


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

# ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

CONNAISSANCE  
DES TEMPS

2 0 0 8

  
EDP  
SCIENCES

**BUREAU DES LONGITUDES**

**INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE  
ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES**

**OBSERVATOIRE DE PARIS**

**ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES 2008**

**CONNAISSANCE DES TEMPS**

## AUTRES PUBLICATIONS DU MÊME AUTEUR

### Publications éditées par EDP Sciences

*Annuaire du Bureau des longitudes. Guide de données astronomiques 2008.*

*Agenda astronomique pour 2008.*

*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 2008.*

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

*Suppléments à la Connaissance des Temps.*

Éphémérides des satellites faibles de Jupiter (VI, VII, VIII, IX) et de Saturne (IX) pour 2008.

Phénomènes et configurations des satellites galiléens de Jupiter pour 2008.

Configurations des huit premiers satellites de Saturne pour 2008.

*Le Calendrier Républicain* (réédition en 1994).

*Notes scientifiques et techniques de l'Institut de Mécanique Céleste.*

*Encyclopédie scientifique de l'Univers.*

La physique (1981).

La Terre, les eaux, l'atmosphère (réédition en 1984), épuisé.

Les étoiles, le système solaire (réédition en 1986).

La galaxie, l'univers extragalactique (réédition en 1988).

### Publications éditées par l'Observatoire de Paris

*Promenade dans le système solaire* (CDROM).

*Les rendez-vous de Vénus* (CDROM).

Rassemblement de 12000 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* (CDROM).

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. Il s'agit alors comme l'indique son auteur dans la dédicace AU ROY, de publier cet ouvrage « après l'avoir épuré de toutes les choses ridicules dont ces sortes d'Ouvrages ont été remplis jusqu'à présent ». Il s'agit donc bien, et de décennie en décennie cela se confirmera, d'une éphéméride 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*, titre de ses débuts, éphéméride à parution annuelle, s'est trouvée placée sous des responsabilités diverses, puis pour une longue période sous l'autorité de l'Académie Royale des Sciences. Cette dernière désignait celui de ses membres qui devrait surveiller et réaliser la mise en œuvre. Quand, en 1795, le Bureau des longitudes est créé, la réalisation de la *Connaissance des Temps* lui est attribuée. L'éphéméride, qui a déjà été modifiée à plusieurs reprises, poursuit son évolution au XIX<sup>e</sup> siècle. Il en sera de même au XX<sup>e</sup> siècle où, par exemple, en 1979, sont introduits les développements en polynômes de Tchebychev.

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. 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 des recherches sur lesquelles se fondent les calculs nécessaires à la formation des éphémérides qu'elle contient et en assure la parution sous la responsabilité scientifique du Bureau des longitudes.

L'IMCCE a entrepris une rénovation de la *Connaissance des Temps*, décrite dans les pages qui suivent, qui prend en compte les nouvelles résolutions de l'UAI, propose une forme tabulée et présente l'ouvrage accompagné d'éphémérides sur support électronique. Par ailleurs, depuis 2004, des chapitres descriptifs ont été insérés, fournissant aux utilisateurs des indications précieuses sur les éphémérides et des thèmes connexes. En ce sens a été largement développée l'idée présentée dans la dédicace du volume pour l'an 1680 qui indiquait « on l'a augmenté de plusieurs Traitez curieux qu'on a cru utiles au public. On y en adjoustera tous les ans de nouveaux ». La nouveauté n'est peut-être pas aussi facile à « adjouster » tous les ans aussi bien à notre époque que du temps de la création de l'éphéméride. Gageons que les auteurs des différents chapitres porteront à la connaissance du public toutes les informations nouvelles provenant des travaux et des recherches qu'ils ont menés.

La *Connaissance des Temps* de notre époque, héritière d'une longue tradition au service des astronomes, des navigateurs, s'adresse à tous ceux qui ont besoin de la meilleure précision disponible en fonction des théories sur lesquelles elle se fonde.

F. Barlier  
*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 l'utilisation des éphémérides.

La première partie de cet ouvrage comprend sept 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 est nouveau et 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 la présente édition, avec l'introduction des nouvelles éphémérides de satellites de Mars de Jupiter et d'Uranus, et après celle des nouvelles éphémérides planétaires en 2007, représente une nouvelle 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. L'ensemble des nouvelles introductions faites dans ce volume est résumé dans la section Nouveautés de l'édition 2008.

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.

– Des éphémérides électroniques accompagnent l'ouvrage. Les tabulations permettent 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 330<sup>e</sup> d'une éphéméride qui a paru sans interruption depuis sa création.

L'IMCCE publie aussi d'autres éphémérides : le *Guide de données astronomiques - Annuaire du Bureau des longitudes*, 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.

W. Thuillot

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

A. Fienga, M. Birlan

*Responsables de la publication*

*Comité de rédaction*

A. Fienga (IMCCE/observatoire de Paris), M. Birlan (IMCCE/observatoire de Paris),  
D. Gambis (SYRTE/observatoire de Paris), J.-L. Simon (IMCCE/observatoire de Paris),  
W. Thuillot (IMCCE/observatoire de Paris).

*Réalisation du CDROM* : Le logiciel fourni sur le CDROM a été développé par J. Normand.

*Collaboration technique* : S. Lemaître-Pottier, J. Normand, V. Raoult, Ch. Ruatti.

*Remerciements.* Nous remercions vivement 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.

## NOUVEAUTÉS DE L'ÉDITION 2008

### Nouveaux modèles orbitaux des satellites naturels

Dans l'édition 2008 de la *Connaissance des temps*, 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 complètement numérique, basée sur le modèle numérique NOE (Numerical Orbit and Ephemerides) développé à l'IMCCE. NOE intègre les équations du mouvement et effectue un ajustement aux observations de chaque système de satellites des planètes. La présentation de ce nouveau modèle dynamique et des éphémérides associées fait l'objet du chapitre 7.

Le logiciel *eCDT*, accompagnant cet ouvrage, a également évolué en ce qui concerne le calcul des positions des satellites. L'édition 2008 du logiciel présente les éphémérides des satellites à partir des coefficients de Tchebychev. Cette nouvelle approche permet une approximation des éphémérides très proche de celle présentée dans le chapitre 8.



## 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	Comité consultatif pour la définition de la seconde
CEO	Celestial Ephemeris Origin
CEP	Celestial Ephemeris Pole
CERGA	Centre d'études et de recherches géodynamiques 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.

## ERRATA

### Connaissances des Temps 2006 et 2007

– page II. 4 à II. 7, unité des mutations en longitude et en obliquité,  
*au lieu de* s (seconde de temps), *lire* ' (seconde de degré)

# 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 et de satellites, phénomènes ;
- données sur les objets du système solaire ;
- éléments orbitaux de comètes ;
- données sur les éclipses de Soleil ;
- 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
Nouveautés de l'édition 2008 . . . . .	I. vii
Liste des acronymes . . . . .	I. viii
Notations . . . . .	I. x
Errata . . . . .	I. x
Les serveurs de l'IMCCE . . . . .	I. xi
Table des matières . . . . .	I. xiii

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

### **1. Définitions et données astronomiques . . . . . I. 3**

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. 30
1.6. Bibliographie. . . . .	I. 33

### **2. Échelles de temps . . . . . I. 39**

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. 45
2.6. Le temps des éphémérides (TE ou ET, Ephemeris Time) . . . . .	I. 48
2.7. Les échelles de temps relativistes . . . . .	I. 49
2.8. Bibliographie . . . . .	I. 54

### **3. Systèmes de référence . . . . . I. 61**

3.1. Introduction aux systèmes de référence . . . . .	I. 61
3.2. Systèmes de référence relativistes . . . . .	I. 63
3.3. Systèmes de référence dynamiques . . . . .	I. 70
3.4. Le système de référence céleste international ICRS . . . . .	I. 78

3.5. Le système international de référence terrestre ITRS . . . . .	I. 84
3.6. Passage du système de référence céleste géocentrique au système de référence terrestre . . . . .	I. 94
3.7. Bibliographie . . . . .	I. 108
<b>4. Rotation de la Terre . . . . .</b>	<b>I. 115</b>
4.1. Introduction des phénomènes physiques et observations . . . . .	I. 115
4.2. La précession . . . . .	I. 120
4.3. Modèles de nutation . . . . .	I. 127
4.4. Détermination des paramètres d'orientation de la Terre . . . . .	I. 136
4.5. Bibliographie . . . . .	I. 145
<b>5. Changements de coordonnées . . . . .</b>	<b>I. 149</b>
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>	<b>I. 169</b>
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>	<b>I. 175</b>
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>	<b>I. 181</b>
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 2008</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 petites planètes</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 différentielles 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 différentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . .	II. 110
Io . . . . .	II. 110
Europe . . . . .	II. 113
Ganymède . . . . .	II. 115
Callisto . . . . .	II. 116
<b>Satellites de Saturne</b> . . . . .	II. 117
Coordonnées différentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . .	II. 118
Mimas . . . . .	II. 118
Encelade . . . . .	II. 124
Téthys . . . . .	II. 128
Dioné . . . . .	II. 131
Rhéa . . . . .	II. 133
Titan . . . . .	II. 134
Hypériorion . . . . .	II. 135
Japet . . . . .	II. 135
<b>Satellites d'Uranus</b> . . . . .	II. 137
Coordonnées différentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . .	II. 138
Miranda . . . . .	II. 138
Ariel . . . . .	II. 142
Umbriel . . . . .	II. 145
Titania . . . . .	II. 147
Obéron . . . . .	II. 148
<b>Calendrier</b> . . . . .	II. 149
Composition de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides . . . . .	II. 153
Composition du Bureau des longitudes . . . . .	II. 155

# 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. 61
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-BORSENBURGER, 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, 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	S

#### *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).

*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. 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 :

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

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

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  $L_B$  et  $L_G$ , cette dernière étant désormais classée par l'UAI comme constante de définition (UAI, 2000).

**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 :

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

### 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 la vingt-quatrième assemblée générale de l’UAI en 2000 (UAI, 2000). 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 VSOP200x (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 Cérès

$1.0 \times 10^{-10}$  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 et IERS 2003.

	UAI 1976, UAI 2000	IERS 2003
<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>	6.969 290 134 × 10 <sup>-10</sup>
<b>Constantes primaires</b>		
Vitesse de la lumière, $c$	299 792 458 m s <sup>-1</sup>	
Temps de lumière pour l'unité de distance, $\tau_A$	499.004 782 s	499.004 783 8061 s ± 0.000 000 02 s
Rayon équatorial de la Terre, $R$	6 378 140 m	6 378 136.6 ± 0.1 m
Facteur d'ellipticité géopotential de la Terre, $J_2$	0.001 082 63	0.001 082 6359 ± 1.0 × 10 <sup>-10</sup>
Constante géocentrique de la gravitation, $GM$	3.986 005 × 10 <sup>14</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>	3.986 004 418 × 10 <sup>14</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup> ± 8 × 10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>
Constante de la gravitation, $G$	6.672 × 10 <sup>-11</sup> m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup>	6.673 × 10 <sup>-11</sup> m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> ± 1 × 10 <sup>-13</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 02	0.012 300 0383 ± 5 × 10 <sup>-10</sup>
Constante de la précession par siècle julien pour J2000, $p$	5 029".0966	
Obliquité de l'écliptique pour J2000, $\varepsilon_0$	23° 26' 21".448	23° 26' 21".4059 ± 0.0003"
Potentiel de gravité à la surface du géoïde, $W$		62 636 856.0 m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> <sup>(3)</sup> ± 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> (variable)
<b>Constantes dérivées et relations</b>		
Constante de la nutation pour J2000, $N_0$	9".2025 <sup>(4)</sup>	
Unité de distance (unité astronomique), $A = c\tau_A$	1.495 978 70 × 10 <sup>11</sup> m	1.495 978 706 91 × 10 <sup>11</sup> m ± 6 m
Parallaxe solaire, $\pi_0 = \arcsin(R/A)$	8".794 148	
Constante de l'aberration pour J2000, $\kappa$	20".495 52	

**Table 1.6.** (fin).

	UAI 1976, UAI 2000	IERS 2003
Aplatissement de la Terre, $f$	0.003 352 81 = 1/298.257	1/298.256 42 ± 1/0.00001
Constante héliocentrique de la gravitation, $GS = A^3 k^2 d^{-2}$	1.327 124 38 × 10 <sup>20</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>	1.327 124 420 76 × 10 <sup>20</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup> ± 5 × 10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>
Rapport de la masse du Soleil à la masse de la Terre $GS/GM = S/M$	332 946.0	
Rapport de la masse du Soleil à la somme des masses de la Terre et de la Lune, $(S/M)/(1 + \mu)$	328 900.5	
Masse du Soleil, $GS/G = S$	1.9891 × 10 <sup>30</sup> kg	
Valeur moyenne de 1-d(TT)/d(TCB), $L_B$	1.550 519 767 72 × 10 <sup>-8</sup> ± 2 × 10 <sup>-17</sup>	1.550 519 767 72 × 10 <sup>-8</sup> ± 2 × 10 <sup>-17</sup>
Valeur moyenne de 1-d(TCG)/d(TCB), $L_C$	1.480 826 867 41 × 10 <sup>-8</sup> ± 2 × 10 <sup>-17</sup>	1.480 826 867 41 × 10 <sup>-8</sup> ± 2 × 10 <sup>-17</sup>

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

<sup>(2)</sup> Système UAI 2000 seulement.

<sup>(3)</sup> Bursa, 1992.

<sup>(4)</sup> Système UAI 1976 seulement.

**Table 1.7.** Rapport de la masse du Soleil aux masses des planètes principales dans les systèmes UAI 1976, IERS1992 et DE405/LE405.

	UAI 1976	IERS 1992	DE405/LE405
Mercure	6 023 600	6 023 600	6 023 600
Vénus	408 523.5	408 523.71	408 523.71
Terre + Lune	328 900.5	328 900.56	328 900.561 400
Mars	3 098 710	3 098 708	3 098 708
Jupiter + satellites galiléens	1 047.355	1 047.3486	1 047.3486
Saturne + satellites	3 498.5	3 497.90	3 497.898
Uranus + satellites	22 869	22 902.94	22 902.98
Neptune + satellites	19 314	19 412.24 <sup>(1)</sup>	19 412.24 <sup>(1)</sup>
Pluton + Charon	130 000 000 <sup>(2)</sup>	135 000 000	135 200 000

<sup>(1)</sup> Neptune + Triton

<sup>(2)</sup> La valeur donnée pour Pluton (Harrington et Christy, 1980) est différente de celle du système UAI 1976 qui était 3 000 000. Elle a été révisée à la suite de la découverte de Charon, satellite de Pluton.

**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	Campbell et Synnot 1985 (a) Campbell et Anderson 1989 (b) Owen et al. 1991 (c)
Jupiter	Io	$4.70 \times 10^{-5}$	$4.705 \times 10^{-5}$ (a)
	Europe	$2.56 \times 10^{-5}$	$2.527 \times 10^{-5}$ (a)
	Ganymède	$7.84 \times 10^{-5}$	$7.804 \times 10^{-5}$ (a)
	Callisto	$5.6 \times 10^{-5}$	$5.668 \times 10^{-5}$ (a)
Saturne	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 et Seidelmann et al. 2002.

	UAI 1976	Seidelmann et al. 2002
Mercure	2 439	$2\,439.7 \pm 1.0$
Vénus	6 052	$6\,051.8 \pm 1.0$
Terre	6 378.140	$6\,378.14 \pm 0.01$
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	

<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) ; IERS 1992 (b) ; Campbell et Synnot 1985 (c) ; Campbell et Anderson 1989 (d) ; Owen et al. 1991 (e) ;	
<b>Vénus</b>			
$J_2$		+ 0.000 006	(a)
<b>Terre</b>			
$J_2$	+ 0.001 082 63	+ 0.001 082 6362	(b)
$J_3$	- 0.000 002 54	- 0.000 002 533	(b)
$J_4$	- 0.000 001 61	- 0.000 001 619	(b)
<b>Mars</b>			
$J_2$	+ 0.001 964	+ 0.001 960	(a)
$J_3$	+ 0.000 036	+ 0.000 036	(a)
$J_4$		- 0.000 032	(a)
$C_{22}$	- 0.000 055	- 0.000 055	(a)
$S_{22}$	+ 0.000 031	+ 0.000 031	(a)
$S_{31}$	+ 0.000 026	+ 0.000 026	(a)
<b>Jupiter</b>			
$J_2$	+ 0.014 75	+ 0.014 736	(c)
$J_3$		+ 0.000 001	(c)
$J_4$	- 0.000 58	- 0.000 587	(c)
$J_6$		+ 0.000 031	(c)
<b>Saturne</b>			
$J_2$	+ 0.016 45	+ 0.016 298	(d)
$J_4$	- 0.001 0	- 0.000 915	(d)
$J_6$		+ 0.000 103	(d)
<b>Uranus</b>			
$J_2$	+ 0.012	+ 0.003 339	(a)
$J_4$		- 0.000 032	(a)
<b>Neptune</b>			
$J_2$	+ 0.004	+ 0.003 41	(e)
$J_4$		- 0.000 03	(e)

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 et des satellites découverts avant 1990

Nous donnons dans la table 1.12 les éléments orbitaux des planètes principales et de Pluton 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 rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe dynamiques J2000.

Planète	$a$ (ua)	$\lambda$ (degrés)	$k$	$h$	$q$	$p$
Mercure	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 ainsi que leurs périodes de rotation  $T$ . Ces dernières sont calculées d'après les expressions définissant la position du méridien origine sur chaque planète (Seidelmann et al., 2002).

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 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.

Planètes	$P$ (jours)	$T$
Mercure	87.969	58.646 225 <sup>(1)</sup>
Vénus	224.701	243.018 484 <sup>(1) (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) (4) (5)</sup>
Saturne	10 759.2	10.656 222 <sup>(3) (4)</sup>
Uranus	30 688.5	17.240 000 <sup>(2) (3) (4)</sup>
Neptune	60 182.3	16.110 000 <sup>(3) (4)</sup>
Pluton	90 469.7	153.293 904 <sup>(2) (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 déduits de la théorie de leur mouvement (Chapront-Touzé, 1988 et 1990).

Pour Jupiter, les éléments publiés pour les anneaux et pour les nouveaux satellites 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 Lieske (1980, 1987) et à Thuillot et Vu (1986), ceux de JXIII sont dus à Aksnes (1978). Les éléments de JV, JX, JXI et JXII sont extraits de l'*Encyclopédie scientifique de l'univers* (Bureau des longitudes, 1986), le demi-grand axe de JV étant toutefois calculé à partir de la valeur de la période. Les éléments de JVI, JVII, JVIII et JIX proviennent d'intégrations numériques effectuées par Rocher (1996) dont les résultats sont publiés dans le *Supplément à la Connaissance des Temps* pour les satellites faibles (Bureau des longitudes, 1997).

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). Ils sont tirés de Showalter et al. (1986) et Showalter (1990) pour SXVIII, de Synnott et al. (1981) pour SX, SXI, SXII, SXV, SXVI et SXVII, du *Supplément à la Connaissance des Temps* pour les satellites de Mars, Jupiter, Saturne et Uranus (Bureau des longitudes, 1995) pour SXIII et SXIV, de Dourneau (1993) pour les huit principaux satellites. Ils proviennent d'une intégration numérique effectuée par Arlot et al. (2003) pour SIX (Phœbé).

Pour Uranus, les éléments des anneaux sont tirés de French et al. (1988), ceux des cinq principaux satellites de Laskar et Jacobson (1987) et ceux des dix petits satellites de Owen et Synnott (1987).

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

Enfin, pour Pluton les éléments de Charon donnés avec, entre parenthèses, l'incertitude en unités de la dernière décimale, sont dus à Tholen et Buie (1997).

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

Nom	N°	$a$ ( $10^3$ km)	$e$	$I$ (degrés)	$P$ (jours)	Découverte	
<b>Terre</b>							
Lune		383.398	0.055 546	5.156 69 (E)	27.3217		
<b>Mars</b>							
Phobos		9.38	0.0151	1.1 (e)	0.3189	Hall	1877
Déimos		23.46	0.0002	0.9/2.7 (e)	1.2624	Hall	1877
<b>Jupiter</b>							
Anneaux		125.6/126.6				Voyager 1	1979
Métis	XVI	127.979	$\leq 0.005$	$\leq 0.1$ (e)	0.294 779	Voyager 1/2	1979–1980
Adrastéia	XV	128.980	$\leq 0.005$	$\leq 0.3$ (e)	0.298 260	Voyager 1	1979–1980
Amalthée	V	181.2	0.003	0.4 (e)	0.498 179	Barnard	1892
Thébé	XIV	221.895	0.015	0.8 (e)	0.6745	Voyager 1	1979–1980
Io	I	422	0.004	0.02/0.04 (e)	1.769 138	Galilée	1610
Europe	II	671	0.009	0.42/0.51 (e)	3.551 181	Galilée	1610
Ganymède	III	1 070	0.002	0.06/0.30 (e)	7.154 553	Galilée	1610
Callisto	IV	1 883	0.007	0.15/0.74 (e)	16.689 018	Galilée	1610
Léda <sup>(9)</sup>	XIII	11 150	0.116/0.210	1.5/50.6 <sup>(3)</sup>	240.5	Kowal	1974
Himalia <sup>(9)</sup>	VI	11 443	0.112/0.207	4.5/51.9 <sup>(3)</sup>	250.1	Perrine	1904–1905
Lysithéa <sup>(9)</sup>	X	11 700	0.081/0.155	23.2/51.4 <sup>(3)</sup>	258.5	Nicholson	1938
Elara <sup>(9)</sup>	VII	11 716	0.155/0.272	1.4/46.7 <sup>(3)</sup>	259.1	Perrine	1904–1905
Ananké <sup>(9)</sup>	XII	21 048	0.083/0.452	122.2/172.9 <sup>(3)</sup>	624.1	Nicholson	1951
Carmé <sup>(9)</sup>	XI	23 280	0.132/0.414	140.6/172.4 <sup>(3)</sup>	726.3	Nicholson	1938
Pasiphaé <sup>(9)</sup>	VIII	23 658	0.184/0.668	119.1/174.2 <sup>(3)</sup>	744.2	Melotte	1908
Sinopé <sup>(9)</sup>	IX	23 848	0.108/0.425	132.3/179.4 <sup>(3)</sup>	753.2	Nicholson	1914
<b>Saturne</b>							
Anneau D		67			0.2	Voyager 1	1981
Anneau C		74.5 /92.06 <sup>(1)</sup>	0	0 (e)	0.24/0.33	Bond	1851
Anneau B		92.06/117.50 <sup>(1)</sup>	0.0006		0.33/0.48	Galilée	1610
Anneau A		122.20/136.77 <sup>(1)</sup>			0.50/0.60	Galilée	1610
Anneau F		140.2	0.003		0.618	Pioneer 11	1980
Anneau G		169				Pioneer 11	1980
Anneau E		180/480 <sup>(1)</sup>				Feibelman	1967
Pan	XVIII	133.6			0.575	Showalter <sup>(2)</sup>	1990

Table 1.14. (suite).

Nom	N°	<i>a</i> (10 <sup>3</sup> km)	<i>e</i>	<i>I</i> (degrés)	<i>P</i> (jours)	Découverte		
<b>Saturne</b>								
Atlas <sup>(4)</sup>	XV	137.67	0.002	0.3	( <i>e</i> ) 0.6019	Voyager 2	1980	
Prométhée <sup>(4)</sup>	XVI	139.35	0.002	0.0	( <i>e</i> ) 0.612 99	Voyager 2	1978	
Pandore <sup>(4)</sup>	XVII	141.70	0.004	0.0	( <i>e</i> ) 0.6285	Voyager 2	1980	
Épiméthée <sup>(4)</sup>	XI	151.42	0.009	0.34	( <i>e</i> ) 0.694 32	Fountain/Larson	1978	
Janus <sup>(4)</sup>	X	151.47	0.007	0.14	( <i>e</i> ) 0.694 66	Dollfus	1966	
Mimas	I	185.54	0.019 05	1.56	( <i>e</i> ) 0.942 422	Herschel	1789	
Encelade	II	238.20	0.0049	0.03	( <i>e</i> ) 1.370 218	Herschel	1789	
Téthys	III	294.992	0.0	1.10	( <i>e</i> ) 1.887 803	Cassini	1684	
Télésto	XIII	294.66			1.8878	Voyager 2	1980	
Calypso	XIV	294.66			1.8878	Voyager 2	1980	
Dioné	IV	377.654	0.0022	0.01	( <i>e</i> ) 2.736 916	Cassini	1684	
Hélène <sup>(4)</sup>	XII	378.06	0.005	0.15	( <i>e</i> ) 2.7391	Lecacheux/Laques	1980	
Rhéa	V	527.367	0.0003	0.35	( <i>e</i> ) 4.517 503	Cassini	1672	
Titan	VI	1 221.803	0.0291	0.30	( <i>e</i> ) 15.945 446	Huygens	1655	
Hypérior	VII	1 481.1	0.1035	0.64	( <i>e</i> ) 21.276 673	Bond/Lassel	1848	
Japet	VIII	3 561.85	0.0283	18.5	( <i>e</i> ) 79.330 954	Cassini	1671	
Phœbé	IX	12 905.95	0.175 18	173.70	( <sup>5</sup> ) 547.4	Pickering	1898	
<b>Uranus</b>								
Anneaux		42/51	0.0001/0.0008	0.06/0.0002	( <i>e</i> )	Elliot et al.	1977	
Cordélia	VI	49.752	0.000 47	0.14	( <i>e</i> ) 0.335 03	Voyager 2	1986	
Ophélie	VII	53.764	0.0101	0.09	( <i>e</i> ) 0.376 40	Voyager 2	1986	
Bianca	VIII	59.165	0.000 88	0.16	( <i>e</i> ) 0.434 58	Voyager 2	1986	
Cressida	IX	61.767	0.000 23	0.04	( <i>e</i> ) 0.463 57	Voyager 2	1986	
Desdémone	X	62.659	0.000 23	0.16	( <i>e</i> ) 0.473 65	Voyager 2	1986	
Juliette	XI	64.358	0.000 59	0.06	( <i>e</i> ) 0.493 07	Voyager 2	1986	
Portia	XII	66.097	0.000 17	0.09	( <i>e</i> ) 0.513 20	Voyager 2	1986	
Rosalinde	XIII	69.927	0.000 09	0.28	( <i>e</i> ) 0.558 46	Voyager 2	1986	
Belinda	XIV	75.255	0.000 11	0.03	( <i>e</i> ) 0.623 52	Voyager 2	1986	
Puck	XV	86.004	0.000 05	0.31	( <i>e</i> ) 0.761 83	Voyager 2	1985	
Miranda	V	129.872	0.0013 ( <sup>7</sup> )	4.34	( <i>e</i> ) 1.413 479	Kuiper	1948	
Ariel	I	190.945	0.0012 ( <sup>7</sup> )	0.04 ( <sup>7</sup> )	( <i>e</i> ) 2.520 379	Lassell	1851	
Umbriel	II	265.998	0.0040 ( <sup>7</sup> )	0.13 ( <sup>7</sup> )	( <i>e</i> ) 4.144 176	Lassell	1851	
Titania	III	436.298	0.0014 ( <sup>7</sup> )	0.08 ( <sup>7</sup> )	( <i>e</i> ) 8.705 867	Herschel	1787	
Obéron	IV	583.519	0.0016 ( <sup>7</sup> )	0.07 ( <sup>7</sup> )	( <i>e</i> ) 13.463 234	Herschel	1787	
<b>Neptune</b>								
Anneaux		55.1/62.9				Hubbard et al.	1986	
Naiade	III	48.227	0.000 33	4.74	( <sup>8</sup> ) 0.294 40	Voyager 2	1989	
Thalassa	IV	50.075	0.000 16	0.21	( <sup>8</sup> ) 0.311 48	Voyager 2	1989	
Despina	V	52.526	0.000 139	0.07	( <sup>8</sup> ) 0.334 66	Voyager 2	1989	
Galatée	VI	61.953	0.000 12	0.05	( <sup>8</sup> ) 0.428 75	Voyager 2	1989	
Larissa	VII	73.548	0.001 39	0.20	( <sup>8</sup> ) 0.554 65	Voyager 2	1989	
Protée	VIII	117.647	0.000 44	0.04	( <sup>8</sup> ) 1.122 32	Voyager 2	1981–1989	

**Table 1.14.** (fin).

Nom	N°	$a$ ( $10^3$ km)	$e$	$I$ (degrés)	$P$ (jours)	Découverte	
<b>Neptune</b>							
Triton	I	354.759	0.000 02	156.3	( $e$ ) 5.876 85	Lassell	1846
Néréide	II	5 513.41	0.751	6.68	( $e$ ) 360.135	Kuiper	1949
<b>Pluton</b>							
Charon	I	19.636(8)	0.0076(5)	96.163(32)	( $e$ ) 6.387 223(17)	Christy/Harrington	1978

(<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 osculateurs pour l’époque 13 janvier 1993 à 13 h.

