 304 |          |      |          |     | 31       | Mar  | 6658     | 365 |



# INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

OBSERVATOIRE DE PARIS

77, AVENUE DENFERT-ROCHEREAU, 75014 PARIS

Secrétariat : 01-40-51-21-28

Renseignements : 01-40-51-22-70

---

*Directeur :* Daniel HESTROFFER

*Directeur adjoint :* Valéry LAINEY

## CORPS DES ASTRONOMES ET DES ASTRONOMES ADJOINTS

*Astronomes :* Jean-Eudes ARLOT,  
Daniel HESTROFFER,  
Patrick ROCHER,  
William THUILLOT.

*Astronomes adjoints :* Florent DELEFLIE,  
Pascal DESCAMPS,  
Valéry LAINEY,  
Jérémie VAUBAILLON.

## CORPS DES CHERCHEURS DU CNRS

*Directeurs de recherche :* Jacques LASKAR.

*Chargés de recherche :* Alain ALBOUY,  
François COLAS,  
Philippe ROBUTEL,  
David SAUZIN.

## CORPS DES ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DES UNIVERSITÉS

*Professeurs :* Alain CHENCINER,  
Jacques FEJOZ,  
Alain VIENNE.

*Maîtres de conférences :* Marc FOUCHARD,  
Laurent NIEDERMAN,  
Nicolas RAMBAUX,  
Stéfan RENNER.

**CORPS DES INGÉNIEURS ET TECHNICIENS DU CNRS**

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <i>Ingénieurs de recherche :</i> | Jérôme BERTHIER,<br>Pédro DAVID,<br>Mickaël GASTINEAU,<br>Frédéric VACHIER.           |
| <i>Ingénieurs d'études :</i>     | Mirel BIRLAN,<br>Alrick DIAS,<br>Hervé MANCHE,<br>Christian RUATTI,<br>Mokhtar SADJI. |
| <i>Assistants ingénieurs :</i>   | Rachida AMHIDEZ,<br>Stéphane VAILLANT.  |

**CORPS DES INGÉNIEURS ET TECHNICIENS  
DE RECHERCHE ET DE FORMATION**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <i>Assistants ingénieurs :</i> | Sylvie LEMAÎTRE-POTTIER.  |
| <i>Techniciens :</i>           | Camille BARON,<br>Philippe DUHAMEL,<br>Yohann GOMINET,<br>Agnès PATU,<br>Cécile VENEAU. |

**ÉTUDIANTS pour l'année 2012**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <i>Thésitifs :</i> | Farida BAIDOLDA,<br>Thierry COMBOT,<br>Yann DUCHEMIN,<br>Maryame EL MOUTAMID,<br>Shan-Na LI,<br>Lucie MAQUET,<br>Marcel POPESCU,<br>Françoise REMUS,<br>Radwan TAJEDDINE,<br>Xu XINGBO,<br>Lei ZHAO. |
|--------------------|--|

# BUREAU DES LONGITUDES

23, QUAI DE CONTI, 75006 PARIS

---

## Bureau pour l'année 2012

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| <i>Président :</i>      | Pierre BAÜER     |
| <i>Vice-Président :</i> | François BARLIER |
| <i>Secrétaire :</i>     | Pascal WILLIS    |

## MEMBRES TITULAIRES

Jean KOVALEVSKY, membre de l'Académie des sciences, observatoire de la Côte d'Azur.

Roger CAYREL, astronome, observatoire de Paris.

Nicole CAPITAINE, astronome, observatoire de Paris.

Jean-Louis LE MOUËL(\*), membre de l'Académie des sciences, institut de physique du globe de Paris.

Suzanne DÉBARBAT, astronome titulaire honoraire, observatoire de Paris.

Jean-Paul POIRIER(\*), membre de l'Académie des sciences, institut de physique du globe de Paris.

François BARLIER, astronome honoraire, observatoire de la Côte d'Azur.

André LEBEAU, professeur, ancien président du CNES.

Pierre BAÜER, directeur de recherche au CNRS, centre national de recherches météorologiques.

Noël DIMARCO, directeur de recherche au CNRS, directeur du SYRTE.

Jacques LASKAR, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

Claude BOUCHER, ingénieur des Ponts, Eaux et Forêts.

## MEMBRES TITULAIRES HONORAIRES

Jean-François DENISSE, membre de l'Académie des sciences, ancien président du CNES.

Bernard GUINOT, astronome honoraire, observatoire de Paris.

## MEMBRES EN SERVICE EXTRAORDINAIRE

Bruno FRACHON, directeur général du Service hydrographique et océanographique de la Marine.

Jean-Philippe LAGRANGE, directeur technique adjoint de l'Institut géographique national.

Pascale DELÉCLUSE, directrice adjointe de la recherche à Météo France.

---

(\*) Au titre de l'Académie des sciences.

Daniel HESTROFFER (<sup>°</sup>), astronome, directeur de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

Richard BONNEVILLE, directeur adjoint au CNES.

### MEMBRES CORRESPONDANTS

Marcel GOLAY, professeur, ancien directeur de l'observatoire de Genève.