(<sup>7</sup>) Valeur médiane sur l’intervalle de temps [1955, 2005].

(<sup>8</sup>) Plan de Laplace du satellite.

(<sup>9</sup>) Valeurs médianes ( $a$ ,  $P$ ) 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 les éléments osculateurs des satellites des grosses planètes découverts depuis 1990.

$a$  désigne le demi-grand axe de l’orbite,  $e$  l’excentricité,  $I$  l’inclinaison de l’orbite du satellite par rapport à l’écliptique J2000,  $\varpi$  la longitude 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°	$a$ (10 <sup>3</sup> km)	$e$	$I$ (degrés)	$\varpi$ (degrés)	$\Omega$ (degrés)	$P$ (jours)	Année	Date (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
Mégaclyté	XIX	23 464	0.601	151.81	302.27	304.61	734.26	2000	18/10/01	M2001-T59
Callirhoé	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	XXVI	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°	$a$ (10 <sup>3</sup> km)	$e$	$I$ (degrés)	$\varpi$ (degrés)	$\Omega$ (degrés)	$P$ (jours)	Année	Date (0h TT)	Référence
<b>Jupiter</b>										
S/2003 J 17		22 511	0.187	163.74	333.48	306.80	689.98	2003	10/06/03	M2003-G19
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
<b>Saturne</b>										
Daphnis	XXXV	136.5					0.594	2005		IAUC 8524
Méthonné	XXXII	194					1.01	2004		IAUC 8389
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	0.420	155.6	205.80	296.83	869.14	2006	26/06/06	M2006-M45
Erriapo	XXVIII	17 808	0.609	34.47	290.51	138.09	887.21	2000	18/10/01	M2001-T23
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
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	1033.05	2004	14/02/06	M2006-C74
Thrymr	XXX	19 958	0.565	174.91	86.56	246.25	1052.63	2000	18/10/01	M2001-X20
Farbauti	XL	19 985	0.175	158.36	351.16	146.07	1054.78	2004	13/02/06	M2006-C72
Aegir	XXXVI	20 466	0.225	167.41	264.24	196.13	1093.12	2004	10/02/06	M2006-C55
Bestla	XXXIX	20 519	0.745	147.38	82.19	290.32	1097.35	2004	10/02/06	M2006-C55
Fenrir	XLI	21 931	0.105	162.83	124.32	239.48	1212.53	2004	13/02/06	M2006-C72
Surtur	XLVIII	22 289	0.369	166.92	329.29	257.60	1242	2006	06/07/06	M2006-N06
Kari	XLV	22 321	0.340	148.38	181.70	290.65	1245.06	2004	28/06/06	M2006-M48
Loge	XLVI	22 984	0.142	166.54	46.81	344.12	1300.95	2006	28/06/06	M2006-M48
Ymir	XIX	23 306	0.375	172.75	42.43	207.07	1328.35	2000	18/10/01	M2001-T06
Fornjot	XLII	24 484	0.166	167.88	331.86	271.23	1430.37	2004	14/02/06	M2006-C74
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	1101.99	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 12		19 906	0.396	164.04	96.53	313.62	1048.54	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

**Table 1.15.** (fin).

Nom	N°	$a$ ( $10^3$ km)	$e$	$I$ (degrés)	$\varpi$ (degrés)	$\Omega$ (degrés)	$P$ (jours)	Année	Date (0h TT)	Référence
<b>Saturne</b>										
S/2006 S 4		18 066	0.373	172.67	141.50	344.37	906.56	2006	26/06/06	M2006-M45
S/2006 S 6		19 013	0.192	163.16	234.70	21.10	978.75	2006	28/02/2007	M2007-D79
<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
Prospéro	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
Pasmathée	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
Hydra	III	64.7					38.2	2005		IAUC 8625

### 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



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

Planètes, Systèmes planétaires et petites planètes	$m$		$Gm$ ( $\text{m}^3 \text{s}^{-2}$ )	$\rho$ ( $10^3 \text{ kg/m}^3$ )	$T$ (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			

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 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

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

Nom	$R_p$ (km)	$a_1$ (km)	$f_p$ ( $10^{-3}$ )	$f_e$ ( $10^{-3}$ )	$L_e$ (degrés)	$a_s$ (km)	$a_r$ (m)	$f_g$ ( $\times 10^{-10}$ )
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 $R_p^N$ 3 373.19 $R_p^S$ 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.

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, Hypérior, Phœbé et Néréïde ;
- 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°	$m$		$Gm$ ( $m^3 s^{-2}$ )
		(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	$2.41 \times 10^{-8}$	$2.527 \times 10^{-5}$	$3.20 \times 10^{12}$

Table 1.18. (suite).

Nom	N°	$m$		$Gm$ ( $m^3 s^{-2}$ )
		(masse solaire)	(masse planète)	
<b>Jupiter</b>				
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	$8.6 \times 10^{-12}$	$3 \times 10^{-8}$	$1.1 \times 10^9$
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	$15.15 \times 10^{-10}$	$3.471 \times 10^{-5}$	$201.1 \times 10^9$

**Table 1.18.** (fin).

Nom	N°	$m$		$Gm$ ( $m^3 s^{-2}$ )
		(masse solaire)	(masse planète)	
<b>Neptune</b>				
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	$1.08 \times 10^{-8}$	$2.09 \times 10^{-4}$	$1.428 \times 10^{12}$
Néréide	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°	$a_s$ (km)	$a_1$ $a_2$ $a_3$ (km)	Masse ( $10^{21}$ kg)	$\rho$ ( $10^3$ kg/m <sup>3</sup> )	$m_v$	Albédo 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

Table 1.19. (suite).

Nom	N°	$a_s$ (km)	$a_1$ $a_2$ $a_3$ (km)	Masse ( $10^{21}$ kg)	$\rho$ ( $10^3$ kg/m <sup>3</sup> )	$m_v$	Albédo géométrique
<b>Jupiter</b>							
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	$85 \pm 10$		$9.5 \times 10^{-3}$	3.7	14.8	0.03
Lysithéa	X	12		$7.6 \times 10^{-5}$	10.5	18.4	
Elara	VII	$40 \pm 10$		$7.6 \times 10^{-4}$	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	$10 \pm 3$					0.4-0.7
Atlas	XV	$16 \pm 4$	18.5 - 17.2 - 13.5			18	0.4
Prométhée	XVI	$50.1 \pm 3$	74.0 - 50.0 - 34.0			15	0.6
Pandore	XVII	$41.9 \pm 2$	55.0 - 44.0 - 31.0			15.5	0.6
Épiméthée	XI	$59.5 \pm 3$	69.0 - 55.0 - 55.0			15	0.4
Janus	X	$88.8 \pm 4$	97.0 - 95.0 - 77.0			14	0.4
Mimas	I	$198.6 \pm 0.6$	209.1 - 196.2 - 191.4	0.0455	1.4	12.9	0.77
Encelade	II	$249.4 \pm 0.3$	256.3 - 247.3 - 244.6	0.074	1.1	11.7	1.04
Téthys	III	$529.8 \pm 1.5$	535.6 - 528.2 - 525.8	0.674	1.1	10.3	0.8
Télesto	XIII	$11 \pm 4$	15 - 12.5 - 7.5			18	0.6
Calypso	XIV	$9.5 \pm 4$	15.0 - 8.0 - 8.0			18.5	0.8
Dioné	IV	$560 \pm 5$	560 - 560 - 560	1.052	1.4	10.4	0.55
Hélène	XII	16	17.5 - - -			17	0.5
Rhéa	V	$764 \pm 4$	764 - 764 - 764	2.31	1.2	9.7	0.65
Titan	VI	$2575 \pm 2$	2575 - 2575 - 2575	134.55	1.9	8.3	0.21
Hypérion	VII	$133 \pm 8$	164 - 130 - 107	0.017	1.7	14.19	0.19/0.25
Japet	VIII	$718 \pm 8$	718 - 718 - 718	1.59	1.3	10.2/11.9	0.5 <sup>(1)</sup>
Phœbé	IX	$110 \pm 10$	115 - 110 - 105	0.0004	0.07	16.5	0.06
<b>Uranus</b>							
Cordélia	VI	$13 \pm 2$		$1.4 \times 10^{-5}$	1.5	24.2 <sup>(2)</sup>	
Ophélie	VII	$15 \pm 2$		$2.5 \times 10^{-5}$	1.5	23.9 <sup>(2)</sup>	
Bianca	VIII	$21 \pm 3$				23.1 <sup>(2)</sup>	
Cressida	IX	$31 \pm 4$				22.3 <sup>(2)</sup>	
Desdémone	X	$27 \pm 3$				22.5 <sup>(2)</sup>	
Juliette	XI	$42 \pm 5$				21.7 <sup>(2)</sup>	
Portia	XII	$54 \pm 6$				21.1 <sup>(2)</sup>	
Rosalinde	XIII	$27 \pm 4$				22.5	

**Table 1.19.** (fin).

Nom	N°	$a_s$ (km)	$a_1$ $a_2$ $a_3$ (km)	Masse ( $10^{21}$ kg)	$\rho$ ( $10^3$ kg/m <sup>3</sup> )	$m_v$	Albédo géométrique
<b>Uranus</b>							
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) :

$$\alpha_Z = 12 \text{ h } 51 \text{ min } 26.2755 \text{ s,}$$

$$\delta_Z = 27^\circ 7' 41''.704.$$

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

Paramètres post-newtoniens (PPN) :

$$\begin{aligned}\alpha &= 0.0000 \pm 0.0002, \\ \gamma &= 1.000 \pm 0.002, \\ \frac{2 + 2\gamma - \beta}{3} &= 1.00 \pm 0.02.\end{aligned}$$



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**

- 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.
- Elliot, J.L., Dunham, E., Millis, R.L. : 1977, Discovering the rings of Uranus, *Sky and Telescope* **53**, 412.
- 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.
- 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.
- 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.
- Laskar, J., Jacobson, R.A. : 1987, GUST86. An analytical ephemeris of the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.* **188**, 212.
- 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.
- 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.
- 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., 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/mgsmr55sdpv1/mors\\_1021](http://pds-geosciences.wustl.edu/geodata/mgsmr55sdpv1/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.

Young, L.A., Olkin, C.B., et al. : 1994, The Charon-Pluto mass ratio from MKO astrometry, *Icarus* **108**, 186.

Yuan, D-N., Sjogren, 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.

- 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 satisferait 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  $T_1 = a T_2 + b$ . 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

$$TE = TAI + 32.184 \text{ s} = TAI + 0.000\,3725 \text{ jour}$$

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.

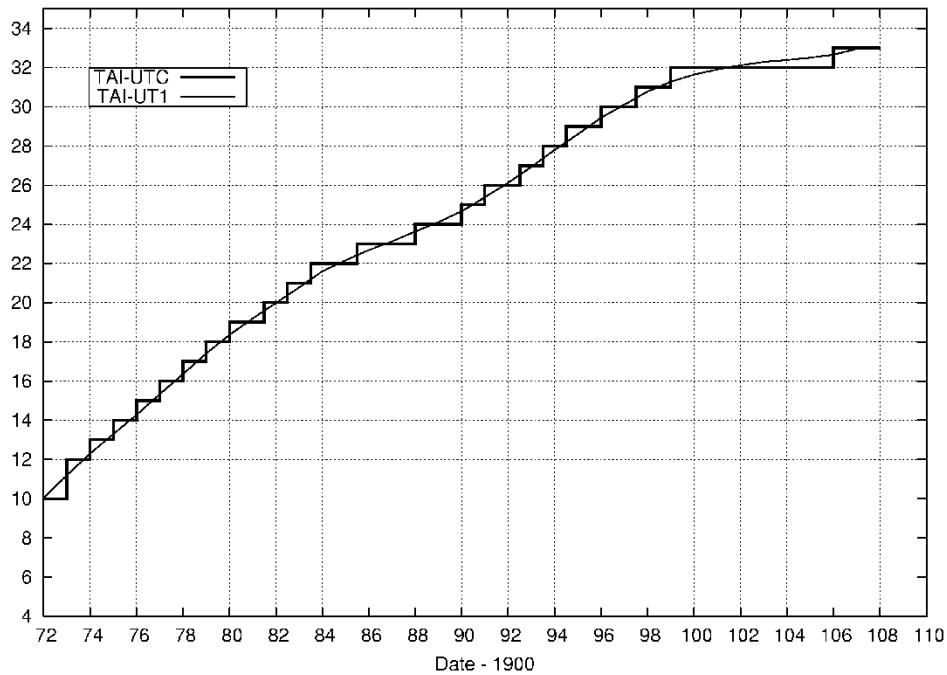
### 2.5.2. Le futur de l'UTC

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 des sauts de seconde, 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. 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,

**Table 2.2.** Différence TAI – UTC du 1 janvier 1972 au 1 janvier 2008 (selon l'IERS).

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

**Fig. 2.1.** Différence TAI – UTC et différence observée TAI – UT1, en secondes, de 1972 à 2008.



- 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 86400 secondes par jour solaire moyen.

## 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,  $U/c^2 \sim GM_{\odot}/ac^2 \sim 9.872 \times 10^{-9}$  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,

$$\left\langle \frac{d\text{TCG}}{d\text{TCB}} \right\rangle = 1 - L_C,$$

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,

$$\frac{dT_T}{dT_{CG}} = 1 - L_G \approx 1 - \frac{W_0}{c^2}$$

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 de TCB cette échelle se comporte en moyenne comme TT. On a,

$$dTDB/dTCB = 1 - L_B$$

avec

$$L_B = L_C + L_G = 1.550\,519\,767\,72 \times 10^{-8} \pm 2 \times 10^{-17}$$

et

$$TDB = TT + P$$

où  $P$  représente l'ensemble des termes périodiques obtenus à partir de l'intégrale (2.4) dépouillée de ses termes séculaires.

### 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.

$$\text{TCB} - \text{TCG} = L_C \times (JD - 2443144.5) \times 86400 + P + \mathbf{v}_E \cdot \mathbf{r}/c^2, \quad L_C = 1.480\,826\,867\,41 \times 10^{-8}$$

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  $\text{TCB} - \text{TCG}$  est de l'ordre de  $2 \times 10^{-6}$  secondes.

$$\text{TCB} - \text{TDB} = L_B \times (JD - 2443144.5) \times 86400, \quad L_B = 1.550\,519\,767\,72 \times 10^{-8}$$

$$\text{TCG} - \text{TT} = L_G \times (JD - 2443144.5) \times 86400, \quad L_G = 6.969\,290\,134 \times 10^{-10}$$

$$\text{TT}(\text{TAI}) = \text{TAI} + 32.184 \text{ s}$$

$$\text{TDB} = \text{TT} + P$$

## 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).
- 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.

$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)	$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)
1	0	1656.674564	628.3075850	6.2400542	1.00	49	0	0.040184	-0.7113547	3.5659756	883.27
2	0	22.417471	575.3384885	4.2969774	1.09	50	0	0.036955	315.4687085	5.0718014	1.99
3	0	13.839792	1256.6151700	6.1969044	0.50	51	0	0.036564	508.8628840	3.3246790	1.23
4	0	4.770086	52.9690965	0.4444016	11.86	52	0	0.036507	80.1820931	6.2488660	7.84
5	0	4.676740	606.9776755	4.0211951	1.04	53	0	0.034867	52.2577418	5.2100641	12.02
6	0	2.256707	21.3299095	5.5431133	29.46	54	0	0.033529	943.7762935	2.4047142	0.67
7	0	1.694205	-0.3523118	5.0251327	1783.42	55	0	0.033477	606.2663208	4.1449873	1.04
8	0	1.554905	7771.3771468	5.1984666	0.08	56	0	0.032438	607.6890302	0.7493174	1.03
9	0	1.276839	786.0419392	5.9888223	0.80	57	0	0.032423	882.7390270	5.5414736	0.71
10	0	1.193379	522.3693920	3.6498237	1.20	58	0	0.030215	708.4896781	3.3896103	0.89
11	0	1.115322	393.0209696	1.4227451	1.60	59	0	0.029862	1213.9553509	1.7701810	0.52
12	0	0.794185	1150.6769770	2.3223131	0.55	60	0	0.029247	-7143.0695618	4.1831792	0.09
13	0	0.600309	157.7343542	2.6782719	3.98	61	0	0.028244	-628.6598968	5.0696635	1.00
14	0	0.496817	620.8294251	5.6967018	1.01	62	0	0.027567	627.9552732	5.0408460	1.00
15	0	0.486306	588.4926847	0.5200072	1.07	63	0	0.025196	174.8016413	2.9018833	3.59
16	0	0.468597	624.4942814	5.8663988	1.01	64	0	0.024816	-119.4447010	1.0871369	5.26
17	0	0.447061	2.6298320	3.6157965	238.92	65	0	0.022567	613.3512653	3.3079848	1.02
18	0	0.435206	-39.8149003	4.3493383	15.78	66	0	0.022509	1044.7387840	1.4607262	0.60
19	0	0.432392	7.4781599	2.4358983	84.02	67	0	0.021691	1414.3495242	5.9526580	0.44
20	0	0.375510	550.7553239	4.1034768	1.14	68	0	0.020937	842.9241266	0.6523034	0.75
21	0	0.243085	-77.5522611	3.6518379	8.10	69	0	0.020322	41.9484644	3.7354306	14.98
22	0	0.230685	585.6477659	4.7738526	1.07	70	0	0.017806	7.3297126	3.4759751	85.72
23	0	0.203747	1203.6460735	4.3339878	0.52	71	0	0.017673	681.2766815	3.1861298	0.92
24	0	0.173435	1884.9227550	6.1537435	0.33	72	0	0.016155	1021.3285546	1.3311032	0.62
25	0	0.159080	1097.7078805	1.8900752	0.57	73	0	0.015974	-235.2866154	6.1453094	2.67
26	0	0.143935	-79.6298007	5.9575178	7.89	74	0	0.015949	-22.0412642	4.0052983	28.51
27	0	0.137927	1179.0629089	1.1359347	0.53	75	0	0.015078	1965.1048481	3.9694808	0.32
28	0	0.119979	3.8133036	4.5515858	164.77	76	0	0.014751	134.9867410	4.3089333	4.65
29	0	0.118971	548.6777843	1.9145472	1.15	77	0	0.014318	1673.0463690	3.0160581	0.38
30	0	0.116120	105.9381930	0.8735041	5.93	78	0	0.014223	1778.9845620	2.1045513	0.35
31	0	0.101868	-557.3142802	5.9845034	1.13	79	0	0.013671	-53.6804512	5.9716726	11.70
32	0	0.098358	254.4314420	0.0927939	2.47	80	0	0.012462	10.3092774	1.7374388	60.95
33	0	0.080164	20.6185548	2.0953777	30.47	81	0	0.012420	469.0479836	4.7340904	1.34
34	0	0.079645	469.4002955	2.9492336	1.34	82	0	0.011942	803.1092263	2.0534147	0.78
35	0	0.075019	294.2463423	4.9809318	2.14	83	0	0.011847	564.3178564	5.4890054	1.11
36	0	0.064397	574.6271338	1.2803087	1.09	84	0	0.011707	-470.5732308	2.6541256	1.34
37	0	0.063814	576.0498432	4.1679017	1.09	85	0	0.011622	512.0601146	4.8639319	1.23
38	0	0.062617	2.0775395	2.6543948	302.43	86	0	0.010962	0.3590429	2.1965677	1749.98
39	0	0.058844	42.6598191	4.8396501	14.73	87	0	0.010825	55.3569403	0.8427150	11.35
40	0	0.054139	1726.0154655	3.4110911	0.36	88	0	0.010453	586.3591206	1.9137046	1.07
41	0	0.048373	15.5420399	2.2515737	40.43	89	0	0.010396	95.1718406	5.7177996	6.60
42	0	0.048042	214.6165416	1.4958460	2.93	90	0	0.010099	28.3859319	1.9421770	22.13
43	0	0.046551	-0.0980321	0.9215735	6409.31	91	0	0.009963	14.9563197	4.8706906	42.01
44	0	0.042732	63.2783739	5.7206222	9.93	92	0	0.009858	630.9374170	1.0618164	1.00
45	0	0.042560	16100.0685737	1.2708372	0.04	93	0	0.009370	14985.4400134	0.6738790	0.04
46	0	0.042411	627.5962303	2.8695670	1.00	94	0	0.008666	-13.5065080	3.2934065	46.52
47	0	0.040759	1235.2852605	3.9814970	0.51	95	0	0.008610	334.0612427	3.6616989	1.88
48	0	0.040480	1572.0838785	2.5466101	0.40	96	0	0.008323	1176.9853693	1.2293920	0.53



Table 2.3. (suite).

$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)	$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)
97	0	0.008107	1336.7972631	3.7932353	0.47	145	0	0.002954	-628.3008540	4.5334712	1.00
98	0	0.007959	31.6391870	2.4650426	19.86	146	0	0.002954	628.3143160	4.4472038	1.00
99	0	0.007857	1216.8002697	0.5257335	0.52	147	0	0.002881	73.5876514	0.3492503	8.54
100	0	0.007505	523.0807467	4.9209370	1.20	148	0	0.002872	2.8449187	1.1586930	220.86
101	0	0.007490	-625.6777530	3.6584447	1.00	149	0	0.002863	1729.8182327	5.2409638	0.36
102	0	0.007332	3.6648563	0.1148587	171.44	150	0	0.002775	991.7696875	1.0300263	0.63
103	0	0.007147	-24.2728604	3.6614870	25.89	151	0	0.002740	1831.9536585	4.3205195	0.34
104	0	0.007117	3.8027673	5.2942495	165.23	152	0	0.002646	1097.3555686	3.9182592	0.57
105	0	0.007019	620.6809779	0.8376888	1.01	153	0	0.002575	2513.2303400	6.1096590	0.25
106	0	0.006919	668.1224853	6.0185015	0.94	154	0	0.002493	638.6168624	0.6450265	0.98
107	0	0.006858	521.6580373	0.6420633	1.20	155	0	0.002464	20.2253395	4.6982031	31.07
108	0	0.006826	763.2943260	3.4586541	0.82	156	0	0.002409	0.2542797	5.3250093	2470.97
109	0	0.006731	565.0292111	5.6399066	1.11	157	0	0.002401	1620.0772725	2.6055471	0.39
110	0	0.006603	2358.1258177	5.3931369	0.27	158	0	0.002397	624.3458342	3.8092900	1.01
111	0	0.006366	416.4311990	2.2620818	1.51	159	0	0.002381	6.3735898	0.7591882	98.58
112	0	0.006304	1192.6254414	2.5129292	0.53	160	0	0.002366	0.3932153	6.2158854	1597.90
113	0	0.006056	95.5599742	4.1945351	6.58	161	0	0.002353	63.9897286	3.7345481	9.82
114	0	0.005680	2301.3539540	4.5578148	0.27	162	0	0.002353	624.6427287	4.7817198	1.01
115	0	0.005582	596.6683980	2.2461743	1.05	163	0	0.002303	1807.3704939	1.0891004	0.35
116	0	0.005488	-0.3455808	0.0906754	1818.15	164	0	0.002303	8399.6847318	2.0136864	0.07
117	0	0.005308	-159.2596014	2.5003824	3.95	165	0	0.002296	649.6374945	5.0618107	0.97
118	0	0.005123	-0.1484473	2.9996410	4232.60	166	0	0.002229	49.1557929	1.5710071	12.78
119	0	0.005119	643.8496249	1.4865392	0.98	167	0	0.002199	-24.5831646	5.9561523	25.56
120	0	0.005096	1137.1704690	2.5471078	0.55	168	0	0.002186	45.4909367	1.4021015	13.81
121	0	0.004892	543.6993015	1.4754156	1.16	169	0	0.002183	116.2474704	6.1796117	5.41
122	0	0.004841	533.3900241	0.4370781	1.18	170	0	0.002169	1101.5106477	4.8452977	0.57
123	0	0.004648	158.9072895	1.2758471	3.95	171	0	0.002103	-707.9373857	5.7566416	0.89
124	0	0.004553	1149.9656223	5.5549983	0.55	172	0	0.002085	3.5164090	1.4051585	178.68
125	0	0.004521	429.2330833	6.1406358	1.46	173	0	0.002024	1471.2317116	2.7520359	0.43
126	0	0.004349	1151.3883317	2.1817454	0.55	174	0	0.001897	2248.3848574	4.1679325	0.28
127	0	0.004193	723.4794256	4.8690914	0.87	175	0	0.001896	-312.8388765	4.9142316	2.01
128	0	0.004164	1249.1370101	5.6509319	0.50	176	0	0.001894	105.2268383	5.8171674	5.97
129	0	0.004148	-11.0206321	3.0161734	57.01	177	0	0.001847	1087.3986030	2.9034779	0.58
130	0	0.004080	-705.8598461	3.6903601	0.89	178	0	0.001825	-373.8761430	0.5458288	1.68
131	0	0.004044	473.2030627	1.3987848	1.33	179	0	0.001810	-8886.0057071	0.4873548	0.07
132	0	0.003919	1252.8018664	5.8233197	0.50	180	0	0.001745	24428.7600007	3.6263952	0.03
133	0	0.003742	723.8675592	4.6919762	0.87	181	0	0.001737	629.0189397	5.2808201	1.00
134	0	0.003625	620.9778724	1.4737606	1.01	182	0	0.001729	389.4181830	1.2649766	1.61
135	0	0.003500	26.3083923	1.8921007	23.88	183	0	0.001649	3144.1677570	1.9520493	0.20
136	0	0.003354	-9095.5551695	1.9426562	0.07	184	0	0.001602	1431.4168113	4.2036648	0.44
137	0	0.003279	584.9364112	4.8933844	1.07	185	0	0.001472	459.0910180	4.1649133	1.37
138	0	0.003270	7.6266071	1.5171899	82.39	186	0	0.001421	2.0355319	2.4198866	308.68
139	0	0.003202	2751.1467874	0.5316731	0.23	187	0	0.001416	922.5539273	4.9964084	0.68
140	0	0.003129	683.6645253	0.0038441	0.92	188	0	0.001408	1098.4192352	2.7320848	0.57
141	0	0.003074	94.9175609	5.1858787	6.62	189	0	0.001391	-863.5942004	0.5938915	0.73
142	0	0.003053	23314.1314403	3.0290293	0.03	190	0	0.001388	-0.7046237	1.1661459	891.71
143	0	0.003024	8328.6914270	2.3555561	0.08	191	0	0.001376	1096.9965258	5.1529143	0.57
144	0	0.003002	617.2869529	2.7978228	1.02	192	0	0.001335	-26.6607042	3.9957640	23.57

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)
193	0	0.001 321	1 820.933 0264	2.624 8664	0.35	241	0	0.000 674	1 494.531 6174	6.270 5105	0.42
194	0	0.001 297	2 122.839 2024	0.382 6035	0.30	242	0	0.000 673	106.649 5477	3.876 5124	5.89
195	0	0.001 297	2 354.323 0505	3.063 8052	0.27	243	0	0.000 662	2 515.860 1720	1.794 0584	0.25
196	0	0.001 288	-199.074 5017	3.913 0229	3.16	244	0	0.000 660	62.567 0192	5.864 0919	10.04
197	0	0.001 284	1 057.540 6683	5.306 5382	0.59	245	0	0.000 647	1 185.621 8652	3.397 1331	0.53
198	0	0.001 278	7.181 2653	4.713 4865	87.49	246	0	0.000 646	1 140.367 6996	3.852 9595	0.55
199	0	0.001 238	480.420 9276	5.503 3797	1.31	247	0	0.000 641	8 346.715 6353	3.210 7273	0.08
200	0	0.001 176	27.703 4994	3.335 5190	22.68	248	0	0.000 631	576.761 1979	4.026 5323	1.09
201	0	0.001 169	604.034 7246	5.841 7190	1.04	249	0	0.000 630	3.602 7867	0.156 3685	174.40
202	0	0.001 155	-1.422 7094	3.042 7008	441.64	250	0	0.000 618	2 200.391 4635	2.466 4270	0.29
203	0	0.001 145	605.873 1054	1.169 4839	1.04	251	0	0.000 611	-14 357.132 4284	2.424 9797	0.04
204	0	0.001 077	17.516 6060	1.844 9131	35.87	252	0	0.000 609	1 017.725 7680	0.437 1223	0.62
205	0	0.001 070	-15 471.760 9887	1.827 6245	0.04	253	0	0.000 607	-3.961 7508	2.839 0216	158.60
206	0	0.001 039	554.008 5789	2.769 7535	1.13	254	0	0.000 603	-6 514.761 9768	4.140 0836	0.10
207	0	0.001 004	-17.067 2871	0.755 0081	36.81	255	0	0.000 601	41.237 1097	3.984 2254	15.24
208	0	0.000 991	470.111 6502	4.387 0018	1.34	256	0	0.000 576	1 108.728 5126	4.760 2931	0.57
209	0	0.000 987	-626.230 0454	2.656 4870	1.00	257	0	0.000 575	1 204.357 4282	4.216 4924	0.52
210	0	0.000 979	554.719 9336	5.448 3760	1.13	258	0	0.000 574	7 214.062 8666	1.758 1909	0.09
211	0	0.000 954	628.209 5529	0.882 2135	1.00	259	0	0.000 567	363.462 1025	1.649 2647	1.73
212	0	0.000 954	-628.405 6171	0.968 4809	1.00	260	0	0.000 559	1 119.037 7900	5.783 2364	0.56
213	0	0.000 940	603.724 4204	6.197 4281	1.04	261	0	0.000 553	1 241.658 8503	4.772 1580	0.51
214	0	0.000 908	13.154 1962	2.521 2575	47.77	262	0	0.000 550	490.730 2050	0.864 0243	1.28
215	0	0.000 907	3 537.188 7266	3.370 1960	0.18	263	0	0.000 531	648.926 1398	1.681 8888	0.97
216	0	0.000 890	1 391.601 9110	5.601 4983	0.45	264	0	0.000 520	3 930.209 6962	4.788 0029	0.16
217	0	0.000 885	1 171.295 5318	3.280 4149	0.54	265	0	0.000 520	1 034.429 5065	2.445 5978	0.61
218	0	0.000 884	-155.104 5223	1.088 8317	4.05	266	0	0.000 515	1 863.592 8455	3.945 3459	0.34
219	0	0.000 876	501.750 8371	3.969 9026	1.25	267	0	0.000 509	84.608 2835	3.053 8746	7.43
220	0	0.000 852	19.907 2001	2.189 6050	31.56	268	0	0.000 495	734.245 7780	3.817 2858	0.86
221	0	0.000 845	-43.371 1738	4.749 2452	14.49	269	0	0.000 494	962.368 8277	3.022 6451	0.65
222	0	0.000 819	866.224 0324	5.991 2478	0.73	270	0	0.000 493	1 842.262 9359	1.676 9393	0.34
223	0	0.000 814	1 765.478 0540	4.627 1226	0.36	271	0	0.000 491	22.434 4796	0.878 3728	28.01
224	0	0.000 806	1 511.046 6120	5.142 8767	0.42	272	0	0.000 486	-32.350 5417	4.061 6739	19.42
225	0	0.000 806	30.927 8323	6.054 0644	20.32	273	0	0.000 485	670.256 0494	0.210 5809	0.94
226	0	0.000 798	14.807 8724	5.909 2251	42.43	274	0	0.000 484	1 726.726 8202	3.290 5891	0.36
227	0	0.000 798	51.546 3871	5.151 9625	12.19	275	0	0.000 481	574.945 2732	4.309 5920	1.09
228	0	0.000 773	-413.691 0434	0.022 0678	1.52	276	0	0.000 480	595.957 0433	5.031 3510	1.05
229	0	0.000 764	-612.765 5451	2.236 3463	1.03	277	0	0.000 480	575.731 7038	1.142 3486	1.09
230	0	0.000 738	613.499 7126	2.242 6689	1.02	278	0	0.000 478	126.556 7479	5.487 3146	4.96
231	0	0.000 737	532.678 6694	4.923 8316	1.18	279	0	0.000 472	-1 256.967 4818	5.112 1333	0.50
232	0	0.000 732	237.916 4474	2.501 8134	2.64	280	0	0.000 472	-1.815 9247	1.999 7076	346.00
233	0	0.000 726	542.987 9468	6.039 6069	1.16	281	0	0.000 470	1 202.934 7188	1.405 6112	0.52
234	0	0.000 723	1 725.663 1536	6.068 7196	0.36	282	0	0.000 466	1 256.262 8582	4.959 5816	0.50
235	0	0.000 710	2 876.692 4424	5.672 6177	0.22	283	0	0.000 465	1 725.304 1108	0.353 4963	0.36
236	0	0.000 706	1 255.903 8153	2.824 8489	0.50	284	0	0.000 463	573.915 7791	1.411 2230	1.09
237	0	0.000 704	1 352.175 1442	2.300 9913	0.46	285	0	0.000 461	617.998 3076	0.513 6693	1.02
238	0	0.000 694	349.603 2826	2.668 3091	1.80	286	0	0.000 458	1 213.243 9962	1.880 1038	0.52
239	0	0.000 689	468.688 9408	6.224 2711	1.34	287	0	0.000 449	1 160.986 2544	4.179 9896	0.54
240	0	0.000 678	-548.125 4919	6.249 6667	1.15	288	0	0.000 432	1 685.848 2533	1.179 2564	0.37

Table 2.3. (suite).

$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)	$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)
289	0	0.000432	2042.6571092	6.0038292	0.31	337	0	0.000268	-22685.8238553	0.0694338	0.03
290	0	0.000430	1351.7870106	0.6858275	0.46	338	0	0.000268	614.8010770	5.1526663	1.02
291	0	0.000426	605.5549661	4.2744765	1.04	339	0	0.000267	1044.0274293	4.7301085	0.60
292	0	0.000416	-747.7522860	1.0823563	0.84	340	0	0.000265	16728.3761587	4.3693024	0.04
293	0	0.000399	1.4977854	2.0944419	419.50	341	0	0.000264	6656.7485864	4.6011012	0.09
294	0	0.000389	1.7252277	1.3957532	364.19	342	0	0.000264	1887.5525870	1.4172634	0.33
295	0	0.000387	1045.4501387	2.5411826	0.60	343	0	0.000262	83.8969288	1.3277203	7.49
296	0	0.000384	1193.3367961	5.8277815	0.53	344	0	0.000260	81.3550284	2.3894389	7.72
297	0	0.000383	2195.4157609	3.7473764	0.29	345	0	0.000256	-364.6350377	0.5063648	1.72
298	0	0.000374	1799.6031168	3.3887165	0.35	346	0	0.000250	1649.6361396	0.8987698	0.38
299	0	0.000368	-575.6908003	0.7313743	1.09	347	0	0.000240	1248.9885629	5.6845490	0.50
300	0	0.000363	-64.0877607	5.0718210	9.80	348	0	0.000236	211.8763860	1.7335788	2.97
301	0	0.000362	2908.8811416	3.2159770	0.22	349	0	0.000234	586.7523359	5.5752091	1.07
302	0	0.000362	-453.5059437	1.5838496	1.39	350	0	0.000234	511.3487599	1.7160907	1.23
303	0	0.000352	574.9861767	3.0002980	1.09	351	0	0.000228	3301.9021112	4.6569855	0.19
304	0	0.000342	613.2028180	4.3222386	1.02	352	0	0.000227	628.7008003	2.9118916	1.00
305	0	0.000341	1214.6667056	4.7006580	0.52	353	0	0.000225	1646.0333530	2.5964518	0.38
306	0	0.000338	606.5844601	0.8777761	1.04	354	0	0.000223	1980.0945956	3.0693274	0.32
307	0	0.000336	-238.8894020	5.3537960	2.63	355	0	0.000222	590.5702242	3.7319903	1.06
308	0	0.000332	2019.9094960	1.6529014	0.31	356	0	0.000222	1182.3161639	1.9423866	0.53
309	0	0.000331	1805.2929543	0.5667906	0.35	357	0	0.000220	-13.5625325	1.7654303	46.33
310	0	0.000331	607.3708908	4.0078812	1.03	358	0	0.000216	630.3851245	3.8629423	1.00
311	0	0.000330	1055.7594161	3.7100437	0.60	359	0	0.000211	575.6566279	3.7893928	1.09
312	0	0.000329	626.8848756	3.0338277	1.00	360	0	0.000209	-1098.8808158	2.6361401	0.57
313	0	0.000325	1567.1081759	2.1788505	0.40	361	0	0.000209	575.0203491	1.6619435	1.09
314	0	0.000325	2059.7243963	0.1800444	0.31	362	0	0.000208	-22.7526189	4.1278838	27.62
315	0	0.000323	1259.2450020	1.0722628	0.50	363	0	0.000206	7.0328180	5.9340761	89.34
316	0	0.000318	70.9933048	5.9412071	8.85	364	0	0.000205	-627.9485421	1.8293627	1.00
317	0	0.000318	13.8517497	2.2532530	45.36	365	0	0.000205	628.6666279	1.7428823	1.00
318	0	0.000311	691.5859589	1.6935742	0.91	366	0	0.000204	22.7476133	5.6361927	27.62
319	0	0.000305	938.8005909	0.5783402	0.67	367	0	0.000203	158.1959348	5.5498536	3.97
320	0	0.000304	-182.3175189	3.4090352	3.45	368	0	0.000200	564.2198243	1.0161158	1.11
321	0	0.000301	10.9945689	0.5109221	57.15	369	0	0.000200	680.5653268	0.8682210	0.92
322	0	0.000301	4323.2306658	6.2053112	0.15	370	0	0.000198	2593.4124331	3.8327031	0.24
323	0	0.000301	608.0822455	2.1353962	1.03	371	0	0.000197	-7.0849445	4.6907025	88.68
324	0	0.000299	31642.8228673	5.3845937	0.02	372	0	0.000197	53.3623118	1.0489829	11.77
325	0	0.000297	2407.2921470	1.9972494	0.26	373	0	0.000195	406.1219215	3.3084634	1.55
326	0	0.000294	-37.7373608	3.7087842	16.65	374	0	0.000191	1066.0686935	5.4055160	0.59
327	0	0.000292	74.2990061	2.7143336	8.46	375	0	0.000191	41.5552491	4.4011656	15.12
328	0	0.000292	1234.5739058	4.0960941	0.51	376	0	0.000191	614.4558353	5.0203934	1.02
329	0	0.000290	977.9108676	1.8123204	0.64	377	0	0.000190	2929.6615390	4.1756585	0.21
330	0	0.000290	309.7883823	4.0752916	2.03	378	0	0.000189	523.7921014	5.2453130	1.20
331	0	0.000285	-53.3214083	4.6873132	11.78	379	0	0.000189	15.3778810	4.8123726	40.86
332	0	0.000284	563.6065017	5.6553858	1.11	380	0	0.000188	1311.9721103	2.0321958	0.48
333	0	0.000280	1235.9966152	0.7108725	0.51	381	0	0.000188	147.8866574	5.6868658	4.25
334	0	0.000280	2823.7233459	5.3048291	0.22	382	0	0.000187	4716.2516355	1.3543719	0.13
335	0	0.000276	2.4298514	0.7702994	258.58	383	0	0.000187	1191.9140867	2.6294566	0.53
336	0	0.000271	1309.5842665	3.2089122	0.48	384	0	0.000185	-20.9366942	4.6947566	30.01

Table 2.3. (suite).

$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)	$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)
385	0	0.000184	-493.3208440	3.3274769	1.27	430	0	0.000131	621.1263197	0.0850770	1.01
386	0	0.000181	1077.0893256	1.9994821	0.58	431	0	0.000130	-588.8449965	4.5276811	1.07
387	0	0.000180	608.4003849	0.6021822	1.03	432	0	0.000130	1129.3470674	0.9390394	0.56
388	0	0.000180	-34.8924420	2.4909021	18.01	433	0	0.000129	169.2165670	0.3514073	3.71
389	0	0.000175	512.7714693	4.7284433	1.23	434	0	0.000129	-8.5827299	2.5406351	73.21
390	0	0.000171	654.6159773	1.1828080	0.96	435	0	0.000128	938.0959673	3.2238443	0.67
391	0	0.000169	2099.5392966	2.1690806	0.30	436	0	0.000128	-652.5804454	3.8034200	0.96
392	0	0.000168	1672.3350143	0.0278606	0.38	437	0	0.000126	565.7405658	5.1465923	1.11
393	0	0.000167	14.6594252	0.7599691	42.86	438	0	0.000126	588.1403728	5.5775025	1.07
394	0	0.000166	2314.1558383	3.4541327	0.27	439	0	0.000126	1130.0584221	3.4852807	0.56
395	0	0.000165	-766.8637425	4.2982121	0.82	440	0	0.000123	1940.2796953	4.5380744	0.32
396	0	0.000163	1778.2732073	4.9605931	0.35	441	0	0.000123	210.7034508	1.7286273	2.98
397	0	0.000162	968.3594581	5.7200924	0.65	442	0	0.000123	606.6595361	4.5170995	1.04
398	0	0.000162	625.4626663	1.4351321	1.00	443	0	0.000121	3694.9230808	6.0723321	0.17
399	0	0.000161	12.7471797	2.8625747	49.29	444	0	0.000121	13.7033024	4.5391082	45.85
400	0	0.000159	1673.7577237	3.6006915	0.38	445	0	0.000121	-54.3918059	6.1094295	11.55
401	0	0.000158	16309.6180361	2.9571285	0.04	446	0	0.000120	5.2596640	0.9485163	119.46
402	0	0.000157	619.7248551	1.2843759	1.01	447	0	0.000119	1002.7903196	3.2174312	0.63
403	0	0.000154	9.5979227	3.3668906	65.46	448	0	0.000119	632.1208886	2.5474963	0.99
404	0	0.000152	-572.9506447	0.7341175	1.10	449	0	0.000119	2280.5735566	2.8690406	0.28
405	0	0.000151	427.4518311	4.4043591	1.47	450	0	0.000118	2274.3409380	4.8811231	0.28
406	0	0.000151	1662.7370915	3.9857021	0.38	451	0	0.000117	607.2958148	0.3663246	1.03
407	0	0.000149	1172.0068865	0.6597219	0.54	452	0	0.000117	-624.5048177	5.3795190	1.01
408	0	0.000148	-641.8140930	3.3841050	0.98	453	0	0.000115	-52.5758812	5.8952222	11.95
409	0	0.000148	15.1047670	3.7991096	41.60	454	0	0.000115	6.5220371	3.5049148	96.34
410	0	0.000146	-417.6041342	4.6600085	1.50	455	0	0.000114	72.8762967	0.5207918	8.62
411	0	0.000146	1108.0171579	3.3696954	0.57	456	0	0.000113	5109.2726051	2.7914831	0.12
412	0	0.000146	-7.7750544	3.1215766	80.81	457	0	0.000113	-787.5671864	2.7257711	0.80
413	0	0.000146	579.2741761	0.7084266	1.08	458	0	0.000113	733.0728427	0.6563721	0.86
414	0	0.000146	448.7817406	4.8152970	1.40	459	0	0.000113	-627.7552926	2.7889041	1.00
415	0	0.000144	-66.4756045	5.3813669	9.45	460	0	0.000112	1609.7679950	3.5890263	0.39
416	0	0.000143	670.9674041	4.3176256	0.94	461	0	0.000109	417.1425537	4.0333381	1.51
417	0	0.000142	8378.3548222	2.9363147	0.07	462	0	0.000109	136.8660253	0.0147305	4.59
418	0	0.000141	621.9339952	0.6790687	1.01	463	0	0.000108	-1253.9853380	3.7161338	0.50
419	0	0.000140	1845.1078547	0.6420491	0.34	464	0	0.000107	1606.2184526	4.0665200	0.39
420	0	0.000139	2353.9707386	2.0281954	0.27	465	0	0.000107	534.1013788	0.2882319	1.18
421	0	0.000138	21.0117702	2.5642161	29.90	466	0	0.000106	562.1842923	1.8153233	1.12
422	0	0.000138	601.6468808	6.0961890	1.04	467	0	0.000104	-56.8821874	2.2057345	11.05
423	0	0.000138	628.1591377	2.7974503	1.00	468	0	0.000104	981.4604100	1.9599672	0.64
424	0	0.000138	197.5492546	2.3146085	3.18	469	0	0.000103	632.1103523	2.4404211	0.99
425	0	0.000135	620.5325306	1.6380540	1.01	470	0	0.000103	90.9818733	2.8127454	6.91
426	0	0.000134	1234.1806904	2.5985768	0.51	471	0	0.000101	624.7911760	3.4413470	1.01
427	0	0.000133	6447.1991241	6.0564041	0.10	472	0	0.000101	179.0642638	1.9657460	3.51
428	0	0.000133	-533.1357444	5.4097019	1.18	473	0	0.000101	269.9734819	5.4816032	2.33
429	0	0.000131	1361.3804277	4.0057329	0.46	474	0	0.000101	11.1430161	5.7110337	56.39

Table 2.3. (fin).

$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)	$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)
1	1	10.215672	628.3075850	4.2490320	1.00	46	1	0.000305	564.3178564	1.3626344	1.11
2	1	0.170681	1256.6151700	4.2059042	0.50	47	1	0.000303	41.9484644	5.2864738	14.98
3	1	0.026967	21.3299095	3.4002905	29.46	48	1	0.000299	469.0479836	6.2358721	1.34
4	1	0.026592	52.9690965	5.8360474	11.86	49	1	0.000297	681.2766815	1.5830127	0.92
5	1	0.021057	-0.3523118	6.2627383	1783.42	50	1	0.000293	521.6580373	2.3199513	1.20
6	1	0.007800	522.3693920	4.6703442	1.20	51	1	0.000289	586.3591206	0.0951976	1.07
7	1	0.005915	2.6298320	1.0830447	238.92	52	1	0.000266	315.4687085	2.4874479	1.99
8	1	0.005476	157.7343542	4.5348002	3.98	53	1	0.000259	1235.2852605	1.9919358	0.51
9	1	0.003442	-39.8149003	5.9800774	15.78	54	1	0.000257	80.1820931	3.4256115	7.84
10	1	0.003359	550.7553239	5.9801623	1.14	55	1	0.000250	643.8496249	2.9947798	0.98
11	1	0.003209	1884.9227550	4.1629135	0.33	56	1	0.000244	1044.7387840	2.3471392	0.60
12	1	0.002920	585.6477659	0.6238119	1.07	57	1	0.000243	523.0807467	3.0847528	1.20
13	1	0.002776	15.5420399	3.7453181	40.43	58	1	0.000205	708.4896781	0.5263239	0.89
14	1	0.002519	574.6271338	2.9803305	1.09	59	1	0.000189	803.1092263	3.5690037	0.78
15	1	0.002498	576.0498432	2.4679137	1.09	60	1	0.000180	-7143.0695618	2.1922960	0.09
16	1	0.002300	-79.6298007	1.1744118	7.89	61	1	0.000178	0.3932153	5.1804337	1597.90
17	1	0.002177	20.6185548	3.8547875	30.47	62	1	0.000174	627.9552732	0.0874840	1.00
18	1	0.001792	-77.5522611	1.0920660	8.10	63	1	0.000174	584.9364112	0.4175584	1.07
19	1	0.001379	42.6598191	2.6998320	14.73	64	1	0.000170	-159.2596014	3.9970977	3.95
20	1	0.001328	606.2663208	5.8458019	1.04	65	1	0.000169	-470.5732308	4.6417792	1.34
21	1	0.001287	607.6890302	5.3334257	1.03	66	1	0.000168	3.8133036	4.1645294	164.77
22	1	0.001215	105.9381930	6.2228745	5.93	67	1	0.000164	842.9241266	2.1806196	0.75
23	1	0.001177	1203.6460735	2.2928321	0.52	68	1	0.000163	763.2943260	4.9684457	0.82
24	1	0.001108	-0.7113547	5.1547250	883.27	69	1	0.000146	429.2330833	1.3560981	1.46
25	1	0.001014	469.4002955	4.0440138	1.34	70	1	0.000144	1149.9656223	0.9743879	0.55
26	1	0.001008	52.2577418	0.7493203	12.02	71	1	0.000144	2.0355319	3.8954394	308.68
27	1	0.000936	548.6777843	3.4160814	1.15	72	1	0.000137	1414.3495242	3.9875766	0.44
28	1	0.000863	627.5962303	4.5620602	1.00	73	1	0.000136	1151.3883317	0.4955723	0.55
29	1	0.000859	1097.7078805	2.7771526	0.57	74	1	0.000134	723.4794256	0.0904543	0.87
30	1	0.000816	-22.0412642	5.8068915	28.51	75	1	0.000126	683.6645253	1.5090694	0.92
31	1	0.000775	254.4314420	1.6031971	2.47	76	1	0.000117	10.3092774	2.8384968	60.95
32	1	0.000767	214.6165416	3.0002004	2.93	77	1	0.000116	416.4311990	3.4083878	1.51
33	1	0.000710	7.4781599	0.4437258	84.02	78	1	0.000109	606.9776755	3.6179427	1.04
34	1	0.000618	-53.6804512	1.3026428	11.70	79	1	0.000101	-625.6777530	0.6618265	1.00
35	1	0.000609	174.8016413	4.4037652	3.59	80	1	0.000101	1778.9845620	0.2863502	0.35
36	1	0.000598	-119.4447010	2.5834726	5.26	81	1	0.000101	63.9897286	1.6107621	9.82
37	1	0.000582	508.8628840	4.8277235	1.23						
38	1	0.000526	55.3569403	2.3361073	11.35	1	2	0.043230	628.3075850	2.6428937	1.00
39	1	0.000494	-628.6598968	0.2683052	1.00	2	2	0.004065	0.0000000	4.7123890	
40	1	0.000477	134.9867410	5.8086367	4.65	3	2	0.001226	1256.6151700	2.4381406	0.50
41	1	0.000469	-24.2728604	5.1548906	25.89	4	2	0.000195	21.3299095	1.6421870	29.46
42	1	0.000423	95.1718406	0.9311722	6.60	5	2	0.000169	52.9690965	4.5109593	11.86
						6	2	0.000134	-0.3523118	1.5022103	1783.42
43	1	0.000340	-235.2866154	2.5521899	2.67						
44	1	0.000321	-0.7046237	1.8637965	891.71						
45	1	0.000306	943.7762935	4.2264206	0.67	1	3	0.000143	628.3075850	1.1314536	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), N. CAPITAINE (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. Enfin, 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). On peut voir à ce sujet les commentaires de Brumberg et Groten (2001), l'explication détaillée de Soffel et al. (2003) et la discussion sur les applications pratiques de cette résolution dans (IERS, 2002).

### 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  $w^i$  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

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

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 même 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 :

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

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  $\hat{F}^i$  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 être 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 être 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 à 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 à 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





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 à 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

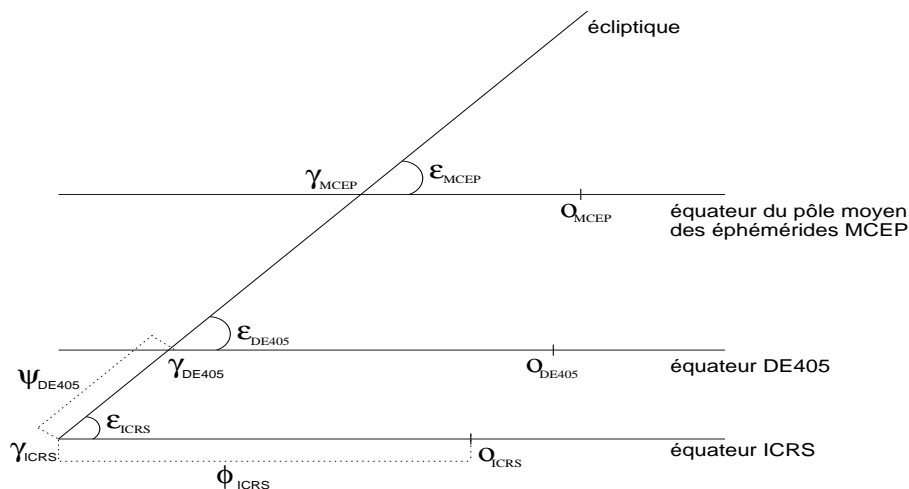
$$(+0.3 - 0.2T, -0.3 + 0.1T, +3.2 - 0.9T) \text{ mas}$$

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 à 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 de référence	Auteurs	$\epsilon - 84381''$ ( $''$ )	$\phi$ ( $''$ )	$\psi$ ( $''$ )
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 modèle 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 à 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 quinze 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).

### 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.

#### 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 (Kovalevsky et al., 1997). Le rattachement entre le repère de référence VLBI et le repère Hipparcos a fait partie du programme Hipparcos.

Les éphémérides planétaires et lunaires sont orientées sur l'ICRS. Des études réalisées par Folkner et al. (1994) montrent que le raccordement entre l'ICRF et le repère dynamique défini à partir des éphémérides planétaires du JPL est connu à mieux que  $\pm 3$  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). 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.

L'ICRF (Ma et al. 1997 et 1998) est le résultat de l'analyse de toutes les observations VLBI disponibles sur la période 1979-1995. Les analyses VLBI qui ont servi à l'établissement de l'ICRF ont été effectuées afin de trouver un bon compromis entre des objectifs parfois divergents : le plus grand nombre de données et l'erreur systématique la plus faible possible, les meilleurs modèles et l'utilisation pratique la plus simple, le plus grand nombre de paramètres estimés et le temps de calcul. Les vitesses de retard sont introduites dans l'analyse. 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'ICRF, 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.

Une source radio doit satisfaire les quatre critères pour servir à la définition (et maintenance) des axes du système.

- 1) Concernant l'historique des observations, on demande un minimum de vingt observations sur un intervalle supérieur à deux ans.
- 2) Les incertitudes en ascension droite et en déclinaison doivent être inférieures à 1 mas.
- 3) D'autres solutions VLBI ont été calculées avec des données acquises par des réseaux de stations différents et analysées avec des logiciels différents. Ces solutions indépendantes ont été comparées à la solution qui a servi de base à l'ICRF après avoir enlevé leurs orientations relatives. Les objets

dont les différences de coordonnées étaient supérieures à 0.5 mas, ou pour lesquels la différence avec la solution de base dépassait  $3\sigma$  ( $\sigma$  étant l'incertitude de la solution pour l'ICRF) n'ont pas été retenus comme sources de définition.

4) En ce qui concerne la structure, plusieurs tests ont été utilisés. D'une part, une variation temporelle dans la structure de la source se manifeste comme un déplacement de son centre d'émission; on peut donc la détecter en calculant les variations de ses coordonnées avec le temps que l'on peut interpréter comme un mouvement propre apparent. D'autre part, il a été montré que la correction de structure calculée à partir de cartes ne doit pas dépasser 10 picosecondes. Fey et Charlot (1997) ont développé des méthodes de détermination des effets de structure et ont établi des indices pour quantifier ces effets.

Le nombre total de sources radio extragalactiques dans la première réalisation de l'ICRF 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*. Elles pourraient devenir des sources de définition dans le futur. 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 plupart des sources de définition de l'ICRF ont des incertitudes inférieures à 0.5 mas. 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.

### 3.4.7. Extensions de l'ICRF

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'ICRF existent déjà. Elles ont été élaborées par le même groupe d'experts qui a calculé la première réalisation du repère de référence céleste international.

Les deux extensions de l'ICRF ont eu pour objectif de densifier l'ICRF avec l'apport de coordonnées de nouvelles sources au repère. Les sources de définition, de même que leurs coordonnées, restent celles de l'ICRF. La première extension de l'ICRF, 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.