Pierre MERLIN, professeur, université de Paris I, président de l'institut d'urbanisme et d'aménagement de la Sorbonne.

Michel LEFEBVRE, ingénieur honoraire CNES, Groupe de recherches de géodésie spatiale, observatoire Midi-Pyrénées.

Jean CHAPRONT, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

Jean-Claude DUPLESSY, directeur de recherche au CNRS, laboratoire des sciences du climat et de l'environnement.

Jean-Eudes ARLOT, directeur de recherche au CNRS, IMCCE.

François MIGNARD, directeur de recherche au CNRS, observatoire de la Côte d'Azur.

Victor BRUMBERG, professeur, Institut d'astronomie appliquée, Saint-Pétersbourg.

Jean-Louis SIMON, astronome, Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

Georges BALMINO, ingénieur émérite CNES, ancien directeur exécutif du GRGS, observatoire Midi-Pyrénées.

Michel CRÉPON, directeur de recherche au CNRS, institut Pierre Simon Laplace.

Pascal WILLIS, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, IPGP.

Sylvio FERRAZ-MELLO, professeur, université de São Paulo.

Elisa Felicitas ARIAS, physicien chercheur principal, Bureau international des poids et mesures.

Catherine TURON, astronome, observatoire de Paris.

Christophe SOTIN, professeur, université de Nantes.

José ACHACHE, professeur, directeur du secrétariat du "Group on Earth observation".

Catherine DE BERGH, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

Yves DESNOËS, ingénieur général de l'Armement, ancien directeur général du Service hydrographique et océanographique de la Marine.

Frédérique RÉMY, directeur de recherche au CNRS, observatoire Midi-Pyrénées.

Chantal BALKOWSKI, astronome, observatoire de Paris.

Anny CAZENAVE, directrice-adjointe du LEGOS, observatoire Midi-Pyrénées.

Véronique DEHANT, chef de section, observatoire royal de Belgique.

Annie SOURIAU, sismologue émérite l'observatoire Midi-Pyrénées.

Michel DIAMENT, institut de physique du globe de Paris.

Alessandro MORBIDELLI, astronome à l'observatoire de la Côte d'Azur.

Jean-Claude HUSSON, membre de l'Académie de l'air et de l'espace, ancien président directeur d'Alcatel-Espace.

Patrick CHARLOT, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Bordeaux .

Terry QUINN, directeur émérite du BIPM.

---

(<sup>°</sup>) Au titre de l'Observatoire de Paris

## MEMBRES CORRESPONDANTS HONORAIRES

Jean-Claude PECKER, membre de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France.  
Raymond MICHARD, astronome titulaire honoraire, ancien président de l'observatoire de Paris.  
Gilbert AMAT, professeur honoraire, université de Paris VI.

**Secrétaire administratif :** Michel TELLIER



# ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

2 0 1 3

Cet ouvrage d'éphémérides destiné aux astronomes, aux professeurs et aux étudiants est divisé en deux parties.

La première partie donne l'état actuel des connaissances sur les constantes astronomiques fondamentales, les échelles de temps, les systèmes de référence, la rotation de la Terre, les changements de coordonnées. On y trouve aussi les explications nécessaires au calcul des éphémérides à partir des tables numériques fournies dans la deuxième partie et à l'usage du logiciel accompagnant l'ouvrage.

La deuxième partie donne pour l'année en cours, sous forme d'éphémérides tabulées, le Temps sidéral, les nutations en longitude et en obliquité, les variables se référant aux nouveaux concepts définis par l'UAI (angle de rotation de la Terre, équation des origines, coordonnées du pôle céleste intermédiaire, angle  $s$ ) et les coordonnées du Soleil, de la Lune et des planètes. Elle donne aussi les coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des élongations des satellites de Mars, des satellites galiléens de Jupiter, des huit premiers satellites de Saturne et des cinq principaux satellites d'Uranus.

À partir de 2008, les éphémérides utilisées pour le calcul des positions des satellites des planètes Mars, Jupiter et Uranus sont désormais calculées à partir d'une nouvelle approche entièrement numérique basée sur le logiciel NOE (Numerical Orbit and Ephemerides) développé à l'IMCCE. Ce nouveau modèle dynamique et les éphémérides associées font l'objet du chapitre 7.

Des éphémérides électroniques accompagnent l'ouvrage et constituent maintenant les éphémérides de précision proprement dites. Elles permettent de calculer, d'une manière interactive, non seulement toutes les variables tabulées dans la *Connaissance des Temps* mais aussi les coordonnées horizontales et les levers et couchers des astres. Elles sont donc bien adaptées à la préparation d'observations.

La *Connaissance des Temps* a été créée en 1679 par Joachim Dalancé. Cette édition, publiée sous la responsabilité du Bureau des longitudes depuis 1795, est la 335<sup>e</sup> d'une éphéméride qui a paru sans interruption depuis sa création.



38 euros

978-2-7598-0816-8

[www.edpsciences.org](http://www.edpsciences.org)

 **EDP**  
SCIENCES