### 3.4.8. Futur de l'ICRS

Suivant les recommandations de l'UAI, les programmes astrométriques et géodésiques d'observation VLBI incluent des sources radio dans la maintenance de l'ICRF. Des observations de VLBA (Very Long Baseline Array) peuvent être utilisées afin de mieux connaître la structure des sources radio et la densification du repère. Par ailleurs, il y a eu un progrès significatif dans la connaissance des changements des positions des radiosources. Des analyses menées par Feissel-Vernier (2002) ont conclu qu'il est possible de raffiner la sélection des sources radio stables pour conserver l'orientation des axes du système, si aux critères appliqués pour le choix des sources de définition de l'ICRF on ajoute des analyses statistiques sur les séries temporelles des coordonnées des sources radio. Sur la base de cette sélection, Arias et Bouquillon (2004) ont montré qu'avec l'ensemble de sources de Feissel-Vernier les axes de l'ICRS deviennent plus stables. Tenant compte de ces améliorations, il est fort probable qu'une nouvelle version de l'ICRF soit élaborée dans un futur proche.

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. GAIA (Global Astrometry Interferometer for Astrophysics) peut être considérée comme une extension de la mission Hipparcos, les 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 et de ses déformations, repose sur le positionnement de points à la surface de la Terre ou dans son environnement immédiat. La détermination des positions nécessite en premier lieu des mesures (ou observations) utilisant des techniques classiques (terrestres) ou spatiales et 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 sont donc des quantités ni 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 définit un *Repère de Référence Terrestre* (RRT) comme matérialisation physique du SRT. La distinction entre "système de référence" et "repère de référence" est donc subtile, le premier étant plutôt invariable et inaccessible, le deuxième étant accessible et perfectible.

L'utilisation des techniques spatiales depuis une vingtaine d'années a bouleversé les techniques de positionnement à la surface de la Terre. 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 systématismes les uns par rapport aux autres. Ce constat a conduit les instances internationales et en particulier l'UAI, l'UGGI et l'Association Internationale de Géodésie (AIG) à adopter, en 1991, l'ITRS (International Terrestrial Reference System) comme système de référence terrestre unique, pour toutes les applications relatives aux sciences de la Terre.

La réalisation de l'ITRS, appelée ITRF (International Terrestrial Reference Frame), par les techniques modernes de géodésie spatiale a été confiée à l'IERS, créé en 1988. L'IERS est en charge de trois références globales : l'ITRS, l'ICRS et la rotation de la Terre qui relie les deux systèmes.

Le principe de l'ITRF est de combiner les positions de stations (et leurs vitesses), calculées par différents centres d'analyse en utilisant les observations des techniques spatiales telle que l'interférométrie à très longues lignes de base (VLBI), la télémétrie laser de la Lune (LLR) et de satellites (SLR, Satellite Laser Ranging), 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 SRT est un système de référence spatial tournant avec la Terre dans son mouvement diurne dans l'espace. Dans ce système, les 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). Le SRT n'étant théoriquement pas accessible, on lui associe une réalisation physique, appelée RRT, défini par un ensemble de points physiques ayant des coordonnées estimées (cartésiennes, géographiques ou cartographiques) et exprimées dans le SRT.

Afin de suivre la terminologie adoptée depuis une vingtaine par les communautés géodésique et astronomique (Kovalevsky et Mueller, 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.

Un *système de référence conventionnel* est défini par l'ensemble de conventions, paramètres constants et algorithmes qui influence la détermination des coordonnées des points.

Un *repère de référence conventionnel* est défini par un ensemble de points physiques avec leur coordonnées et qui constitue une réalisation physique d'un système de référence idéal.

Un *système de référence idéal* est modélisé par un repère affine  $(O, E)$  dans 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 :

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

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

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

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

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

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), 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>) :

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

---

<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.

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 :

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

$D$  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 :

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

### 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. 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, échelle, orientation et évolution temporelle.

Les techniques de géodésie spatiale ne sont pas toutes sensibles à tous les paramètres de définition du RRT. L'origine étant le centre des masses (point autour duquel le satellite gravite) 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, non observables, 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. Cette situation est reflétée par le fait que la matrice normale,  $N$ , construite à partir des observations, 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 :

1. *Contraintes d'égalité.* Ce sont des solutions pour lesquelles les positions et vitesses des stations sont contraintes à des valeurs externes à une incertitude ( $\sigma$ ) près. L'équation d'observation correspondante peut s'écrire sous la forme suivante :

$$X - X_0 = 0 \quad (\sigma) \quad (3.5.6)$$

où  $X$  est le vecteur des paramètres estimés (positions et/ou vitesses) et  $X_0$  est celui des paramètres a priori. Il y a cependant 3 types de contraintes d'égalité :

- contraintes détachables où les incertitudes ( $\sigma$ ) sont de l'ordre de  $10^{-5}$  m pour les positions (respectivement m/an pour les vitesses). Elles portent ce nom car elles peuvent être numériquement dissociées de la solution (si la matrice de contraintes est connue) et être remplacées par des contraintes minimales (voir ci-dessous)
- contraintes lâches où les incertitudes sont  $\sigma \geq 1$  m pour les positions et  $\geq 10$  cm/an pour les vitesses.
- contraintes fortes ( $\sigma \leq 10^{-10}$  m) qui sont numériquement difficiles à enlever et qui altèrent probablement la qualité des paramètres estimés.

2. *Contraintes minimales.* Elles servent uniquement à définir le RRT avec un minimum d'information. Ce sont des contraintes appliquées non pas sur les paramètres estimés mais sur les paramètres définissant le RRT (origine, échelle, orientation). Pour plus de détails sur les concepts et l'utilisation des contraintes minimales, voir par exemple, (Sillard et Boucher, 2001) et (Altamimi et al., 2001, 2003b).

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

$$B(X - X_0) = 0 \quad (3.5.7)$$

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

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

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

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

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 a priori  $X_0$ . 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).  $A$  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 :

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

Le modèle de combinaison ci-dessus peut être étendu pour inclure les paramètres de rotation de la Terre (PRT). L'introduction des PRT dans le modèle de combinaison est gouvernée par les équations suivantes, faisant intervenir les coordonnées du pôle  $x_s^p$ ,  $y_s^p$  et le Temps universel  $UT_s$  ainsi que leurs variations journalières  $\dot{x}_s^p$ ,  $\dot{y}_s^p$  et  $LOD_s$  :

$$\begin{aligned}
x_s^p &= x^p + R2_k \\
y_s^p &= y^p + R1_k \\
UT_s &= UT - \frac{1}{f} R3_k \\
\dot{x}_s^p &= \dot{x}^p + \dot{R}2_k \\
\dot{y}_s^p &= \dot{y}^p + \dot{R}1_k \\
LOD_s &= LOD + \frac{\Lambda_0}{f} \dot{R}3_k
\end{aligned} \tag{3.5.12}$$

où  $f = 1.002737909350795$  est le facteur de conversion de temps universel en temps sidéral. Considérant  $LOD = -\Lambda_0 \frac{dUT}{dt}$ ,  $\Lambda_0$  est homogène à  $dt$  ( $\Lambda_0 = 1$  jour en unité temps).

Il faut noter que le lien entre les PRT et le RRT est assuré par les trois angles de rotation  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$ , et leurs variations par rapport au temps  $\dot{R}1$ ,  $\dot{R}2$ ,  $\dot{R}3$ . Par conséquent les PRT sont gouvernés par le repère combiné, de sorte que s'il y a un biais dans la définition ou l'établissement du RRT combiné il se répercutera sur les PRT eux-mêmes. Il est de ce fait nécessaire d'assurer la stabilité de l'orientation du RRT dans le temps.

### 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 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, avant la création, en 1988, de l'IERS.

Depuis, dix versions de l'ITRF ont été publiées, la première étant l'ITRF88 et la dernière, l'ITRF2000, chaque nouvelle version améliorant 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.

La précision des positions de stations ITRF et de leurs vitesses est devenue meilleure, grâce aux améliorations apportées par les centres d'analyses et la réalisation par combinaison de l'ITRF. La figure 3.5.2. représente les erreurs sphériques formelles en positions et en vitesses, comparant ITRF94, 96, 97, et ITRF2000.



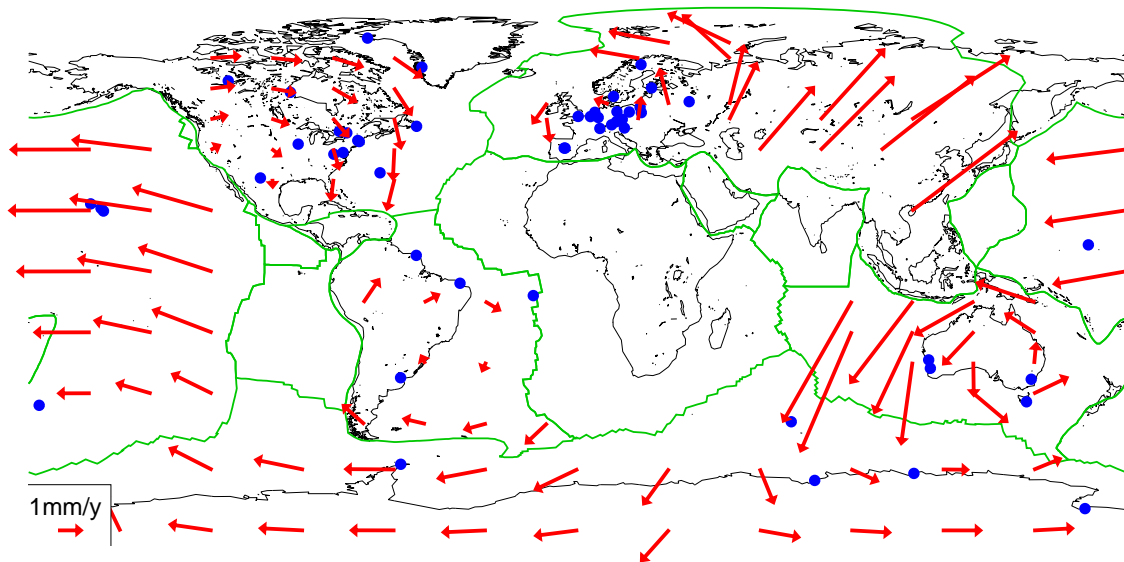


Fig. 3.5.3. Différences des vitesses entre l'ITRF2000 et le modèle NNR-NUVEL-1A

### 3.5.5. L'ITRF2000

Actuellement, l'ITRF2000 représente la version courante de l'ITRF.

L'ITRF2000 est une solution étendue et améliorée dans le but de servir de référence à la fois pour le positionnement et les applications aux sciences de la Terre. En plus des sites primaires, VLBI, SLR, GPS et DORIS, l'ITRF2000 comprend une densification par des réseaux GPS régionaux en Alaska, Antarctique, Asie, Europe, Amérique 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 obtenue en fixant à zéro les translations et leurs dérivées entre l'ITRF2000 et une moyenne pondérée de cinq solutions SLR.
- L'échelle est obtenue par une moyenne pondérée des cinq solutions SLR et de trois solutions VLBI. Contrairement à l'échelle de l'ITRF97 compatible avec le TCG, l'ITRF2000 est compatible avec le TT.
- L'orientation est obtenue 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).

Les résultats de l'ITRF2000 ont montré un désaccord significatif avec le modèle NUVEL-1A en terme de mouvements relatifs entre plaques tectoniques (Altamimi et al., 2002). Cependant l'alignement de l'orientation différentielle de l'ITRF2000 au modèle NNR-NUVEL-1A est assurée

à 1 mm/an (Altamimi et al., 2003). Par conséquent, bien que l'ITRF2000 soit globalement aligné sur le modèle NNR-NUVEL-1A, des différences de vitesses au niveau régional peuvent atteindre 3mm/an comme le montre la figure 3.5.3.

### 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 :

$$[TRS] = W(t) R(t) C(t) [CRS], \quad (3.6.1)$$

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 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 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 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 étant appelées respectivement *origine céleste des éphémérides* (CEO, Celestial Ephemeris Origin) et *origine terrestre des éphémérides* (TEO, Terrestrial Ephemeris Origin). Il est à noter que les récentes recommandations du groupe de travail de l'UAI sur la nomenclature pour l'astronomie fondamentale proposent de renommer ces origines 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. On utilisera cette dénomination dans la suite.

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) :

$$\theta(UT1) = 2\pi(0.779\,057\,273\,264\,0 + 1.002\,737\,811\,911\,354\,48 \times (t - 2451\,545.0)), \quad (3.6.3)$$

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.

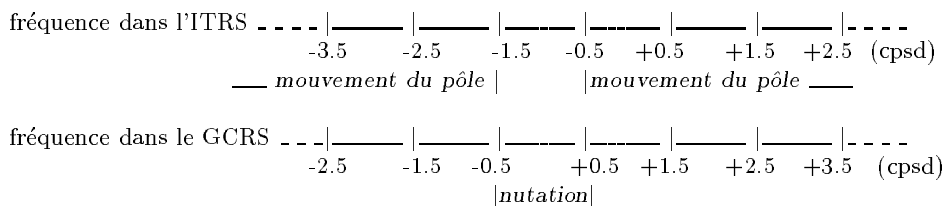
### 3.6.4. Les paramètres d'orientation de la Terre

#### 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  $\Delta UT1$  du paramètre UT1, telles que :  $\Delta UT1 = (1/k) \int_0^t m_3 dt$ ,  $k$  étant le facteur de proportionnalité entre  $\theta$  et UT1. Elles s'obtiennent par la détermination de  $UT1 - TAI$  à partir d'observations.





La résolution B1.8 de l'UAI recommande 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. Cela amène à utiliser, à la place des quantités classiques de précession-nutation, les cosinus directeurs, notés  $X$  et  $Y$ , du CIP dans le GCRS qui expriment directement la direction de l'axe du pôle intermédiaire sur la sphère céleste sous une forme très similaire à celle exprimant usuellement la direction de cet axe dans le système de référence terrestre.

### 3.6.4.3. Bases de la nouvelle définition du Temps universel UT1

Jusqu'au 1 janvier 2003, UT1 était défini, à partir du temps sidéral moyen à 0 h UT1, par la relation de Aoki et al. (1982). Cette définition était adaptée à la détermination de UT1 à 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 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

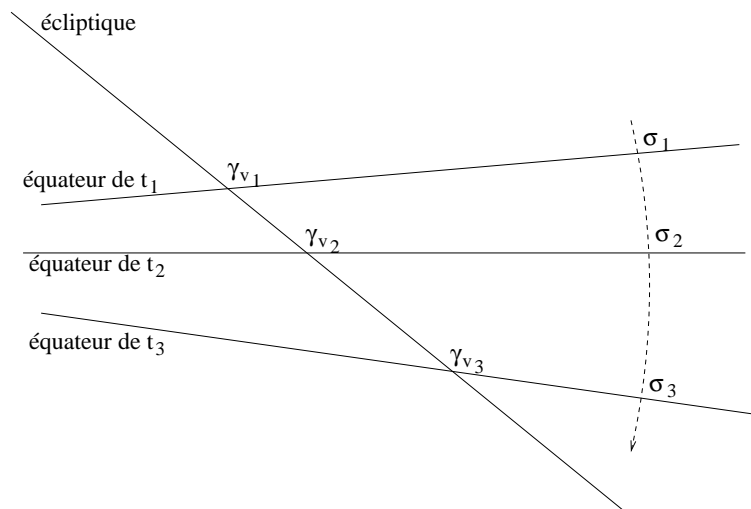
l'équateur mobile et les suivantes sont remplies par un choix approprié des valeurs numériques des coefficients.

#### 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.

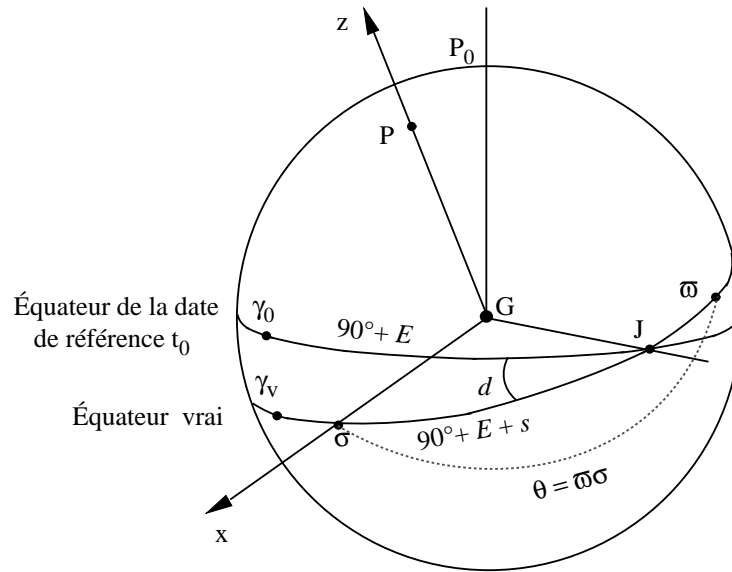
Soit  $(P_0)$  le système céleste quasi-inertiel défini par le pôle céleste moyen  $P_0$  et l'équinoxe  $\gamma_0$  à l'époque  $t_0$ . On définit, dans l'équateur mobile à la date  $t$ , c'est-à-dire dans le système de référence équatorial instantané vrai de pôle  $P$  (dans la pratique, le CIP) et 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



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

la direction du CIP. Avec les notations de la figure 3.6.3, la quantité  $s = \sigma\mathbf{J} - \gamma_0\mathbf{J}$  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 :

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

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

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

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 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 :

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

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 :

$$\theta = \omega_3 (t - t_0), \quad (3.6.7)$$

$\omega_3$  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 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 de l'UAI.

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  $t_o$ . 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 :

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

$(x, y)_{IERS}$  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  $(\Delta x, \Delta y)_{nutatation}$  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) :

$$\theta(d_u) = 2\pi (0.779\,057\,273\,264\,0 + 1.002\,737\,811\,911\,354\,48 T_u), \quad (3.6.17)$$

où  $T_u$  = date julienne UT1 - 2 451 545.0, et UT1 = UTC + (UT1 - UTC), la valeur de UT1 - 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 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) :

$$\begin{aligned}
 X = & -0''.016\,616\,99 + 2\,004''.191\,742\,88t - 0''.427\,219\,05t^2 \\
 & - 0''.198\,620\,54t^3 - 0''.000\,046\,05t^4 + 0''.000\,005\,98t^5 \\
 & + \sum_i [(a_{s,0})_i \sin(\text{ARGUMENT}) + (a_{c,0})_i \cos(\text{ARGUMENT})] \\
 & + \sum_i [(a_{s,1})_i t \sin(\text{ARGUMENT}) + (a_{c,1})_i t \cos(\text{ARGUMENT})] \\
 & + \sum_i [(a_{s,2})_i t^2 \sin(\text{ARGUMENT}) + (a_{c,2})_i t^2 \cos(\text{ARGUMENT})] + \dots,
 \end{aligned} \tag{3.6.18}$$

$$\begin{aligned}
 Y = & -0''.006\,950\,78 - 0''.025\,381\,99t - 22''.407\,250\,99t^2 \\
 & + 0''.001\,842\,28t^3 + 0''.001\,113\,06t^4 + 0''.000\,000\,99t^5 \\
 & + \sum_i [(b_{c,0})_i \cos(\text{ARGUMENT}) + (b_{s,0})_i \sin(\text{ARGUMENT})] \\
 & + \sum_i [(b_{c,1})_i t \cos(\text{ARGUMENT}) + (b_{s,1})_i t \sin(\text{ARGUMENT})] \\
 & + \sum_i [(b_{c,2})_i t^2 \cos(\text{ARGUMENT}) + (b_{s,2})_i t^2 \sin(\text{ARGUMENT})] + \dots,
 \end{aligned} \tag{3.6.19}$$

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  $LM_e, LV_e, LE, LM_a, LJ, Ls_a, LU, LNe$  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,  $dX_{IAU2000} = d\psi_{IAU2000} \sin \varepsilon$  et  $dY_{IAU2000} = d\varepsilon_{IAU2000}$ , diffusées par l'IERS.

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) :

$$\begin{aligned}
 s = & -XY/2 + 0''.000\,094 + 0''.003\,808t - 0''.000\,120t^2 - 0''.072\,574t^3 - 0''.002\,641 \sin \Omega \\
 & - 0''.000\,064 \sin 2\Omega - 0''.000\,012 \sin(2\lambda + \Omega) - 0''.000\,011 \sin(2\lambda - \Omega) \\
 & + 0''.000\,744t^2 \sin \Omega + 0''.000\,057t^2 \sin 2\lambda + 0''.000\,010t^2 \sin 2\lambda,
 \end{aligned} \tag{3.6.20}$$

$\lambda$  et  $\lambda$  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.

**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
.....																

### 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 de l'UAI 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 :

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

$C''(t)$ , 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 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 :

$$\begin{aligned} \text{GST} = & 0.014506'' + \theta + 4612.15739966''t + 1.39667721''t^2 - 0.00009344''t^3 + 0.00001882''t^4 \\ & + \Delta\psi \cos \varepsilon_A - \sum_k C'_k \sin \alpha_k - 0.00000087''t \sin \Omega. \end{aligned} \quad (3.6.23)$$

Les deux derniers termes de (3.6.23) sont des termes complémentaires à ajouter à l'expression classique de l'équation des équinoxes,  $\Delta\psi \cos \varepsilon_A$ , 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  $\Delta\varepsilon$  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  $d\varepsilon_{IAU2000}$ . 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  $\varepsilon_A$ ,  $\psi_A$ ,  $\omega_A$  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 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  $0.1 \mu\text{s}$  :

$$\begin{aligned} \text{GMST00}(t_{\mathbf{u}}, t) = & \text{UT1} + 24110.5493771 + 8639877.3173760 t_{\mathbf{u}} + 307.4771600 t \\ & + 0.0931118 t^2 - 0.0000062 t^3 + 0.0000013 t^4, \end{aligned} \quad (3.6.24)$$

où  $t_{\mathbf{u}}$  et  $t$  sont, respectivement, les dates en UT1 et en TT, exprimées en siècles juliens à partir de J2000.

Ou bien, de façon équivalente :

$$\begin{aligned} \text{GMST00}(t_{\mathbf{u}}, t) = & \text{UT1} + 24110.5493771 + 8640184.7945360 t_{\mathbf{u}} + 307.4771600 (t - t_{\mathbf{u}}) \\ & + 0.0931118 t^2 - 0.0000062 t^3 + 0.0000013 t^4, \end{aligned} \quad (3.6.25)$$

à comparer avec la définition 1982 de UT1 :

$$\begin{aligned} \text{GMST82}(t_{\mathbf{u}}) = & \text{UT1} + 24110.54841 + 8640184.812866 t_{\mathbf{u}} \\ & + 0.093104 t_{\mathbf{u}}^2 - 0.0000062 t_{\mathbf{u}}^3. \end{aligned} \quad (3.6.26)$$

### 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. : 2003, 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. : 2003, ITRF2000 : From Theory to Implementation, *Proceedings of IAG V Hotine Marussi symposium*.
- 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, Théorie du mouvement de l'ensemble des planètes. 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 référence spatio-temporels*, Saint-Pétersbourg, (sous presse).
- Brzeziński, 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.
- 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.
- 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 mai
- 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.
- 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. : 1989, in *Reference frames in Astronomy and Geophysics*, Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolaczek, B. eds, Kluwer Academic Publishers, 1.
- Kovalevsky, J., Lindegren, 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.
- 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**.
- 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).
- Schwan, H. : 1983, *Veröffentlichungen Astronomisches Rechen-Institut Heidelberg* 30, 47.
- 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),  
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 les corps du système solaire (Lune, Soleil, planètes), les couches fluides à la surface du globe ou dans la croûte (atmosphère, océans, eaux souterraines et réseaux hydrologiques) et conditionnées par la structure interne de la planète (manteau, noyau liquide, graine solide) et sa rhéologie. Ce mouvement se décompose en deux parties, l'une modélisable et l'autre non modélisable. La partie modélisable provient de l'attraction gravitationnelle de la Lune, du Soleil et, dans une bien moindre mesure, des planètes, exercée sur le bourrelet équatorial de la Terre. Les mouvements réguliers des corps perturbateurs donnent naissance à des mouvements périodiques de l'axe de rotation terrestre dans un repère céleste : c'est la précession-nutation. Les amplitudes de ces oscillations sont soumises aux lois de la mécanique céleste et sont prédictibles. En revanche, les effets de l'atmosphère, des océans, ou des mouvements au sein de la Terre le sont difficilement. Les raisons sont à chercher dans notre méconnaissance des processus de circulation atmosphérique et océanique, et d'interaction (friction, charge) avec la croûte terrestre ainsi que des processus de couplages topographiques ou électromagnétiques entre le manteau et le noyau.

L'observation astrométrique s'effectue depuis des stations au sol dans un repère de référence terrestre. Les positions et mouvements des corps observés (Lune, étoiles, quasars) sont décrits dans le repère céleste. L'orientation de la Terre est l'orientation relative de ces deux repères de référence,

terrestre et céleste. La séparation entre variations lentes et rapides des angles d'orientation de la Terre, c'est-à-dire entre les mouvements de l'axe de figure de la Terre et la rotation diurne, nécessite 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). L'observation astrométrique donne ainsi accès à la position de cet axe à la fois dans le repère céleste et dans le repère terrestre. Le modèle de précession-nutation décrit la position de cet axe dans le repère céleste. Les observations permettent de déterminer les écarts entre le pôle intermédiaire observé et le pôle intermédiaire modélisé, ainsi que le vecteur joignant le pôle nord géographique à ce pôle céleste intermédiaire, vecteur usuellement rapporté au repère terrestre et que l'on nomme *mouvement du pôle*. Les techniques d'observation actuelles comme la radio-interférométrie à très longue base (VLBI, Very Long Baseline Interferometry), le système de positionnement global (GPS, Global Positioning 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 cet axe à quelques dixièmes de millisecondes de degré près. 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'axe de figure de la Terre subit des variations d'orientation dans un repère céleste sous l'effet du couple gravitationnel externe (principalement luni-solaire mais aussi planétaire) sur le bourrelet équatorial, et, dans une moindre mesure, des couches fluides à la surface du globe et de la rotation libre du noyau fluide. L'axe de figure décrit ainsi dans un repère céleste un cône d'ouverture  $23^{\circ}26'$  en 26000 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 rotation 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 la Terre, alors considérée comme indéformable, devrait 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. Chandler, en 1891, découvre que ces variations se scindent en un terme annuel et un terme de 14 mois. Ce terme de 14 mois est bien le mouvement libre prédit par Euler plus d'un siècle auparavant. Sa période est voisine de 433 jours et son allongement 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 de la Terre globale). On a montré récemment que le mécanisme d'excitation de ce mouvement libre est d'origine atmosphérique et océanique.

Outre cette oscillation libre dite *oscillation de Chandler* dont l'amplitude est voisine de 150 millisecondes de degré (mas), 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  $\Omega = 7.292\,115 \times 10^{-5}$  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 millisecondes ;
- 2) aux marées zonales qui produisent des variations de l'ellipticité dynamique de la Terre 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 le terme annuel et 0.2 ms sur le terme semi-annuel.

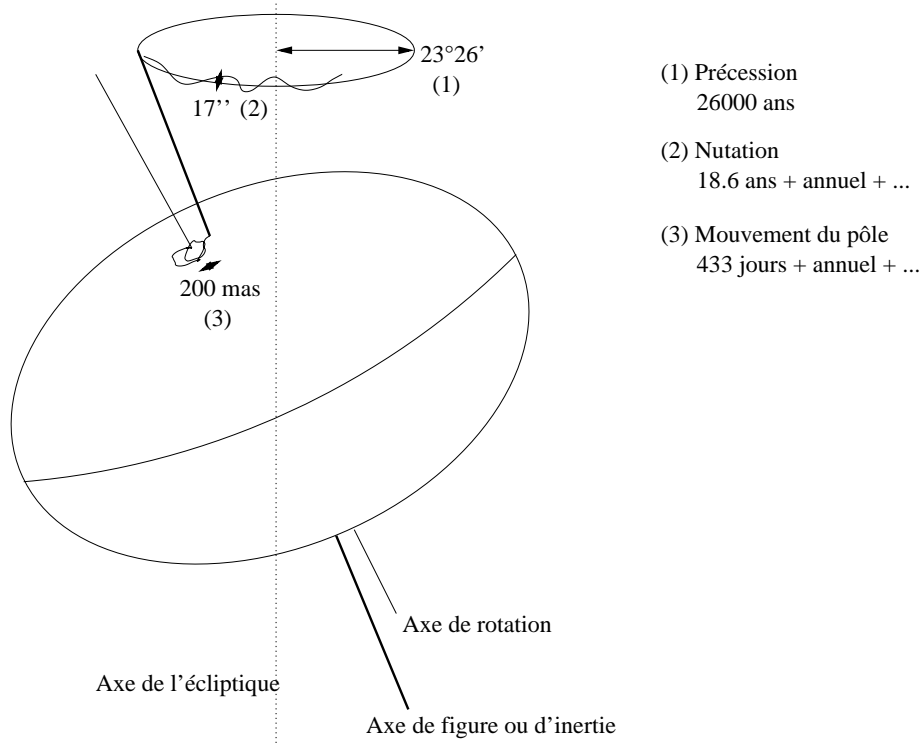
### 4.1.3. Dynamique de la rotation de la Terre

#### 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 :

$$\frac{d\mathbf{H}}{dt} = \mathbf{\Gamma} . \quad (4.1.1)$$

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



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

instantané de rotation s'exprime dans le repère terrestre par :

$$\boldsymbol{\omega} = \Omega \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ 1 + m_3 \end{pmatrix}, \quad (4.1.2)$$

où  $\Omega = 7.292\,115 \times 10^{-5}$  rad/s est la vitesse de rotation moyenne de la Terre et 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  $\bar{\mathbf{I}}$ , et d'un moment cinétique "relatif"  $\mathbf{h}$  :

$$\mathbf{H} = \bar{\mathbf{I}}\boldsymbol{\omega} + \mathbf{h}. \quad (4.1.3)$$

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, sa matrice d'inertie  $\bar{\mathbf{I}}$  s'écrit :

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

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  $c_{ij}$  des incréments d'inertie supposés petits dus aux déformations ou aux anomalies de masse.

En explicitant l'équation (4.1.1) dans le repère terrestre (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  $m = m_1 + im_2$ ,  $\Gamma = \Gamma_1 + i\Gamma_2$ ,  $h = h_1 + ih_2$  et  $c = c_{13} + ic_{23}$ , on obtient les équations d'Euler-Liouville linéarisées :

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

où  $\sigma_r = \frac{C-A}{A}\Omega$  est 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  $\chi$  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  $m$  du pôle instantané de rotation et les coordonnées  $p = x_p - iy_p$  (comptées par convention dans un repère indirect) du CIP dans le repère terrestre est :

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



### 4.1.3.3. La durée du jour

L'excès de la longueur du jour par rapport au jour solaire moyen (86400 secondes) est :

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

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 :

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

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. Pour retrouver les angles de nutation classiques, on a  $\Delta\psi \sin \theta = \Delta\psi \sin \epsilon$  et  $\Delta\theta = -\Delta\epsilon$ . La précession est la partie polynomiale des paramètres  $\psi$  et  $\theta$  alors que la nutation est constituée par leur partie périodique.

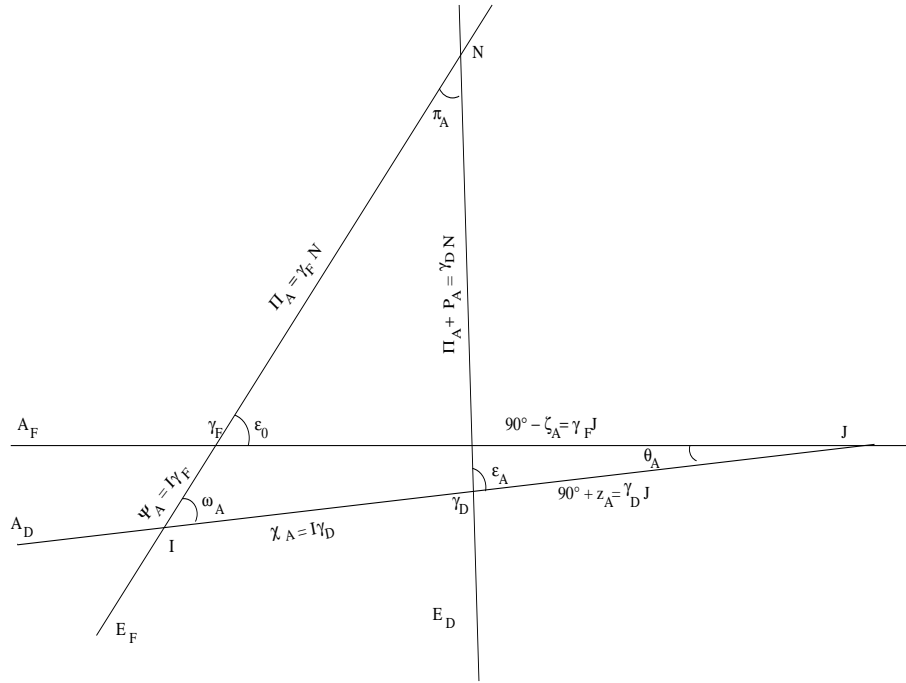
## 4.2. LA PRÉCESSION

### 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) :

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



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

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.

#### 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 :

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

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 :

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

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

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

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 Francou, 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 de Capitaine, Wallace et Chapront (2003)

Pour calculer les quantités liées à la précession de l'écliptique les auteurs de ce modèle qu'ils notent P03, 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 à la non-rigidité de la Terre sont prises en compte d'une manière très complète.

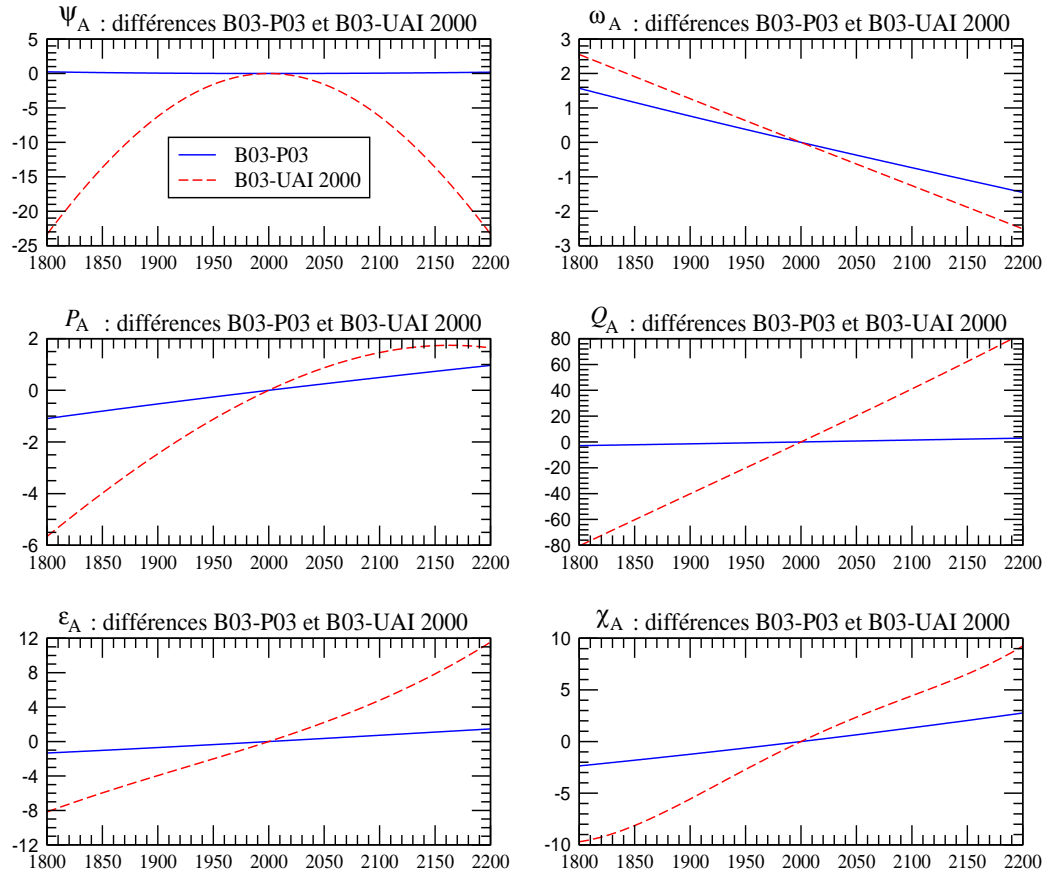
Les auteurs prennent la valeur de  $\varepsilon_0$  recommandée par les IERS Conventions 2000. Ils déterminent  $\frac{d\psi_A}{dt}$  en utilisant la valeur de Mathews et al. (2002) après l'avoir corrigée de certains effets perturbateurs dus aux observations, de façon à la rendre compatible avec la nouvelle 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 P03. Ces polynômes peuvent aller jusqu'en  $t^3$  pour UAI 2000,  $t^7$  pour B03 et  $t^5$  pour P03. 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 P03 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 P03 d'une part et B03 et



**Fig. 4.3.** Écarts entre les modèles B03 et P03 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'').

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 P03 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  $Q_A$ .

**Table 4.2.1.** Coefficients des polynômes de la précession issus des formulaires UAI 2000, B03 (Bretagnon et al., 2003) et P03 (Capitaine 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 B03 P03	$P_A$		41.976 41.99604 41.99094	19.447 19.39715 19.39873	- 0.179 - 0.22350 - 0.22466	- 0.01035 - 0.00912	0.00019 0.0012		
UAI 2000 B03 P03	$Q_A$		- 468.150 - 468.09550 - 468.11015	5.059 5.10421 5.10283	0.344 0.52228 0.52413	- 0.00569 - 0.00646	- 0.00014 - 0.00172	0.00001	
UAI 2000 B03 P03	$\pi_A$		470.029 469.97560 469.98973	- 3.302 - 3.35050 - 3.34926	0.060 - 0.12370 - 0.12559	0.00030 0.00113	- 0.00022		
UAI 2000 B03 P03	$\Pi_A$	629 554.982 629 543.988 629 546.7936	- 8698.089 - 8679.218 - 8679.5758	3.536 15.342 15.7992	0.005 - 0.037 - 0.5371	- 0.037 - 0.4797	- 0.001 0.0072		
UAI 2000 B03 P03	$\mathcal{P}_A$		50287.92262 50287.92262 50287.96195	111.113 111.24406 110.54348	- 0.006 0.07699 0.07964	- 0.23479 - 0.23857	- 0.00178 - 0.00383	0.00018	0.00001
UAI 2000 B03 P03	$\varepsilon_A$	84381.448 84381.40880 84381.406	- 468.150 - 468.36051 - 468.36769	- 0.059 - 0.01667 - 0.01831	1.813 1.99911 2.00340	- 0.00523 - 0.00576	- 0.00248 - 0.00434	- 0.00003	
UAI 2000 B03 P03	$\omega_A$	84381.448 84381.40880 84381.406	- 0.25240 - 0.26501 - 0.25754	5.127 5.12769 5.12623	- 7.726 - 7.72723 - 7.72503	- 0.00492 - 0.00467	0.03329 0.0337	- 0.00031	- 0.00006
UAI 2000 B03 <sup>(1)</sup> P03	$\psi_A$		50384.78750 50384.78750 50384.81507	- 107.259 - 107.89530 - 107.90069	- 1.147 - 1.14366 - 1.14045	1.32832 1.32851	- 0.00940 - 0.00951	- 0.00350	0.00017
UAI 2000 B03 P03	$\chi_A$		105.526 105.57686 105.56403	- 238.064 - 238.13769 - 238.14292	- 1.125 - 1.21258 - 1.21197	1.70238 1.70663	- 0.00770 - 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
P03			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	
P03		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	
P03		- 2.650545	23060.77181	109.27348	18.26837	- 0.28596	- 0.02904		

#### 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 :

$$\begin{aligned}
\Delta P_A &= 0 \\
\Delta Q_A &= 0 \\
\Delta \pi_A &= 0 \\
\Delta \Pi_A &= 0 \\
\Delta \mathcal{P}_A &= \Delta \mathcal{P}_1 t + (0.0031 \Delta \mathcal{P}_1) t^2 \\
\Delta \theta_A &= (0.3978 \Delta \mathcal{P}_1 + 0.2236 \Delta \varepsilon_0) t - (0.0008 \Delta \mathcal{P}_1) t^2 - (0.0025 \Delta \mathcal{P}_1) t^3 \\
\Delta \zeta_A &= (0.4588 \Delta \mathcal{P}_1 - 0.0485 \Delta \varepsilon_0) t + (0.0009 \Delta \mathcal{P}_1) t^2 + (0.0011 \Delta \mathcal{P}_1) t^3 \\
\Delta z_A &= (0.4588 \Delta \mathcal{P}_1 - 0.0485 \Delta \varepsilon_0) t + (0.0028 \Delta \mathcal{P}_1) t^2 + (0.0011 \Delta \mathcal{P}_1) t^3 \\
\Delta \varepsilon_A &= \Delta \varepsilon_0 \\
\Delta \omega_A &= \Delta \varepsilon_0 - (0.0003 \Delta \mathcal{P}_1) t^3 \\
\Delta \psi_A &= (\Delta \mathcal{P}_1 - 0.0013 \Delta \varepsilon_0) t + (-0.0021 \Delta \mathcal{P}_1 + 0.0021 \Delta \varepsilon_0) t^2 \\
\delta \chi_A &= (-0.0012 \Delta \varepsilon_0) t + (-0.0057 \Delta \mathcal{P}_1 + 0.0027 \Delta \varepsilon_0) t^2
\end{aligned} \quad (4.2.9)$$

où  $\Delta \mathcal{P}_1$  est mesuré en secondes de degré par millier d'années et  $\Delta \varepsilon_0$  en secondes de degré.

### 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  $\boldsymbol{\Omega}$ ,  $\boldsymbol{\Omega}_f$ ,  $\boldsymbol{\Omega}_s$  du manteau, du noyau externe fluide et du noyau interne solide, sous la forme

$$\boldsymbol{\Omega} = \Omega_0(\mathbf{i}_3 + \mathbf{m}), \quad \boldsymbol{\Omega}_f = \boldsymbol{\Omega} + \Omega_0\mathbf{m}_f, \quad \boldsymbol{\Omega}_s = \boldsymbol{\Omega} + \Omega_o\mathbf{m}_s, \quad (4.3.4)$$

où  $\Omega_0\mathbf{i}_3 \equiv \boldsymbol{\Omega}_0$  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  $30 \mu\text{as}$  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  $\boldsymbol{\omega} = \boldsymbol{\Omega}_o \mathbf{m}$  et  $\boldsymbol{\omega}_f = \boldsymbol{\Omega}_o \mathbf{m}_f$ , 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,  $\tilde{m} = \tilde{m}(\sigma)e^{i\sigma\Omega_0 t}$ ,  $\tilde{m}_f = \tilde{m}_f(\sigma)e^{i\sigma\Omega_0 t}$ ,  $\tilde{c}_3 = c_3(\sigma)e^{i\sigma\Omega_0 t}$ ,  $\tilde{c}_3^f = c_3^f(\sigma)e^{i\sigma\Omega_0 t}$  et l'équation s'écrit finalement

$$(\sigma - \epsilon)\tilde{m}(\sigma) + (1 + \sigma)(\tilde{c}_3(\sigma)/A) + (A_f/A)\tilde{m}_f(\sigma) = \tilde{\Gamma}(\sigma)/(iA\Omega_0^2). \quad (4.3.6)$$

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  $\epsilon$  :  $\tilde{\Gamma}(\sigma) = -i\epsilon A\tilde{\phi}(\sigma)$ .

Pour la Terre rigide (pas de déformation, pas de noyau), la solution de (4.3.6) est immédiate :

$$\tilde{m}_R(\sigma) = \frac{\epsilon}{(\epsilon - \sigma)}\tilde{\phi}(\sigma). \quad (4.3.7)$$

L'équation de bilan du moment cinétique pour le noyau fluide a la forme :

$$(\sigma + (1 + \epsilon_f)\tilde{m}_f(\sigma) + \sigma[\tilde{m}(\sigma) - \tilde{c}_3^f(\sigma)]) - K^{CMB}\tilde{m}_f(\sigma) = 0. \quad (4.3.8)$$

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 *nutaton 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.

#### 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 géopotentiel  $(C_{nm}, S_{nm})$  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 géopotentiel  $(C_{3,1}$  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

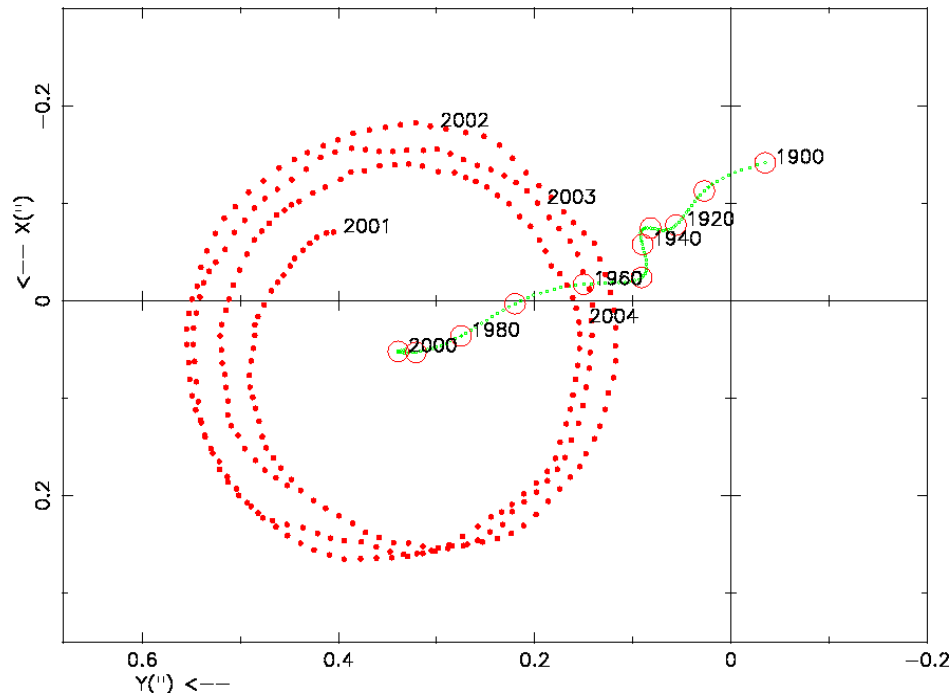
liquide et le manteau (Eubanks, 1985). On sait maintenant qu'elle est due à une combinaison de phénomènes atmosphériques et océaniques. Gross (2000) a montré en particulier que les variations de pression atmosphérique dans les fonds des océans et la pression atmosphérique sur les continents expliquaient, 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 J2, 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.



**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.

#### 4.4.2.2. 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 +/- 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 86400 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.

#### 4.4.2.3. Excès $\Delta LOD$ de la durée du jour sur les 86400s

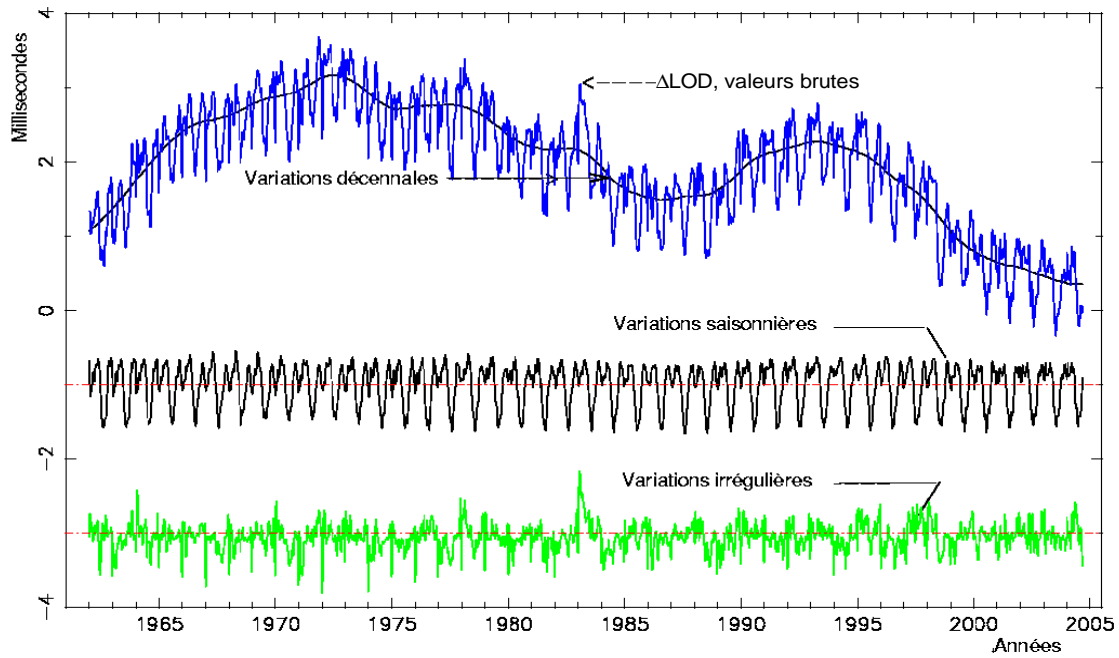
En l'état actuel de nos connaissances et en dehors des effets de marée dus aux actions de la Lune et du Soleil, les variations de la durée du jour peuvent être séparées en plusieurs composantes :

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

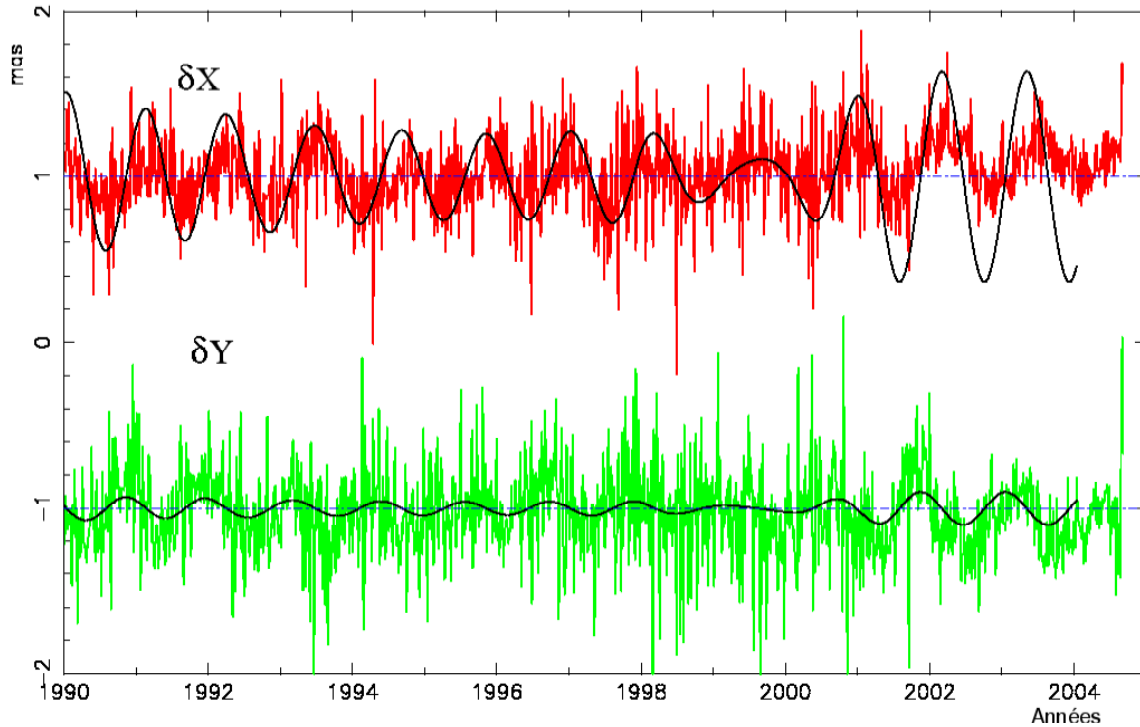


**Fig. 4.5.** Filtrage de  $\Delta LOD$ , variations décennales, saisonnières et irrégulières.  
L'unité est la milliseconde.

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. 4.6.** Écarts  $\delta X$  et  $\delta Y$  du pôle céleste. La courbe en trait continu représente la FCN.  
L'unité est le mas.

#### 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 1er 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 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 janvier 1999 à 0h UTC, soit à 1 heure temps légal en France. La prochaine se produira vraisemblablement le 1 janvier 2007 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° 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.
- 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 .
- 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 :

$$\psi = (Ox, Om), \quad \phi = (Om, OM), \quad r = |OM|,$$

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

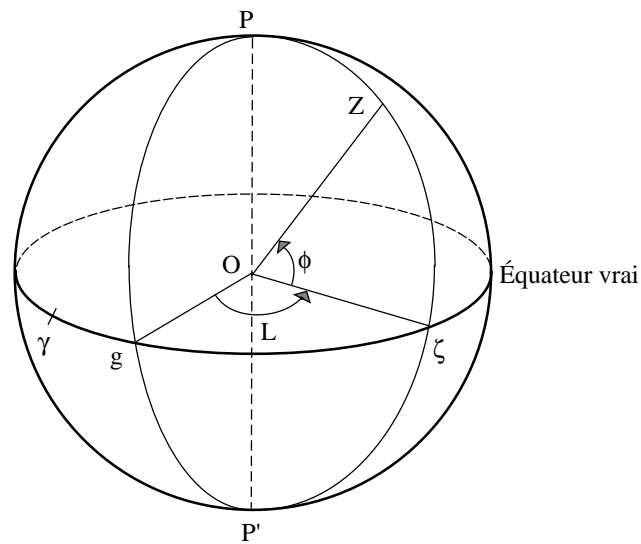
Un point à la surface de la Terre est rattaché à un repère céleste géocentrique par sa *longitude astronomique*  $L$  et sa *latitude astronomique*  $\phi$ , coordonnées polaires de la direction  $OZ$  parallèle à la verticale du lieu, rapportées à l'équateur vrai de la date du repère céleste et à une 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  $0^\circ$  à  $180^\circ$  est ou ouest. Dans cet ouvrage, les longitudes sont comptées de  $-180^\circ$  à  $180^\circ$  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.

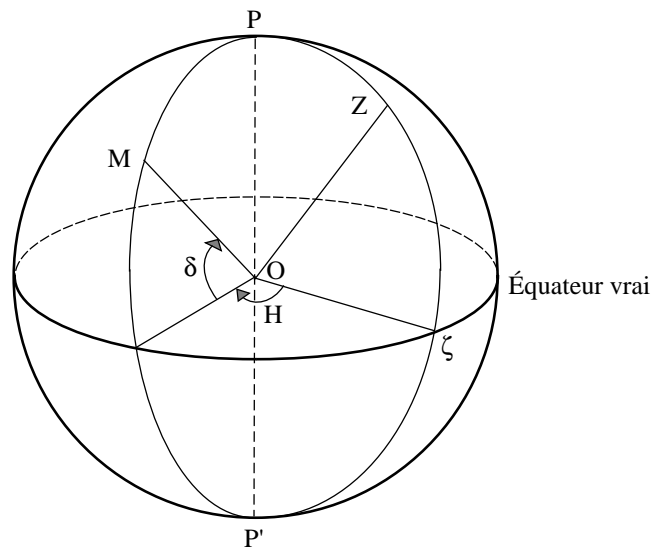
### 5.2.1.4. Coordonnées horaires et coordonnées horizontales

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 :

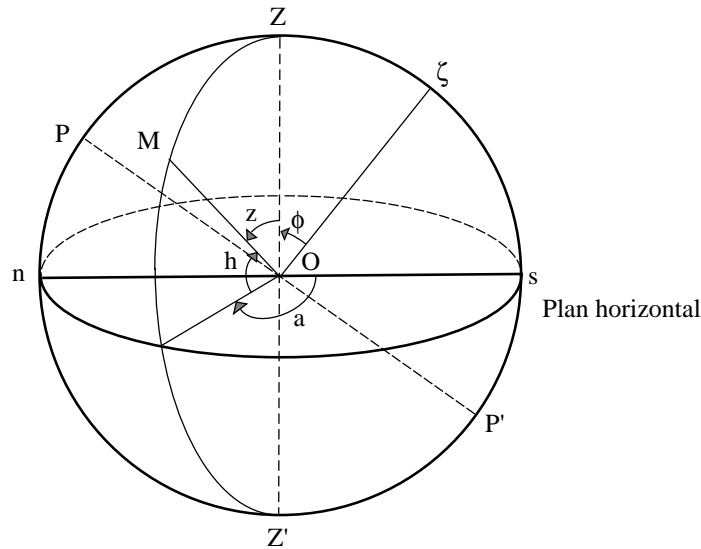
$$H' - H = L - L',$$

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 $\lambda$ sens positif = sens direct latitude $\beta$ $-90^\circ < \beta < 90^\circ$
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 $\alpha$ sens positif = sens direct déclinaison $\delta$ $-90^\circ < \delta < 90^\circ$
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 $H$ sens positif = sens rétrograde déclinaison $\delta$ $-90^\circ < \delta < 90^\circ$
horizontales d'un lieu	plan horizontal du lieu	direction sud (astronomes) direction nord (marins)	zénith du lieu	azimut $a$ sens positif = sens rétrograde hauteur $h$ $-90^\circ < h < 90^\circ$

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 $\sigma_F$	écliptique ou équateur à $\sigma_F$	pas d'aberration
astrométriques à $\sigma_F$	écliptique ou équateur à $\sigma_F$	calcul du temps de lumière
moyennes à la date $t$	écliptique ou équateur moyen à $t$	astrométriques à $\sigma_F$ + précession de $\sigma_F$ à $t$
apparentes à la date $t$	écliptique ou équateur moyen à $t$	moyennes à la date $t$ + nutation + déflexion des rayons lumineux + aberration annuelle + 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.  $x_D^A, y_D^A, z_D^A, \alpha_D$  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  $\delta_V$ .

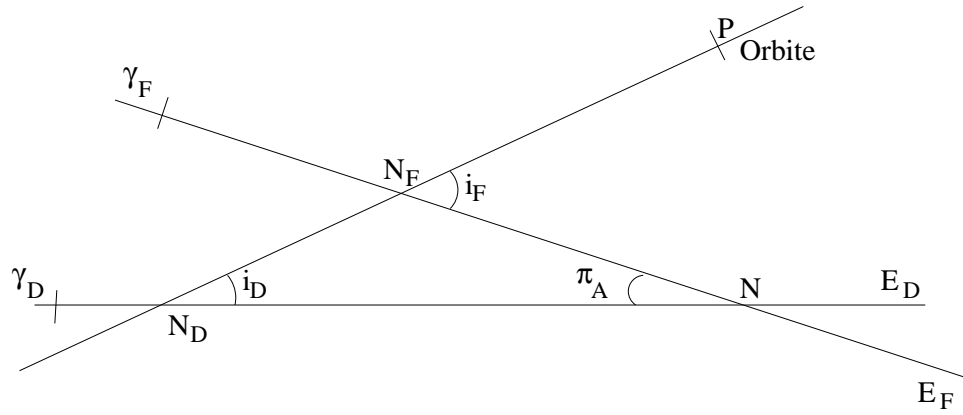
### 5.3.7. Variations des éléments d'une orbite sous l'effet d'un changement de date de référence

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 :

$$\begin{aligned} \gamma_F N_F &= \Omega_F, \\ \gamma_D N_D &= \Omega_D, \\ \varpi_F &= \gamma_F N_F + N_F P, \\ \varpi_D &= \gamma_D N_D + N_D P. \end{aligned}$$



**Fig. 5.4.** Éléments d'une orbite.

En désignant par  $\Delta\omega$  l'arc  $N_D N_F$ , on a :

$$\varpi_D - \varpi_F = \Omega_D - \Omega_F + \Delta\omega.$$

En comparant les figures 4.2 et 5.4, on voit que :

$$\begin{aligned} N_F N &= \Pi_A - \Omega_F, \\ N_D N &= \mathcal{P}_A + \Pi_A - \Omega_D. \end{aligned}$$

Dans le triangle sphérique  $N_D N N_F$ , les relations suivantes permettent de calculer  $i_D$ ,  $\Omega_D$ ,  $\varpi_D$  en fonction de  $i_F$ ,  $\Omega_F$ ,  $\varpi_F$  :

$$\begin{aligned} \cos i_D &= \cos i_F \cos \pi_A + \sin i_F \sin \pi_A \cos(\Pi_A - \Omega_F), \\ \sin i_D \sin(\mathcal{P}_A + \Pi_A - \Omega_D) &= \sin i_F \sin(\Pi_A - \Omega_F), \\ \sin i_D \cos(\mathcal{P}_A + \Pi_A - \Omega_D) &= -\cos i_F \sin \pi_A + \sin i_F \cos \pi_A \cos(\Pi_A - \Omega_F), \\ \sin i_D \sin \Delta\omega &= \sin \pi_A \sin(\Pi_A - \Omega_F), \\ \sin i_D \cos \Delta\omega &= \sin i_F \cos \pi_A - \cos i_F \sin \pi_A \cos(\Pi_A - \Omega_F), \end{aligned} \quad (5.30)$$

où  $\pi_A$  et  $\Pi_A$  sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1 qui leur correspondent.

Si le temps  $t$  écoulé entre  $\sigma_D$  et  $\sigma_F$  est suffisamment court pour que les quantités  $\pi_A$ ,  $\Delta\omega$  et  $i_D - i_F$  soient suffisamment petites et si  $i_F$  n'est pas trop voisin de zéro, on pourra utiliser les relations approchées suivantes :

$$\begin{aligned} i_D &= i_F - \pi_A \cos(\Pi_A - \Omega_F), \\ \Omega_D &= \Omega_F + \mathcal{P}_A - \pi_A \cot i_F \sin(\Pi_A - \Omega_F), \\ \Delta\omega &= \frac{\pi_A \sin(\Pi_A - \Omega_F)}{\sin i_F}. \end{aligned} \quad (5.31)$$

### 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  $\gamma_1\gamma_2$ .

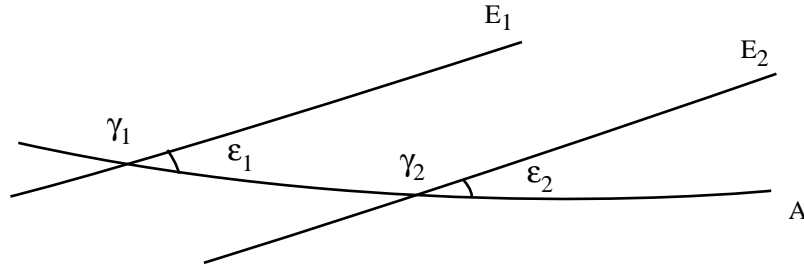


Fig. 5.5. Changement de repère.

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 RÉOLUTIONS 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 :

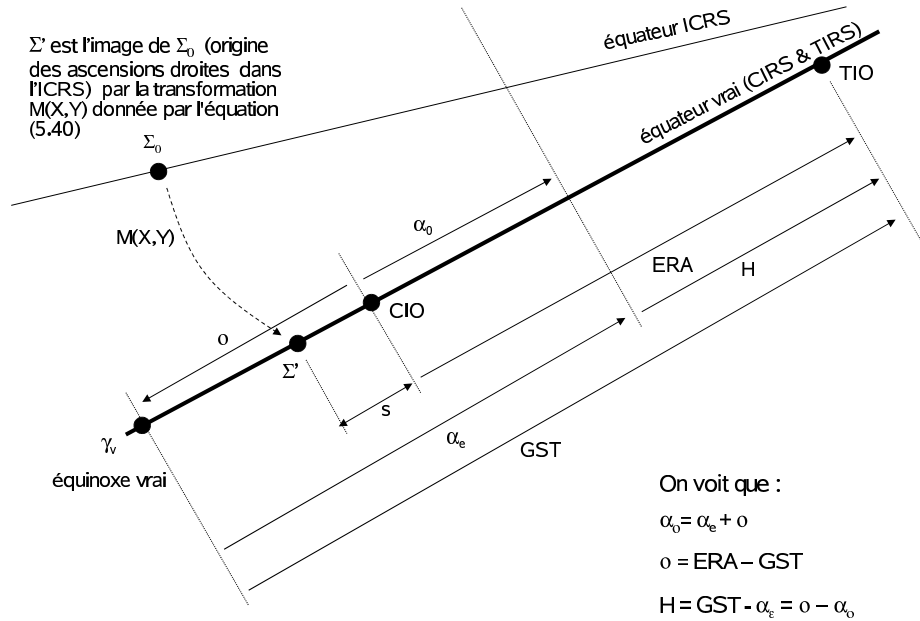


Fig. 5.6. Angles liés à l'origine non-tournante et angles classiques.

- 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 :

$$C = R_3(-s)M(X, Y) \quad (5.39)$$

où

$$M(X, Y) = \begin{pmatrix} 1 - aX^2 & -aXY & -X \\ -aXY & 1 - aY^2 & -Y \\ X & Y & 1 - a(X^2 + Y^2) \end{pmatrix}, \quad (5.40)$$

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  $o$ , appelée *équation aux origines*. Si

$(\alpha_o, \delta_o)$  sont les coordonnées sphériques déduites du vecteur  $\mathbf{X}_{CIRS}$ , alors on a :

$$\alpha_o = \alpha_\epsilon + o$$

Si on note  $ERA$  (Earth Rotation Angle), le décalage entre le CIO et le TIO (Terrestrial Intermediate Origin), origine du TIRS, alors

$$o = ERA - GST \quad (5.41)$$

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  $o$  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., 2006) 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 :

$$\sum_i \mu_i^* r_i = 0 \text{ et } \sum_i \mu_i^* \dot{r}_i + \mu_i^* \ddot{r}_i = 0, \quad (6.1)$$

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 (notées 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.

Planète	Type des données	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. (2006).

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.

	Unité	DE405	EPM 04	DE414	INPOP06
Masse de Cérès	$10^{-10} M$	4.64	$4.753 \pm 0.007$	4.699	$4.746 \pm 0.006$
Masse de Vesta	$10^{-10} M$	1.34	$1.344 \pm 0.001$	1.358	$1.338 \pm 0.002$
Masse de Pallas	$10^{-10} M$	1.05	$1.027 \pm 0.003$	1.026	$0.995 \pm 0.003$
Masse d'Iris	$10^{-10} M$		$0.063 \pm 0.001$	0.060	$0.089 \pm 0.002$
Masse de Bamberga	$10^{-10} M$		$0.055 \pm 0.001$	0.047	$0.060 \pm 0.002$
Masse de l'anneau	$10^{-10} M$		$3.35 \pm 0.35$	0.329	$0.34 \pm 0.15$
Distance de l'anneau	UA		$3.13 \pm 0.05$	2.8	2.8
Densité de la classe C		1.8	1.4	$1.6 \pm 0.22$	$1.93 \pm 0.12$
Densité de la classe S		2.4	3.5	2.07	$2.13 \pm 0.11$
Densité 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. : 2006, INPOP06 : a new planetary ephemeris. *Nomenclature, Precession and New Models in Fundamental Astronomy*, 26th meeting of the IAU, Joint Discussion 16, 22-23 August 2006, Prague, Czech Republic, JD16, #15.
- 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 éd, 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, 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 les valeurs des paramètres physiques, en se servant des observations astrométriques. Principalement, la méthode

**Table 7.1.** Référence et précision globale estimée des éphémérides de satellites.

Satellite	Références	Précision (")	globale (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
Rhéea	(Vienne & Duriez 1995)	0.015	100
Titan	(Vienne & Duriez 1995)	0.015	100
Hypériorion	(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

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 même temps que les équations du mouvement. Dans le cas où le modèle repose sur une intégration

**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>\epsilon_G \exp(\sqrt{-1}\varpi_G)</math></i>			
Amplitude km	Période ans	Argument	Fréquence rad/an	Amplitude km	Période ans	Argument	Fréquence 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				

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. : 2007, A new dynamical model for the Uranian satellites, accepté pour publication dans P&SS
- 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

### 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 CDROM 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* et 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.

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  $t - t_u = 65$  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 aux 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 CDROM est une fonction de TT.

Enfin, les éphémérides électroniques peuvent être calculées en utilisant soit l'échelle de temps TT, soit l'échelle 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 (*International Earth rotation and Reference systems Service*).

**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 –		65.184 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 *o 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 différentielles 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 différentielles 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 CDROM

Le CDROM 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. Cette représentation est décrite en 8.4.2.

Enfin, on trouve sur le CDROM, les prédictions des *phénomènes* des satellites galiléens.

## 8.2. SOURCES DES ÉPHÉMÉRIDES

### 8.2.1. Soleil, Lune, Planètes

À partir de l'édition 2007, les éphémérides du Soleil, de la Lune, des planètes principales et de Pluton, publiées dans la *Connaissance des Temps*, sont issues de la solution INPOP06 (Fienga et al., 2006) élaborée à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

Cette solution est présentée dans le chapitre 6.

### 8.2.2. Petites planètes

Les éphémérides de Cérès, 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 Hypérion.
- 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 :

$$\begin{array}{ccccccc} t_0 & f_0 & & & & & \\ & & \Delta_0^{(1)} & & & & \\ t_1 & f_1 & & \Delta_0^{(2)} & & & \\ & & \Delta_1^{(1)} & & \Delta_0^{(3)} & & \\ t_2 & f_2 & & \Delta_1^{(2)} & & & \\ & & \Delta_2^{(1)} & & & & \\ t_3 & f_3 & & & & & \\ \dots & \dots & & & & & \end{array} \quad (8.3.1)$$

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 :

$$f(t) = f_1 + m\Delta_1^{(1)} - \frac{m(1-m)}{4}(\Delta_0^{(2)} + \Delta_1^{(2)}) + \frac{m(1-m)(1-2m)}{12}\Delta_0^{(3)}. \quad (8.3.2)$$

**8.3.2. Exemple**

Calculer les coordonnées équatoriales apparentes de la Lune pour le 20 janvier 2008 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	5h 37m 53.25s				27° 59' 00.86"			
		983.61				-257.08		
6h	5h 54m 16.86s		-3.35		27° 54' 43.78"		-435.12	
		980.26		-2.53		-692.20		6.88
12h	6h 10m 37.12s		-5.88		27° 43' 11.58"		-428.24	
		974.38				-1120.44		
18h	6h 26m 51.50s				27° 24' 31.14"			

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 :

$$\alpha(t) = 5h\ 54m\ 16.86s + 403.00s + 0.56s - 0.01s = 6h\ 01m\ 00.41s$$

$$\delta(t) = 27^\circ\ 54'\ 43.78'' - 284.57'' + 52.25'' + 0.02'' = 27^\circ\ 50'\ 51.48''$$

Les valeurs données par les éphémérides électroniques sont :

$$\alpha(t) = 6h\ 01m\ 00.41s$$

$$\delta(t) = 27^\circ\ 50'\ 51.58''$$

**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 CDROM 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.

- *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.

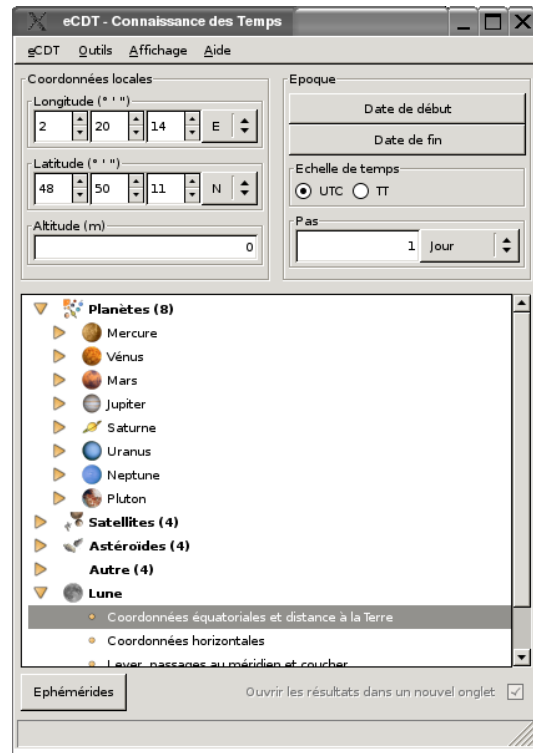


Fig. 8.1. Fenêtre principale.

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.

- *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 des coordonnées du lieu d'observation si nécessaire,
- saisie des paramètres "Epoque de calcul",
- choix des éphémérides à calculer,
- lancement des calculs.

#### 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).

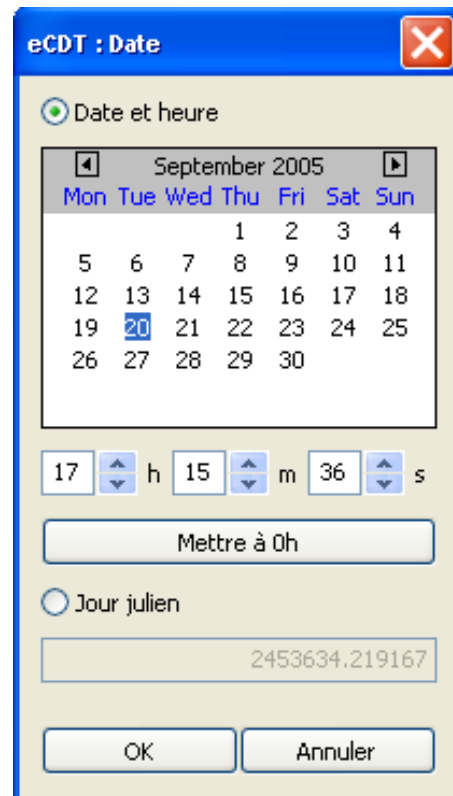


Fig. 8.2. Fenêtre pour choisir la date.

#### 8.4.1.4. Disponibilité du logiciel

Actuellement le logiciel est disponible pour le système d'opération Microsoft Windows XP. Pour toute information complémentaire, consulter le site web de l'IMCCE à l'adresse : <http://www.imcce.fr/page.php?nav=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 CDROM sont représentées sous formes de polynômes de Tchebychev. Il est possible de visualiser et d'utiliser soi-même les coefficients et il est donc utile de rappeler les caractéristiques de ces représentations.

#### 8.4.2.1 Représentation sous forme de polynômes de Tchebychev

C'est la représentation utilisée pour les coordonnées du Soleil, de la Lune, des planètes, de Pluton, des petites planètes ainsi que pour le Temps sidéral, l'équation aux équinoxes, les nutations, l'angle de rotation de la Terre, l'équation des origines, les coordonnées du CIP et l'angle  $s$ .

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 CDROM 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.

**Table 8.2.** Caractéristiques des représentations en polynômes de Tchebychev données sur le CDROM.

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	$2 \times 10^{-7}$ ''
	s	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
<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



**Table 8.2.** (fin).

Astre	Coordonnées	Nombre de coefficients	Intervalle DT (jours)	Précision de la représentation
<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>Petites planètes</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

*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 8.3.** Caractéristiques des représentations en polynômes de Tchebychev pour les satellites, données sur le CDROM.

Satellite	Coordonnées	Nombre de coefficients	Intervalle DT (jours)	Précision de la représentation
<b>Phobos</b>	Différentielles tangentielles (X, Y)	472	16	$4.85 \times 10^{-8}$ rad
<b>Déimos</b>	"	162	16	$4.85 \times 10^{-8}$ "
<b>Io</b>	Différentielles 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>	Différentielles tangentielles (X, Y)	164	16	$9.70 \times 10^{-8}$ rad
<b>Encelade</b>	"	878	184	$9.70 \times 10^{-8}$ "
<b>Théthys</b>	"	224	64	$7.27 \times 10^{-8}$ "
<b>Dioné</b>	"	45	16	$7.27 \times 10^{-8}$ "
<b>Rhéa</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>	Différentielles 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	27	$4.85 \times 10^{-7}$ "
<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 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 petites planètes	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 éd., 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. édés, 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. : 2006, INPOP06 : a new planetary ephemeris. *Nomenclature, Precession and New Models in Fundamental Astronomy*, 26th meeting of the IAU, Joint Discussion 16, 22-23 August 2006, Prague, Czech Republic, JD16, #15.
- 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. : 2007, A new dynamical model for the Uranian satellites, *Planet. Sp. Sci.*, (acceptée, 2007).
- 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**.
- Vienne, A., Duriez, L. : 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.* **297**, 588.



**ÉPHÉMÉRIDES POUR L'ANNÉE 2008**



## TEMPS SIDÉRAL, NUTATION

<b>Temps sidéral <math>GST</math></b> .....	II. 4
<b>Nutation en longitude <math>\Delta\psi</math>, nutation en obliquité <math>\Delta\epsilon</math></b> .....	II. 4

**TEMPS SIDÉRAL 2008 à 0h TU, NUTATION 2008 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				'	''	h			m	s
Janv.	0	6	36	11.035 53	8.748 95	7.519 61	Févr.	15	9	37	32.666 21	10.118 18	7.882 11
	1	6	40	7.588 07	8.702 60	7.500 71		16	9	41	29.229 42	10.246 44	7.869 11
	2	6	44	4.142 20	8.682 30	7.468 49		17	9	45	25.793 38	10.386 99	7.884 13
	3	6	48	0.698 52	8.697 98	7.429 21		18	9	49	22.356 11	10.507 33	7.926 16
	4	6	51	57.257 33	8.754 07	7.389 86		19	9	53	18.915 95	10.580 45	7.987 51
	5	6	55	53.818 52	8.849 33	7.357 54		20	9	57	15.471 99	10.591 47	8.056 22
	6	6	59	50.381 68	8.976 61	7.338 66		21	10	1	12.024 23	10.540 39	8.119 44
	7	7	3	46.946 01	9.123 25	7.338 08		22	10	5	8.573 47	10.440 35	8.166 78
	8	7	7	43.510 48	9.272 08	7.358 12		23	10	9	5.121 03	10.312 57	8.192 38
	9	7	11	40.073 91	9.403 83	7.397 67		24	10	13	1.668 31	10.180 37	8.195 38
	10	7	15	36.635 19	9.500 53	7.451 83		25	10	16	58.216 57	10.064 15	8.179 12
	11	7	19	33.193 56	9.549 63	7.512 24		26	10	20	54.766 70	9.978 56	8.149 70
	12	7	23	29.748 81	9.547 72	7.568 41		27	10	24	51.319 19	9.931 52	8.114 50
	13	7	27	26.301 42	9.502 68	7.609 81		28	10	28	47.874 14	9.924 51	8.081 01
14	7	31	22.852 54	9.433 31	7.628 31	29	10	32	44.431 27	9.953 38	8.056 04		
15	7	35	19.403 81	9.366 31	7.620 44	Mars	1	10	36	40.990 05	10.009 11	8.045 11	
16	7	39	15.957 00	9.330 63	7.588 87		2	10	40	37.549 67	10.078 62	8.051 98	
17	7	43	12.513 58	9.350 36	7.542 47		3	10	44	34.109 13	10.145 55	8.078 00	
18	7	47	9.074 27	9.437 44	7.494 85		4	10	48	30.667 33	10.191 84	8.121 46	
19	7	51	5.638 77	9.586 59	7.461 02		5	10	52	27.223 21	10.200 35	8.176 94	
20	7	55	2.205 65	9.774 89	7.453 07		6	10	56	23.776 04	10.158 95	8.235 31	
21	7	58	58.772 80	9.967 42	7.476 25		7	11	0	20.325 69	10.065 41	8.284 81	
22	8	2	55.337 98	10.127 93	7.527 12		8	11	4	16.872 85	9.931 25	8.313 63	
23	8	6	51.899 58	10.229 97	7.594 97		9	11	8	13.419 06	9.781 62	8.313 65	
24	8	10	48.457 02	10.263 85	7.665 76		10	11	12	9.966 36	9.649 60	8.283 88	
25	8	14	45.010 73	10.236 70	7.726 61		11	11	16	6.516 61	9.565 92	8.231 70	
26	8	18	41.561 85	10.167 30	7.768 85		12	11	20	3.070 92	9.548 48	8.170 90	
27	8	22	38.111 82	10.079 10	7.789 13		13	11	23	59.629 22	9.596 48	8.117 32	
28	8	26	34.662 01	9.994 40	7.788 69		14	11	27	56.190 40	9.691 53	8.084 06	
29	8	30	31.213 49	9.930 94	7.772 05	15	11	31	52.752 66	9.804 10	8.078 05		
30	8	34	27.767 01	9.900 56	7.745 61	16	11	35	49.314 03	9.902 27	8.098 95		
31	8	38	24.322 90	9.909 08	7.716 52	17	11	39	45.872 90	9.959 58	8.140 14		
Févr.	1	8	42	20.881 17	9.956 58	7.691 93	18	11	43	42.428 31	9.960 37	8.190 93	
	2	8	46	17.441 50	10.037 74	7.678 38	19	11	47	38.980 10	9.901 89	8.239 41	
	3	8	50	14.003 25	10.142 07	7.681 15	20	11	51	35.528 83	9.793 32	8.275 13	
	4	8	54	10.565 50	10.254 47	7.703 49	21	11	55	32.075 58	9.652 52	8.291 05	
	5	8	58	7.127 10	10.356 49	7.745 74	22	11	59	28.621 70	9.501 34	8.284 56	
	6	9	2	3.686 90	10.428 95	7.804 53	23	12	3	25.168 49	9.360 99	8.257 34	
	7	9	6	0.243 92	10.455 91	7.872 51	24	12	7	21.716 96	9.248 34	8.214 46	
	8	9	9	56.797 66	10.429 41	7.939 14	25	12	11	18.267 78	9.173 83	8.162 99	
	9	9	13	53.348 38	10.353 44	7.992 69	26	12	15	14.821 14	9.140 96	8.110 68	
	10	9	17	49.897 12	10.245 10	8.023 31	27	12	19	11.376 86	9.146 84	8.064 76	
	11	9	21	46.445 54	10.131 55	8.026 05	28	12	23	7.934 47	9.183 34	8.031 16	
	12	9	25	42.995 51	10.043 28	8.002 76	29	12	27	4.493 20	9.238 31	8.013 99	
	13	9	29	39.548 58	10.005 64	7.962 02	30	12	31	1.052 14	9.296 83	8.015 12	
	14	9	33	36.105 54	10.031 67	7.917 01	31	12	34	57.610 30	9.342 51	8.033 80	



## TEMPS SIDÉRAL 2008 à 0h TU, NUTATION 2008 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				h	m	s				
<b>Avril</b>	1	12	38	54.166 69	9.359 18	8.066 20	<b>Mai</b>	17	15	40	15.687 18	8.927 22	7.189 31
	2	12	42	50.720 49	9.333 58	8.105 25		18	15	44	12.240 38	8.891 70	7.127 38
	3	12	46	47.271 30	9.259 14	8.140 81		19	15	48	8.796 07	8.896 89	7.061 53
	4	12	50	43.819 40	9.140 28	8.161 13		20	15	52	5.354 28	8.943 45	6.999 16
	5	12	54	40.365 90	8.995 32	8.155 70		21	15	56	1.914 69	9.025 84	6.946 99
	6	12	58	36.912 69	8.855 14	8.119 20		22	15	59	58.476 63	9.133 33	6.910 13
	7	13	2	33.461 95	8.755 18	8.054 85		23	16	3	55.039 24	9.251 59	6.891 45
	8	13	6	30.015 34	8.722 73	7.974 88		24	16	7	51.601 52	9.364 63	6.891 17
	9	13	10	26.573 32	8.765 46	7.896 78		25	16	11	48.162 53	9.456 91	6.906 70
	10	13	14	23.134 97	8.868 15	7.837 06		26	16	15	44.721 48	9.515 53	6.932 79
	11	13	18	19.698 35	8.999 08	7.805 65		27	16	19	41.277 88	9.532 42	6.961 93
	12	13	22	16.261 23	9.121 89	7.803 74		28	16	23	37.831 66	9.506 47	6.985 05
	13	13	26	12.821 77	9.206 49	7.824 86		29	16	27	34.383 30	9.445 64	6.992 71
	14	13	30	9.378 89	9.235 30	7.858 09		30	16	31	30.933 93	9.368 11	6.977 03
	15	13	34	5.932 38	9.204 62	7.891 35		31	16	35	27.485 21	9.301 34	6.934 16
16	13	38	2.482 73	9.122 66	7.914 12	<b>Juin</b>	1	16	39	24.039 11	9.277 25	6.866 97	
17	13	41	59.030 96	9.005 88	7.919 09		2	16	43	20.597 26	9.322 76	6.786 30	
18	13	45	55.578 31	8.874 84	7.902 90		3	16	47	17.160 29	9.447 97	6.709 23	
19	13	49	52.126 06	8.750 31	7.866 16		4	16	51	13.727 30	9.638 29	6.653 62	
20	13	53	48.675 29	8.649 96	7.812 83		5	16	55	10.296 06	9.857 20	6.630 97	
21	13	57	45.226 75	8.586 05	7.749 27		6	16	59	6.863 83	10.059 90	6.641 95	
22	14	1	41.780 79	8.564 19	7.682 99		7	17	3	3.428 39	10.210 21	6.677 03	
23	14	5	38.337 32	8.583 25	7.621 46		8	17	6	59.988 70	10.291 08	6.721 42	
24	14	9	34.895 93	8.636 17	7.571 09		9	17	10	56.544 93	10.305 32	6.760 66	
25	14	13	31.455 89	8.711 35	7.536 49		10	17	14	53.098 12	10.269 64	6.784 36	
26	14	17	28.016 33	8.794 26	7.519 95		11	17	18	49.649 65	10.207 02	6.787 39	
27	14	21	24.576 28	8.869 10	7.521 20		12	17	22	46.200 96	10.140 65	6.769 42	
28	14	25	21.134 79	8.920 57	7.537 22		13	17	26	42.753 24	10.090 20	6.733 76	
29	14	29	17.691 09	8.935 86	7.562 21		14	17	30	39.307 38	10.070 02	6.686 05	
30	14	33	14.244 70	8.907 18	7.587 81		15	17	34	35.863 87	10.088 35	6.633 25	
<b>Mai</b>	1	14	37	10.795 65	8.834 85	7.603 75	16	17	38	32.422 84	10.147 21	6.582 67	
	2	14	41	7.344 62	8.730 35	7.599 62	17	17	42	28.984 04	10.242 59	6.541 12	
	3	14	45	3.893 09	8.617 58	7.567 61	18	17	46	25.546 90	10.365 10	6.514 14	
	4	14	49	0.443 09	8.529 83	7.506 15	19	17	50	22.110 59	10.501 10	6.505 21	
	5	14	52	56.996 68	8.500 57	7.422 57	20	17	54	18.674 12	10.634 50	6.515 25	
	6	14	56	53.555 07	8.550 06	7.332 46	21	17	58	15.236 48	10.748 95	6.542 20	
	7	15	0	50.118 07	8.674 70	7.254 79	22	18	2	11.796 84	10.830 44	6.581 18	
	8	15	4	46.683 95	8.846 62	7.204 58	23	18	6	8.354 61	10.869 86	6.624 92	
	9	15	8	43.250 22	9.024 77	7.187 42	24	18	10	4.909 69	10.865 10	6.664 66	
	10	15	12	39.814 50	9.170 51	7.198 70	25	18	14	1.462 46	10.822 63	6.691 44	
	11	15	16	36.375 28	9.259 09	7.226 93	26	18	17	58.013 87	10.757 97	6.697 73	
	12	15	20	32.932 12	9.283 20	7.258 54	27	18	21	54.565 36	10.694 59	6.679 28	
	13	15	24	29.485 47	9.250 35	7.281 67	28	18	25	51.118 65	10.660 61	6.637 03	
	14	15	28	26.036 39	9.177 51	7.288 20	29	18	29	47.675 36	10.682 56	6.578 29	
	15	15	32	22.586 14	9.085 80	7.274 32	30	18	33	44.236 50	10.776 84	6.516 44	
16	15	36	19.136 04	8.996 33	7.240 22	<b>Juill.</b> 1	18	37	40.801 93	10.941 26	6.467 95		

## TEMPS SIDÉRAL 2008 à 0h TU, NUTATION 2008 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				h	m	s				
<b>Juill.</b>	2	18	41	37.370 17	11.151 76	6.447 10	<b>Août</b>	17	21	42	59.002 31	12.545 26	7.091 30
	3	18	45	33.938 78	11.368 14	6.460 29		18	21	46	55.552 68	12.463 67	7.142 24
	4	18	49	30.505 15	11.548 13	6.503 29		19	21	50	52.101 02	12.348 69	7.174 31
	5	18	53	27.067 51	11.662 52	6.563 20		20	21	54	48.648 63	12.221 90	7.181 71
	6	18	57	23.625 37	11.703 31	6.623 92		21	21	58	45.197 17	12.110 23	7.163 81
	7	19	1	20.179 43	11.682 02	6.671 79		22	22	2	41.748 22	12.039 63	7.125 99
	8	19	5	16.731 11	11.621 76	6.698 80		23	22	6	38.302 89	12.028 17	7.078 83
	9	19	9	13.282 00	11.548 57	6.702 99		24	22	10	34.861 46	12.080 49	7.035 89
	10	19	13	9.833 50	11.485 32	6.687 14		25	22	14	31.423 25	12.185 36	7.010 27
	11	19	17	6.386 64	11.448 74	6.657 04		26	22	18	27.986 69	12.317 46	7.011 12
	12	19	21	2.942 00	11.448 65	6.619 89		27	22	22	24.549 76	12.443 40	7.040 85
	13	19	24	59.499 79	11.488 24	6.583 19		28	22	26	21.110 47	12.530 62	7.094 21
	14	19	28	56.059 84	11.564 74	6.553 93		29	22	30	17.667 42	12.556 68	7.159 68
	15	19	32	52.621 65	11.670 09	6.537 94		30	22	34	14.220 26	12.515 28	7.223 00
	16	19	36	49.184 47	11.791 88	6.539 26		31	22	38	10.769 61	12.416 92	7.271 36
	17	19	40	45.747 34	11.914 58	6.559 55		<b>Sept.</b>	1	22	42	7.316 84	12.283 98
18	19	44	42.309 25	12.021 44	6.597 64	2	22		46	3.863 59	12.143 13	7.297 46	
19	19	48	38.869 23	12.097 00	6.649 27	3	22		50	0.411 32	12.018 18	7.276 95	
20	19	52	35.426 62	12.130 09	6.707 45	4	22		53	56.961 03	11.925 71	7.242 33	
21	19	56	31.981 16	12.116 58	6.763 29	5	22		57	53.513 22	11.873 68	7.202 05	
22	20	0	28.533 15	12.061 35	6.807 50	6	23		1	50.067 89	11.862 23	7.164 28	
23	20	4	25.083 46	11.978 67	6.832 20	7	23		5	46.624 67	11.885 29	7.135 90	
24	20	8	21.633 45	11.890 68	6.832 84	8	23		9	43.182 92	11.932 37	7.121 92	
25	20	12	18.184 72	11.823 72	6.809 73	9	23		13	39.741 81	11.989 93	7.125 22	
26	20	16	14.738 82	11.802 89	6.768 82	10	23		17	36.300 40	12.042 73	7.146 32	
27	20	20	11.296 79	11.845 40	6.721 25	11	23	21	32.857 75	12.075 13	7.183 09		
28	20	24	7.858 82	11.954 32	6.681 26	12	23	25	29.412 99	12.073 09	7.230 59		
29	20	28	4.424 02	12.115 00	6.662 62	13	23	29	25.965 53	12.026 82	7.281 17		
30	20	32	0.990 49	12.296 64	6.674 18	14	23	33	22.515 21	11.933 97	7.325 17		
31	20	35	57.555 88	12.460 51	6.716 44	15	23	37	19.062 54	11.802 47	7.352 55		
<b>Août</b>	1	20	39	54.118 09	12.572 35	6.780 88	16	23	41	15.608 66	11.651 39	7.355 48	
	2	20	43	50.675 97	12.613 52	6.853 01	17	23	45	12.155 27	11.508 15	7.331 01	
	3	20	47	47.229 62	12.585 53	6.917 51	18	23	49	8.704 14	11.401 92	7.282 99	
	4	20	51	43.780 16	12.506 53	6.963 02	19	23	53	5.256 63	11.354 76	7.221 72	
	5	20	55	40.329 19	12.402 88	6.984 44	20	23	57	1.813 19	11.374 26	7.161 48	
	6	20	59	36.878 31	12.300 82	6.982 80	21	0	0	58.373 23	11.450 53	7.116 34	
	7	21	3	33.428 79	12.220 86	6.963 40	22	0	4	54.935 23	11.558 98	7.096 20	
	8	21	7	29.981 40	12.175 72	6.933 77	23	0	8	51.497 22	11.667 32	7.104 23	
	9	21	11	26.536 44	12.170 35	6.901 93	24	0	12	48.057 30	11.744 30	7.136 30	
	10	21	15	23.093 81	12.203 12	6.875 37	25	0	16	44.614 08	11.767 41	7.182 56	
	11	21	19	19.653 09	12.267 00	6.860 28	26	0	20	41.167 02	11.727 79	7.230 19	
	12	21	23	16.213 58	12.350 75	6.861 15	27	0	24	37.716 48	11.631 20	7.266 82	
	13	21	27	12.774 40	12.439 95	6.880 33	28	0	28	34.263 53	11.495 32	7.283 37	
	14	21	31	9.334 57	12.518 36	6.917 57	29	0	32	30.809 66	11.344 31	7.275 88	
	15	21	35	5.893 08	12.569 87	6.969 69	30	0	36	27.356 36	11.202 56	7.245 73	
16	21	39	2.449 15	12.581 25	7.030 50	<b>Oct.</b>	1	0	40	23.904 81	11.089 48	7.198 52	

## TEMPS SIDÉRAL 2008 à 0h TU, NUTATION 2008 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				'	''	h			m	s	'
Oct.	2	0	44	20.455 72	11.016 52	7.142 31	Nov.	17	3	45	42.012 30	11.174 39	6.036 87	
	3	0	48	17.009 26	10.986 61	7.085 69		18	3	49	38.575 25	11.298 40	6.060 95	
	4	0	52	13.565 16	10.995 31	7.036 28		19	3	53	35.134 15	11.356 12	6.093 01	
	5	0	56	10.122 82	11.032 80	6.999 87		20	3	57	31.689 16	11.350 38	6.119 23	
	6	1	0	6.681 44	11.085 90	6.979 92		21	4	1	28.241 28	11.297 26	6.129 39	
	7	1	4	3.240 11	11.139 83	6.977 50		22	4	5	24.791 89	11.219 59	6.118 27	
	8	1	7	59.797 91	11.179 63	6.991 21		23	4	9	21.342 46	11.141 12	6.085 48	
	9	1	11	56.354 01	11.191 61	7.017 20		24	4	13	17.894 24	11.082 34	6.034 64	
	10	1	15	52.907 75	11.165 16	7.049 13		25	4	17	14.448 11	11.057 91	5.972 07	
	11	1	19	49.458 83	11.095 09	7.078 55		26	4	21	11.004 55	11.075 30	5.905 52	
	12	1	23	46.007 44	10.984 51	7.095 73		27	4	25	7.563 54	11.134 59	5.842 87	
	13	1	27	42.554 40	10.847 15	7.091 51		28	4	29	4.124 70	11.229 22	5.790 94	
	14	1	31	39.101 22	10.707 38	7.060 03		29	4	33	0.687 30	11.347 50	5.754 65	
	15	1	35	35.649 78	10.596 07	7.001 65		30	4	36	57.250 45	11.474 68	5.736 40	
	16	1	39	32.201 82	10.541 65	6.924 47		Déc.	1	4	40	53.813 19	11.595 17	5.735 90
	17	1	43	28.758 29	10.559 46	6.842 95			2	4	44	50.374 64	11.694 72	5.750 29
18	1	47	25.318 86	10.644 61	6.773 48	3	4		48	46.934 13	11.762 16	5.774 54		
19	1	51	21.882 07	10.772 75	6.728 81	4	4		52	43.491 26	11.790 97	5.801 90		
20	1	55	18.445 75	10.908 57	6.714 03	5	4		56	40.045 99	11.780 49	5.824 65		
21	1	59	15.007 76	11.017 30	6.725 76	6	5		0	36.598 70	11.737 11	5.834 86		
22	2	3	11.566 61	11.074 21	6.754 17	7	5	4	33.150 27	11.675 03	5.825 62			
23	2	7	8.121 67	11.069 21	6.786 52	8	5	8	29.702 04	11.616 17	5.792 68			
24	2	11	4.673 22	11.006 81	6.810 52	9	5	12	26.255 68	11.587 91	5.736 47			
25	2	15	1.222 22	10.902 81	6.817 00	10	5	16	22.812 85	11.617 35	5.663 82			
26	2	18	57.770 04	10.779 38	6.801 22	11	5	20	19.374 62	11.722 02	5.588 16			
27	2	22	54.318 10	10.659 94	6.763 23	12	5	24	15.940 87	11.899 81	5.526 59			
28	2	26	50.867 64	10.564 65	6.707 21	13	5	28	12.509 99	12.124 70	5.493 93			
29	2	30	47.419 50	10.507 24	6.640 21	14	5	32	9.079 36	12.353 51	5.496 30			
30	2	34	43.974 03	10.493 45	6.570 50	15	5	36	5.646 26	12.542 21	5.528 32			
31	2	38	40.531 10	10.521 24	6.506 10	16	5	40	2.208 98	12.662 37	5.575 87			
Nov.	1	2	42	37.090 19	10.582 13	6.453 49	17	5	43	58.767 17	12.708 54	5.622 34		
	2	2	46	33.650 52	10.663 34	6.416 92	18	5	47	55.321 70	12.694 94	5.654 36		
	3	2	50	30.211 19	10.749 99	6.398 07	19	5	51	51.874 10	12.646 42	5.664 68		
	4	2	54	26.771 27	10.827 01	6.396 04	20	5	55	48.426 00	12.589 74	5.652 19		
	5	2	58	23.329 93	10.880 84	6.407 56	21	5	59	44.978 80	12.547 67	5.620 44		
	6	3	2	19.886 52	10.900 90	6.427 20	22	6	3	41.533 47	12.536 24	5.575 87		
	7	3	6	16.440 68	10.881 12	6.447 69	23	6	7	38.090 53	12.563 99	5.526 20		
	8	3	10	12.992 42	10.821 87	6.460 49	24	6	11	34.650 08	12.632 22	5.479 20		
	9	3	14	9.542 28	10.731 92	6.456 79	25	6	15	31.211 79	12.735 89	5.441 77		
	10	3	18	6.091 41	10.629 79	6.429 42	26	6	19	27.775 04	12.864 75	5.419 17		
	11	3	22	2.641 45	10.542 79	6.375 30	27	6	23	24.338 98	13.004 91	5.414 43		
	12	3	25	59.194 32	10.501 83	6.298 14	28	6	27	20.902 65	13.140 79	5.427 96		
	13	3	29	55.751 51	10.531 53	6.209 38	29	6	31	17.465 15	13.257 26	5.457 51		
	14	3	33	52.313 44	10.638 85	6.125 92	30	6	35	14.025 69	13.341 90	5.498 38		
	15	3	37	48.879 09	10.806 94	6.064 44	31	6	39	10.583 81	13.386 91	5.543 97		
16	3	41	45.446 24	10.999 51	6.034 87	32	6	43	7.139 40	13.390 62	5.586 67			



## 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 2008 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	98	56	28.700 65	-6	16.832 38	Févr.	15	144	16	46.095 55	-6	23.897 53
	1	99	55	36.904 88	-6	16.916 14		16	145	15	54.299 79	-6	24.141 50
	2	100	54	45.109 12	-6	17.023 82		17	146	15	2.504 03	-6	24.396 73
	3	101	53	53.313 36	-6	17.164 51		18	147	14	10.708 26	-6	24.633 39
	4	102	53	1.517 59	-6	17.342 28		19	148	13	18.912 50	-6	24.826 72
	5	103	52	9.721 83	-6	17.555 98		20	149	12	27.116 74	-6	24.963 06
	6	104	51	17.926 07	-6	17.799 06		21	150	11	35.320 98	-6	25.042 43
	7	105	50	26.130 31	-6	18.059 88		22	151	10	43.525 21	-6	25.076 90
	8	106	49	34.334 54	-6	18.322 70		23	152	9	51.729 45	-6	25.085 93
	9	107	48	42.538 78	-6	18.569 84		24	153	8	59.933 69	-6	25.090 92
	10	108	47	50.743 02	-6	18.784 80		25	154	8	8.137 92	-6	25.110 59
	11	109	46	58.947 25	-6	18.956 09		26	155	7	16.342 16	-6	25.158 36
	12	110	46	7.151 49	-6	19.080 59		27	156	6	24.546 40	-6	25.241 51
	13	111	45	15.355 73	-6	19.165 52		28	157	5	32.750 64	-6	25.361 39
14	112	44	23.559 97	-6	19.228 15	29	158	4	40.954 87	-6	25.514 18		
15	113	43	31.764 20	-6	19.292 96	Mars	1	159	3	49.159 11	-6	25.691 60	
16	114	42	39.968 44	-6	19.386 54		2	160	2	57.363 35	-6	25.881 65	
17	115	41	48.172 68	-6	19.530 97		3	161	2	5.567 58	-6	26.069 33	
18	116	40	56.376 91	-6	19.737 19		4	162	1	13.771 82	-6	26.238 07	
19	117	40	4.581 15	-6	20.000 34		5	163	0	21.976 06	-6	26.372 12	
20	118	39	12.785 39	-6	20.299 39		6	163	59	30.180 30	-6	26.460 37	
21	119	38	20.989 63	-6	20.602 30		7	164	58	38.384 53	-6	26.500 80	
22	120	37	29.193 86	-6	20.875 81		8	165	57	46.588 77	-6	26.503 96	
23	121	36	37.398 10	-6	21.095 67		9	166	56	54.793 01	-6	26.492 96	
24	122	35	45.602 34	-6	21.252 98		10	167	56	2.997 24	-6	26.498 14	
25	123	34	53.806 57	-6	21.354 31	11	168	55	11.201 48	-6	26.547 69		
26	124	34	2.010 81	-6	21.416 90	12	169	54	19.405 72	-6	26.658 01		
27	125	33	10.215 05	-6	21.462 25	13	170	53	27.609 96	-6	26.828 37		
28	126	32	18.419 28	-6	21.510 83	14	171	52	35.814 19	-6	27.041 88		
29	127	31	26.623 52	-6	21.578 90	15	172	51	44.018 43	-6	27.271 44		
30	128	30	34.827 76	-6	21.677 33	16	173	50	52.222 67	-6	27.487 76		
31	129	29	43.032 00	-6	21.811 45	17	174	50	0.426 90	-6	27.666 59		
Févr.	1	130	28	51.236 23	-6	21.981 34	18	175	49	8.631 14	-6	27.793 55	
	2	131	27	59.440 47	-6	22.182 10	19	176	48	16.835 38	-6	27.866 13	
	3	132	27	7.644 71	-6	22.404 11	20	177	47	25.039 61	-6	27.892 77	
	4	133	26	15.848 94	-6	22.633 51	21	178	46	33.243 85	-6	27.889 85	
	5	134	25	24.053 18	-6	22.853 37	22	179	45	41.448 09	-6	27.877 43	
	6	135	24	32.257 42	-6	23.046 11	23	180	44	49.652 33	-6	27.874 95	
	7	136	23	40.461 66	-6	23.197 08	24	181	43	57.856 56	-6	27.897 90	
	8	137	22	48.665 89	-6	23.299 01	25	182	43	6.060 80	-6	27.955 85	
	9	138	21	56.870 13	-6	23.355 56	26	183	42	14.265 04	-6	28.052 00	
	10	139	21	5.074 37	-6	23.382 43	27	184	41	22.469 27	-6	28.183 70	
	11	140	20	13.278 60	-6	23.404 53	28	185	40	30.673 51	-6	28.343 48	
	12	141	19	21.482 84	-6	23.449 85	29	186	39	38.877 75	-6	28.520 20	
	13	142	18	29.687 08	-6	23.541 64	30	187	38	47.081 99	-6	28.700 17	
	14	143	17	37.891 32	-6	23.691 84	31	188	37	55.286 22	-6	28.868 34	

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2008 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			
	°	'	"	'	"		°	'	"	'	"		
Avril	1	189	37	3.490 46	-6	29.009 88	Mai	17	234	57	20.885 37	-6	34.422 35
	2	190	36	11.694 70	-6	29.112 64		18	235	56	29.089 60	-6	34.516 06
	3	191	35	19.898 93	-6	29.170 59		19	236	55	37.293 84	-6	34.647 14
	4	192	34	28.103 17	-6	29.187 79		20	237	54	45.498 08	-6	34.816 16
	5	193	33	36.307 41	-6	29.181 07		21	238	53	53.702 32	-6	35.018 05
	6	194	32	44.511 65	-6	29.178 74		22	239	53	1.906 55	-6	35.242 96
	7	195	31	52.715 88	-6	29.213 35		23	240	52	10.110 79	-6	35.477 74
	8	196	31	0.920 12	-6	29.309 91		24	241	51	18.315 03	-6	35.707 72
	9	197	30	9.124 36	-6	29.475 44		25	242	50	26.519 26	-6	35.918 64
	10	198	29	17.328 59	-6	29.695 97		26	243	49	34.723 50	-6	36.098 68
	11	199	28	25.532 83	-6	29.942 38		27	244	48	42.927 74	-6	36.240 42
	12	200	27	33.737 07	-6	30.181 32		28	245	47	51.131 98	-6	36.342 87
	13	201	26	41.941 31	-6	30.385 18		29	246	46	59.336 21	-6	36.413 32
	14	202	25	50.145 54	-6	30.537 84		30	247	46	7.540 45	-6	36.468 46
	15	203	24	58.349 78	-6	30.635 93		31	248	45	15.744 69	-6	36.533 50
16	204	24	6.554 02	-6	30.686 99	Juin	1	249	44	23.948 92	-6	36.637 71	
17	205	23	14.758 25	-6	30.706 10		2	250	43	32.153 16	-6	36.805 80	
18	206	22	22.962 49	-6	30.712 15		3	251	42	40.357 40	-6	37.047 01	
19	207	21	31.166 73	-6	30.724 19		4	252	41	48.561 64	-6	37.347 94	
20	208	20	39.370 97	-6	30.758 43		5	253	40	56.765 87	-6	37.675 06	
21	209	19	47.575 20	-6	30.826 10		6	254	40	4.970 11	-6	37.987 29	
22	210	18	55.779 44	-6	30.932 35		7	255	39	13.174 35	-6	38.251 43	
23	211	18	3.983 68	-6	31.076 14		8	256	38	21.378 58	-6	38.451 85	
24	212	17	12.187 91	-6	31.250 99		9	257	37	29.582 82	-6	38.591 16	
25	213	16	20.392 15	-6	31.446 26		10	258	36	37.787 06	-6	38.684 68	
26	214	15	28.596 39	-6	31.648 60	11	259	35	45.991 30	-6	38.753 49		
27	215	14	36.800 63	-6	31.843 53	12	260	34	54.195 53	-6	38.818 88		
28	216	13	45.004 86	-6	32.017 02	13	261	34	2.399 77	-6	38.898 89		
29	217	12	53.209 10	-6	32.157 30	14	262	33	10.604 01	-6	39.006 68		
30	218	12	1.413 34	-6	32.257 23	15	263	32	18.808 24	-6	39.149 80		
Mai	1	219	11	9.617 57	-6	32.317 12	16	264	31	27.012 48	-6	39.330 11	
	2	220	10	17.821 81	-6	32.347 51	17	265	30	35.216 72	-6	39.543 92	
	3	221	9	26.026 05	-6	32.370 33	18	266	29	43.420 96	-6	39.782 61	
	4	222	8	34.230 29	-6	32.416 12	19	267	28	51.625 19	-6	40.033 68	
	5	223	7	42.434 52	-6	32.515 61	20	268	27	59.829 43	-6	40.282 34	
	6	224	6	50.638 76	-6	32.687 35	21	269	27	8.033 67	-6	40.513 60	
	7	225	5	58.843 00	-6	32.928 02	22	270	26	16.237 90	-6	40.714 63	
	8	226	5	7.047 23	-6	33.212 05	23	271	25	24.442 14	-6	40.877 04	
	9	227	4	15.251 47	-6	33.501 77	24	272	24	32.646 38	-6	40.998 92	
	10	228	3	23.455 71	-6	33.761 73	25	273	23	40.850 62	-6	41.086 21	
	11	229	2	31.659 94	-6	33.969 23	26	274	22	49.054 85	-6	41.153 15	
	12	230	1	39.864 18	-6	34.117 59	27	275	21	57.259 09	-6	41.221 29	
	13	231	0	48.068 42	-6	34.213 70	28	276	21	5.463 33	-6	41.316 43	
	14	231	59	56.272 66	-6	34.273 12	29	277	20	13.667 56	-6	41.462 90	
	15	232	59	4.476 89	-6	34.315 25	30	278	19	21.871 80	-6	41.675 72	
16	233	58	12.681 13	-6	34.359 45	Juill.	1	279	18	30.076 04	-6	41.952 90	

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2008 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			
	°	'	"	'	"		°	'	"	'	"		
Juill.	2	280	17	38.280 27	-6	42.272 32	Août	17	325	37	55.675 18	-6	49.359 46
	3	281	16	46.484 51	-6	42.597 11		18	326	37	3.879 42	-6	49.410 85
	4	282	15	54.688 75	-6	42.888 49		19	327	36	12.083 66	-6	49.431 63
	5	283	15	2.892 99	-6	43.119 67		20	328	35	20.287 89	-6	49.441 58
	6	284	14	11.097 22	-6	43.283 33		21	329	34	28.492 13	-6	49.465 42
	7	285	13	19.301 46	-6	43.390 04		22	330	33	36.696 37	-6	49.526 97
	8	286	12	27.505 70	-6	43.461 01		23	331	32	44.900 60	-6	49.642 78
	9	287	11	35.709 93	-6	43.520 14		24	332	31	53.104 84	-6	49.817 10
	10	288	10	43.914 17	-6	43.588 40		25	333	31	1.309 08	-6	50.039 62
	11	289	9	52.118 41	-6	43.681 14		26	334	30	9.513 32	-6	50.287 11
	12	290	9	0.322 65	-6	43.807 36		27	335	29	17.717 55	-6	50.528 91
	13	291	8	8.526 88	-6	43.969 99		28	336	28	25.921 79	-6	50.735 18
	14	292	7	16.731 12	-6	44.166 48		29	337	27	34.126 03	-6	50.885 32
	15	293	6	24.935 36	-6	44.389 44		30	338	26	42.330 26	-6	50.973 58
	16	294	5	33.139 59	-6	44.627 46		31	339	25	50.534 50	-6	51.009 58
	17	295	4	41.343 83	-6	44.866 31		Sept.	1	340	24	58.738 74	-6
18	296	3	49.548 07	-6	45.090 61	2	341		24	6.942 98	-6	51.010 93	
19	297	2	57.752 31	-6	45.286 19	3	342		23	15.147 21	-6	51.022 59	
20	298	2	5.956 54	-6	45.442 80	4	343		22	23.351 45	-6	51.064 05	
21	299	1	14.160 78	-6	45.556 65	5	344		21	31.555 69	-6	51.142 62	
22	300	0	22.365 02	-6	45.632 22	6	345	20	39.759 92	-6	51.258 42		
23	300	59	30.569 25	-6	45.682 63	7	346	19	47.964 16	-6	51.405 88		
24	301	58	38.773 49	-6	45.728 19	8	347	18	56.168 40	-6	51.575 36		
25	302	57	46.977 73	-6	45.793 06	9	348	18	4.372 64	-6	51.754 46		
26	303	56	55.181 97	-6	45.900 27	10	349	17	12.576 87	-6	51.929 17		
27	304	56	3.386 20	-6	46.065 59	11	350	16	20.781 11	-6	52.085 15		
28	305	55	11.590 44	-6	46.291 85	12	351	15	28.985 35	-6	52.209 54		
29	306	54	19.794 68	-6	46.565 57	13	352	14	37.189 58	-6	52.293 33		
30	307	53	27.998 91	-6	46.858 50	14	353	13	45.393 82	-6	52.334 39		
31	308	52	36.203 15	-6	47.135 11	15	354	12	53.598 06	-6	52.340 00		
Août	1	309	51	44.407 39	-6	47.363 95	16	355	12	1.802 30	-6	52.327 66	
	2	310	50	52.611 63	-6	47.527 95	17	356	11	10.006 53	-6	52.322 54	
	3	311	50	0.815 86	-6	47.628 51	18	357	10	18.210 77	-6	52.351 38	
	4	312	49	9.020 10	-6	47.682 27	19	358	9	26.415 01	-6	52.434 45	
	5	313	48	17.224 34	-6	47.713 45	20	359	8	34.619 24	-6	52.578 66	
	6	314	47	25.428 57	-6	47.746 10	21	0	7	42.823 48	-6	52.774 95	
	7	315	46	33.632 81	-6	47.799 05	22	1	6	51.027 72	-6	53.000 74	
	8	316	45	41.837 05	-6	47.883 93	23	2	5	59.231 96	-6	53.226 40	
	9	317	44	50.041 29	-6	48.005 32	24	3	5	7.436 19	-6	53.423 28	
	10	318	43	58.245 52	-6	48.161 68	25	4	4	15.640 43	-6	53.570 72	
	11	319	43	6.449 76	-6	48.346 59	26	5	3	23.844 67	-6	53.660 60	
	12	320	42	14.654 00	-6	48.549 71	27	6	2	32.048 90	-6	53.698 23	
	13	321	41	22.858 23	-6	48.757 83	28	7	1	40.253 14	-6	53.699 82	
	14	322	40	31.062 47	-6	48.956 03	29	8	0	48.457 38	-6	53.687 55	
	15	323	39	39.266 71	-6	49.129 55	30	8	59	56.661 62	-6	53.683 79	
	16	324	38	47.470 95	-6	49.266 23	Oct. 1	9	59	4.865 85	-6	53.706 34	



## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2008 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.	2	10	58	13.070 09	-6	53.765 71	Nov.	17	56	18	30.465 00	-6	59.719 54
	3	11	57	21.274 33	-6	53.864 58		18	57	17	38.669 23	-6	59.959 55
	4	12	56	29.478 56	-6	53.998 86		19	58	16	46.873 47	-7	0.138 74
	5	13	55	37.682 80	-6	54.159 55		20	59	15	55.077 71	-7	0.259 71
	6	14	54	45.887 04	-6	54.334 56		21	60	15	3.281 95	-7	0.337 23
	7	15	53	54.091 28	-6	54.510 31		22	61	14	11.486 18	-7	0.392 24
	8	16	53	2.295 51	-6	54.673 09		23	62	13	19.690 42	-7	0.446 53
	9	17	52	10.499 75	-6	54.810 34		24	63	12	27.894 66	-7	0.518 90
	10	18	51	18.703 99	-6	54.912 32		25	64	11	36.098 89	-7	0.622 79
	11	19	50	26.908 22	-6	54.974 28		26	65	10	44.303 13	-7	0.765 06
	12	20	49	35.112 46	-6	54.999 08		27	66	9	52.507 37	-7	0.945 76
13	21	48	43.316 70	-6	54.999 32	28	67	9	0.711 61	-7	1.158 89		
14	22	47	51.520 93	-6	54.997 38	29	68	8	8.915 84	-7	1.393 70		
15	23	46	59.725 17	-6	55.021 56	30	69	7	17.120 08	-7	1.636 66		
16	24	46	7.929 41	-6	55.097 96	Déc.	1	70	6	25.324 32	-7	1.873 48	
17	25	45	16.133 65	-6	55.240 63		2	71	5	33.528 55	-7	2.091 07	
18	26	44	24.337 88	-6	55.445 07		3	72	4	41.732 79	-7	2.279 20	
19	27	43	32.542 12	-6	55.688 94		4	73	3	49.937 03	-7	2.431 88	
20	28	42	40.746 36	-6	55.939 82		5	74	2	58.141 26	-7	2.548 53	
21	29	41	48.950 59	-6	56.165 83		6	75	2	6.345 50	-7	2.634 99	
22	30	40	57.154 83	-6	56.344 28		7	76	1	14.549 74	-7	2.704 30	
23	31	40	5.359 07	-6	56.465 92		8	77	0	22.753 98	-7	2.776 59	
24	32	39	13.563 31	-6	56.534 92		9	77	59	30.958 21	-7	2.876 97	
25	33	38	21.767 54	-6	56.565 76		10	78	58	39.162 45	-7	3.030 31	
26	34	37	29.971 78	-6	56.578 79		11	79	57	47.366 69	-7	3.252 67	
27	35	36	38.176 02	-6	56.595 49	12	80	56	55.570 92	-7	3.542 12		
28	36	35	46.380 25	-6	56.634 37	13	81	56	3.775 16	-7	3.874 75		
29	37	34	54.584 49	-6	56.708 01	14	82	55	11.979 40	-7	4.210 94		
30	38	34	2.788 73	-6	56.821 67	15	83	54	20.183 64	-7	4.510 31		
31	39	33	10.992 97	-6	56.973 46	16	84	53	28.387 87	-7	4.746 78		
Nov.	1	40	32	19.197 20	-6	57.155 63	17	85	52	36.592 11	-7	4.915 38	
	2	41	31	27.401 44	-6	57.356 43	18	86	51	44.796 35	-7	5.029 14	
	3	42	30	35.605 68	-6	57.562 20	19	87	50	53.000 58	-7	5.110 89	
	4	43	29	43.809 91	-6	57.759 13	20	88	50	1.204 82	-7	5.185 17	
	5	44	28	52.014 15	-6	57.934 78	21	89	49	9.409 06	-7	5.272 87	
	6	45	28	0.218 39	-6	58.079 44	22	90	48	17.613 30	-7	5.388 69	
	7	46	27	8.422 63	-6	58.187 54	23	91	47	25.817 53	-7	5.540 45	
	8	47	26	16.626 86	-6	58.259 43	24	92	46	34.021 77	-7	5.729 36	
	9	48	25	24.831 10	-6	58.303 17	25	93	45	42.226 01	-7	5.950 78	
	10	49	24	33.035 34	-6	58.335 74	26	94	44	50.430 24	-7	6.195 29	
	11	50	23	41.239 57	-6	58.382 23	27	95	43	58.634 48	-7	6.450 17	
12	51	22	49.443 81	-6	58.470 97	28	96	43	6.838 72	-7	6.701 11		
13	52	21	57.648 05	-6	58.624 55	29	97	42	15.042 96	-7	6.934 23		
14	53	21	5.852 29	-6	58.849 34	30	98	41	23.247 19	-7	7.138 14		
15	54	20	14.056 52	-6	59.129 87	31	99	40	31.451 43	-7	7.305 69		
16	55	19	22.260 76	-6	59.432 84	32	100	39	39.655 67	-7	7.435 34		



## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE

Coordonnées du CIP X et Y, angle  $s$  ..... II. 16

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2008 à 0h TT

### COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s		
	"	"	"		"	"	"		
<b>Janv.</b>	0	163.727 30	7.361 20	-0.001 20	<b>Févr.</b>	15	166.796 86	7.718 01	-0.001 29
	1	163.763 70	7.342 24	-0.001 19		16	166.902 74	7.704 81	-0.001 28
	2	163.810 44	7.309 93	-0.001 18		17	167.013 55	7.719 63	-0.001 29
	3	163.871 48	7.270 53	-0.001 16		18	167.116 37	7.761 46	-0.001 30
	4	163.948 60	7.231 05	-0.001 15		19	167.200 45	7.822 66	-0.001 32
	5	164.041 30	7.198 55	-0.001 13		20	167.259 83	7.891 25	-0.001 35
	6	164.146 78	7.179 48	-0.001 12		21	167.294 51	7.954 41	-0.001 38
	7	164.259 98	7.178 69	-0.001 12		22	167.309 67	8.001 72	-0.001 40
	8	164.374 10	7.198 52	-0.001 13		23	167.313 77	8.027 31	-0.001 41
	9	164.481 45	7.237 87	-0.001 14		24	167.316 06	8.030 31	-0.001 41
	10	164.574 89	7.291 86	-0.001 16		25	167.324 67	8.014 03	-0.001 40
	11	164.649 41	7.352 13	-0.001 18		26	167.345 44	7.984 57	-0.001 39
	12	164.703 63	7.408 20	-0.001 20		27	167.381 54	7.949 30	-0.001 37
	13	164.740 66	7.449 53	-0.001 22		28	167.433 56	7.915 71	-0.001 36
	14	164.767 97	7.467 98	-0.001 23		29	167.499 88	7.890 61	-0.001 35
	15	164.796 18	7.460 07	-0.001 22	<b>Mars</b>	1	167.576 90	7.879 54	-0.001 34
	16	164.836 81	7.428 41	-0.001 21		2	167.659 44	7.886 26	-0.001 34
	17	164.899 44	7.381 90	-0.001 19		3	167.740 99	7.912 13	-0.001 35
	18	164.988 87	7.334 12	-0.001 17		4	167.814 36	7.955 45	-0.001 37
	19	165.103 01	7.300 07	-0.001 15		5	167.872 72	8.010 82	-0.001 39
	20	165.232 77	7.291 89	-0.001 15		6	167.911 23	8.069 12	-0.001 41
	21	165.364 28	7.314 82	-0.001 15		7	167.928 99	8.118 58	-0.001 43
	22	165.483 10	7.365 47	-0.001 17		8	167.930 55	8.147 39	-0.001 44
	23	165.578 69	7.433 14	-0.001 20		9	167.925 90	8.147 42	-0.001 44
	24	165.647 17	7.503 81	-0.001 22		10	167.928 21	8.117 65	-0.001 43
	25	165.691 36	7.564 57	-0.001 25		11	167.949 70	8.065 43	-0.001 41
	26	165.718 70	7.606 77	-0.001 26		12	167.997 52	8.004 54	-0.001 38
	27	165.738 53	7.627 00	-0.001 27		13	168.071 39	7.950 82	-0.001 36
	28	165.759 71	7.626 52	-0.001 27		14	168.164 01	7.917 39	-0.001 34
	29	165.789 31	7.609 83	-0.001 26		15	168.263 66	7.911 18	-0.001 34
	30	165.832 05	7.583 31	-0.001 25		16	168.357 62	7.931 91	-0.001 35
	31	165.890 26	7.554 11	-0.001 24		17	168.435 37	7.972 95	-0.001 36
<b>Févr.</b>	1	165.963 99	7.529 38	-0.001 23		18	168.490 65	8.023 64	-0.001 38
	2	166.051 12	7.515 67	-0.001 22		19	168.522 35	8.072 06	-0.001 40
	3	166.147 50	7.518 26	-0.001 22		20	168.534 11	8.107 75	-0.001 41
	4	166.247 13	7.540 42	-0.001 23		21	168.533 00	8.123 68	-0.001 42
	5	166.342 66	7.582 49	-0.001 24		22	168.527 73	8.117 20	-0.001 42
	6	166.426 47	7.641 13	-0.001 27		23	168.526 72	8.089 98	-0.001 41
	7	166.492 20	7.708 98	-0.001 29		24	168.536 70	8.047 07	-0.001 39
	8	166.536 65	7.775 52	-0.001 32		25	168.561 84	7.995 56	-0.001 37
	9	166.561 41	7.829 03	-0.001 34		26	168.603 54	7.943 17	-0.001 35
	10	166.573 24	7.859 63	-0.001 35		27	168.660 67	7.897 14	-0.001 33
	11	166.582 95	7.862 35	-0.001 35		28	168.730 00	7.863 41	-0.001 31
	12	166.602 67	7.839 03	-0.001 34		29	168.806 71	7.846 10	-0.001 30
	13	166.642 50	7.798 20	-0.001 32		30	168.884 87	7.847 08	-0.001 30
	14	166.707 64	7.753 07	-0.001 31		31	168.957 95	7.865 62	-0.001 31

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2008 à 0h TT

### COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s		
	"	"	"		"	"	"		
<b>Avril</b>	1	169.019 51	7.897 91	-0.001 32	<b>Mai</b>	17	171.370 24	7.016 52	-0.000 91
	2	169.064 28	7.936 87	-0.001 33		18	171.410 86	6.954 51	-0.000 89
	3	169.089 61	7.972 38	-0.001 35		19	171.467 68	6.888 55	-0.000 86
	4	169.097 24	7.992 69	-0.001 36		20	171.540 95	6.826 04	-0.000 83
	5	169.094 44	7.987 26	-0.001 35		21	171.628 50	6.773 69	-0.000 81
	6	169.093 48	7.950 76	-0.001 34		22	171.726 06	6.736 65	-0.000 79
	7	169.108 47	7.886 38	-0.001 31		23	171.827 94	6.717 77	-0.000 78
	8	169.150 28	7.806 33	-0.001 28		24	171.927 78	6.717 30	-0.000 78
	9	169.222 01	7.728 10	-0.001 25		25	172.019 39	6.732 65	-0.000 79
	10	169.317 62	7.668 19	-0.001 22		26	172.097 64	6.758 60	-0.000 80
	11	169.424 52	7.636 58	-0.001 21		27	172.159 28	6.787 62	-0.000 81
	12	169.528 25	7.634 47	-0.001 20		28	172.203 88	6.810 65	-0.000 82
	13	169.616 81	7.655 43	-0.001 21		29	172.234 57	6.818 25	-0.000 82
	14	169.683 21	7.688 53	-0.001 22		30	172.258 57	6.802 52	-0.000 81
	15	169.725 94	7.721 71	-0.001 23		31	172.286 80	6.759 60	-0.000 79
	16	169.748 26	7.744 44	-0.001 24	<b>Juin</b>	1	172.331 96	6.692 32	-0.000 76
	17	169.756 69	7.749 39	-0.001 25		2	172.404 79	6.611 51	-0.000 73
	18	169.759 40	7.733 20	-0.001 24		3	172.509 32	6.534 24	-0.000 69
	19	169.764 67	7.696 44	-0.001 22		4	172.639 80	6.478 37	-0.000 67
	20	169.779 53	7.643 08	-0.001 20		5	172.781 70	6.455 45	-0.000 66
	21	169.808 86	7.579 46	-0.001 17		6	172.917 23	6.466 17	-0.000 66
	22	169.854 91	7.513 09	-0.001 15		7	173.031 96	6.501 03	-0.000 67
	23	169.917 25	7.451 45	-0.001 12		8	173.119 09	6.545 25	-0.000 69
	24	169.993 08	7.400 94	-0.001 10		9	173.179 71	6.584 37	-0.000 71
	25	170.077 79	7.366 17	-0.001 08		10	173.220 43	6.607 99	-0.000 71
	26	170.165 62	7.349 47	-0.001 07		11	173.250 40	6.610 96	-0.000 72
	27	170.250 27	7.350 55	-0.001 07		12	173.278 84	6.592 94	-0.000 71
	28	170.325 65	7.366 43	-0.001 08		13	173.313 58	6.557 21	-0.000 69
	29	170.386 65	7.391 31	-0.001 09		14	173.360 33	6.509 41	-0.000 67
	30	170.430 17	7.416 82	-0.001 10		15	173.422 39	6.456 49	-0.000 65
<b>Mai</b>	1	170.456 30	7.432 72	-0.001 10		16	173.500 58	6.405 76	-0.000 63
	2	170.469 59	7.428 55	-0.001 10		17	173.593 32	6.364 03	-0.000 61
	3	170.479 55	7.396 52	-0.001 09		18	173.696 87	6.336 84	-0.000 59
	4	170.499 40	7.335 03	-0.001 06		19	173.805 83	6.327 71	-0.000 59
	5	170.542 47	7.251 36	-0.001 03		20	173.913 79	6.337 53	-0.000 59
	6	170.616 86	7.161 11	-0.000 99		21	174.014 24	6.364 28	-0.000 60
	7	170.721 17	7.083 24	-0.000 95		22	174.101 61	6.403 10	-0.000 61
	8	170.844 34	7.032 80	-0.000 93		23	174.172 24	6.446 70	-0.000 63
	9	170.970 05	7.015 40	-0.000 92		24	174.225 30	6.486 34	-0.000 65
	10	171.082 92	7.026 46	-0.000 92		25	174.263 33	6.513 04	-0.000 66
	11	171.173 08	7.054 51	-0.000 93		26	174.292 50	6.519 27	-0.000 66
	12	171.237 61	7.086 01	-0.000 95		27	174.322 12	6.500 77	-0.000 65
	13	171.279 46	7.109 06	-0.000 95		28	174.363 40	6.458 43	-0.000 63
	14	171.305 37	7.115 54	-0.000 96		29	174.426 89	6.399 57	-0.000 61
	15	171.323 73	7.101 62	-0.000 95		30	174.519 14	6.337 54	-0.000 58
	16	171.342 95	7.067 47	-0.000 94	<b>Juill.</b>	1	174.639 33	6.288 82	-0.000 56

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2008 à 0h TT

### COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s
	"	"	"		"	"	"
<b>Juill.</b>	2 174.777 89	6.267 69	-0.000 55	<b>Août</b>	17 177.857 67	6.905 80	-0.000 77
	3 174.918 87	6.280 61	-0.000 55		18 177.880 19	6.956 70	-0.000 79
	4 175.045 42	6.323 36	-0.000 57		19 177.889 39	6.988 75	-0.000 81
	5 175.145 92	6.383 07	-0.000 59		20 177.893 85	6.996 14	-0.000 81
	6 175.217 14	6.443 65	-0.000 62		21 177.904 26	6.978 22	-0.000 80
	7 175.263 63	6.491 43	-0.000 63		22 177.930 98	6.940 34	-0.000 79
	8 175.294 59	6.518 38	-0.000 65		23 177.981 20	6.893 09	-0.000 76
	9 175.320 36	6.522 52	-0.000 65		24 178.056 80	6.849 99	-0.000 74
	10 175.350 04	6.506 61	-0.000 64		25 178.153 34	6.824 18	-0.000 73
	11 175.390 30	6.476 43	-0.000 63		26 178.260 76	6.824 81	-0.000 73
	12 175.445 07	6.439 17	-0.000 61		27 178.365 79	6.854 33	-0.000 74
	13 175.515 62	6.402 33	-0.000 59		28 178.455 47	6.907 51	-0.000 76
	14 175.600 87	6.372 91	-0.000 58		29 178.520 84	6.972 86	-0.000 79
	15 175.697 62	6.356 73	-0.000 57		30 178.559 37	7.036 10	-0.000 82
	16 175.800 94	6.357 84	-0.000 57		31 178.575 21	7.084 43	-0.000 84
	17 175.904 66	6.377 93	-0.000 58	<b>Sept.</b>	1 178.577 26	7.109 85	-0.000 85
	18 176.002 11	6.415 82	-0.000 59		2 178.576 10	7.110 53	-0.000 85
	19 176.087 15	6.467 29	-0.000 61		3 178.581 23	7.090 01	-0.000 84
	20 176.155 30	6.525 33	-0.000 64		4 178.599 25	7.055 35	-0.000 82
	21 176.204 91	6.581 08	-0.000 66		5 178.633 35	7.015 00	-0.000 81
	22 176.237 90	6.625 22	-0.000 68		6 178.683 59	6.977 13	-0.000 79
	23 176.259 93	6.649 87	-0.000 69		7 178.747 59	6.948 62	-0.000 78
	24 176.279 80	6.650 47	-0.000 69		8 178.821 16	6.934 49	-0.000 77
	25 176.308 00	6.627 31	-0.000 68		9 178.898 94	6.937 64	-0.000 77
	26 176.354 51	6.586 31	-0.000 66		10 178.974 85	6.958 58	-0.000 78
	27 176.426 19	6.538 59	-0.000 64		11 179.042 69	6.995 21	-0.000 79
	28 176.524 32	6.498 41	-0.000 62		12 179.096 85	7.042 61	-0.000 81
	29 176.643 07	6.479 54	-0.000 61		13 179.133 42	7.093 11	-0.000 83
	30 176.770 22	6.490 85	-0.000 61		14 179.151 45	7.137 07	-0.000 85
	31 176.890 37	6.532 86	-0.000 63		15 179.154 07	7.164 45	-0.000 86
<b>Août</b>	1 176.989 85	6.597 11	-0.000 65		16 179.148 84	7.167 39	-0.000 86
	2 177.061 25	6.669 10	-0.000 68		17 179.146 69	7.142 93	-0.000 85
	3 177.105 12	6.733 52	-0.000 71		18 179.159 21	7.094 87	-0.000 83
	4 177.128 65	6.778 97	-0.000 73		19 179.195 21	7.033 54	-0.000 80
	5 177.142 34	6.800 37	-0.000 74		20 179.257 71	6.973 17	-0.000 78
	6 177.156 61	6.798 70	-0.000 74		21 179.342 84	6.927 86	-0.000 76
	7 177.179 64	6.779 26	-0.000 73		22 179.440 81	6.907 53	-0.000 75
	8 177.216 50	6.749 54	-0.000 71		23 179.538 80	6.915 35	-0.000 75
	9 177.269 17	6.717 61	-0.000 70		24 179.624 36	6.947 26	-0.000 76
	10 177.337 03	6.690 91	-0.000 69		25 179.688 52	6.993 38	-0.000 78
	11 177.417 28	6.675 66	-0.000 68		26 179.727 73	7.040 94	-0.000 80
	12 177.505 47	6.676 35	-0.000 68		27 179.744 25	7.077 53	-0.000 81
	13 177.595 87	6.695 35	-0.000 69		28 179.745 11	7.094 08	-0.000 82
	14 177.682 00	6.732 43	-0.000 70		29 179.739 90	7.086 60	-0.000 82
	15 177.757 48	6.784 40	-0.000 72		30 179.738 32	7.056 45	-0.000 81
	16 177.816 99	6.845 08	-0.000 75	<b>Oct.</b>	1 179.748 12	7.009 22	-0.000 78

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2008 à 0h TT

### COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s		
	"	"	"		"	"	"		
<b>Oct.</b>	2	179.773 86	6.952 96	-0.000 76	<b>Nov.</b>	17	182.358 60	5.842 26	-0.000 23
	3	179.816 72	6.896 25	-0.000 73		18	182.462 86	5.866 13	-0.000 24
	4	179.874 95	6.846 73	-0.000 71		19	182.540 76	5.898 03	-0.000 25
	5	179.944 67	6.810 17	-0.000 69		20	182.593 40	5.924 14	-0.000 26
	6	180.020 63	6.790 07	-0.000 68		21	182.627 16	5.934 24	-0.000 27
	7	180.096 95	6.787 49	-0.000 68		22	182.651 12	5.923 06	-0.000 26
	8	180.167 68	6.801 07	-0.000 69		23	182.674 71	5.890 22	-0.000 25
	9	180.227 37	6.826 93	-0.000 70		24	182.706 10	5.839 32	-0.000 23
	10	180.271 79	6.858 77	-0.000 71		25	182.751 12	5.776 65	-0.000 20
	11	180.298 85	6.888 14	-0.000 72		26	182.812 78	5.709 98	-0.000 17
	12	180.309 77	6.905 30	-0.000 73		27	182.891 11	5.647 17	-0.000 14
	13	180.309 99	6.901 07	-0.000 73		28	182.983 52	5.595 05	-0.000 11
	14	180.309 21	6.869 59	-0.000 71		29	183.085 37	5.558 55	-0.000 10
	15	180.319 68	6.811 19	-0.000 69		30	183.190 79	5.540 09	-0.000 09
	16	180.352 75	6.733 95	-0.000 65	<b>Déc.</b>	1	183.293 60	5.539 37	-0.000 08
	17	180.414 55	6.652 30	-0.000 62		2	183.388 10	5.553 57	-0.000 09
	18	180.503 15	6.582 65	-0.000 59		3	183.469 85	5.577 65	-0.000 10
	19	180.608 91	6.537 76	-0.000 56		4	183.536 23	5.604 88	-0.000 11
	20	180.717 78	6.522 76	-0.000 56		5	183.586 99	5.627 52	-0.000 12
	21	180.815 93	6.534 29	-0.000 56		6	183.624 62	5.637 65	-0.000 12
	22	180.893 50	6.562 56	-0.000 57		7	183.654 78	5.628 35	-0.000 12
	23	180.946 45	6.594 79	-0.000 58		8	183.686 18	5.595 35	-0.000 10
	24	180.976 55	6.618 73	-0.000 59		9	183.729 69	5.539 05	-0.000 08
	25	180.990 07	6.625 18	-0.000 60		10	183.796 13	5.466 26	-0.000 05
	26	180.995 81	6.609 39	-0.000 59		11	183.892 48	5.390 40	-0.000 01
	27	181.003 10	6.571 38	-0.000 57		12	184.017 95	5.328 57	0.000 02
	28	181.019 95	6.515 34	-0.000 55		13	184.162 21	5.295 62	0.000 04
	29	181.051 85	6.448 26	-0.000 52		14	184.308 11	5.297 69	0.000 04
	30	181.101 10	6.378 46	-0.000 49		15	184.438 11	5.329 44	0.000 02
	31	181.166 90	6.313 92	-0.000 46		16	184.540 88	5.376 78	0.000 00
<b>Nov.</b>	1	181.245 89	6.261 15	-0.000 43		17	184.614 21	5.423 09	-0.000 02
	2	181.332 99	6.224 41	-0.000 42		18	184.663 74	5.455 01	-0.000 03
	3	181.422 29	6.205 37	-0.000 41		19	184.699 33	5.465 26	-0.000 03
	4	181.507 80	6.203 17	-0.000 40		20	184.731 63	5.452 70	-0.000 03
	5	181.584 11	6.214 54	-0.000 41		21	184.769 71	5.420 87	-0.000 01
	6	181.647 00	6.234 05	-0.000 42		22	184.819 94	5.376 20	0.000 01
	7	181.694 05	6.254 44	-0.000 42		23	184.885 75	5.326 39	0.000 03
	8	181.725 38	6.267 17	-0.000 43		24	184.967 67	5.279 21	0.000 05
	9	181.744 46	6.263 44	-0.000 43		25	185.063 70	5.241 59	0.000 07
	10	181.758 65	6.236 03	-0.000 41		26	185.169 78	5.218 77	0.000 08
	11	181.778 81	6.181 88	-0.000 39		27	185.280 40	5.213 80	0.000 09
	12	181.817 24	6.104 64	-0.000 36		28	185.389 35	5.227 11	0.000 08
	13	181.883 74	6.015 74	-0.000 32		29	185.490 61	5.256 45	0.000 07
	14	181.981 14	5.932 08	-0.000 28		30	185.579 24	5.297 13	0.000 05
	15	182.102 75	5.870 35	-0.000 25		31	185.652 11	5.342 57	0.000 03
	16	182.234 17	5.840 52	-0.000 23		32	185.708 55	5.385 15	0.000 01





## SOLEIL

<b>Longitude, latitude, rayon vecteur.....</b>	<b>II. 22</b>
<b>Ascension droite et déclinaison apparentes, temps de passage</b>	<b>II. 26</b>
<b>Coordonnées rectangulaires (X, Y, Z).....</b>	<b>II. 30</b>

## SOLEIL 2008 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	278 47 55.49	+3.32	0.983 301 30	Févr.	15	325 33 50.46	+2.36	0.987 556 65
	1	279 49 4.77	+3.20	0.983 289 34		16	326 34 26.93	+2.26	0.987 747 15
	2	280 50 14.44	+3.10	0.983 282 33		17	327 35 1.65	+2.13	0.987 941 94
	3	281 51 24.44	+3.03	0.983 280 05		18	328 35 34.63	+1.97	0.988 141 24
	4	282 52 34.72	+2.98	0.983 282 31		19	329 36 5.89	+1.79	0.988 345 22
	5	283 53 45.19	+2.96	0.983 288 91		20	330 36 35.47	+1.60	0.988 553 98
	6	284 54 55.80	+2.97	0.983 299 68		21	331 37 3.42	+1.40	0.988 767 54
	7	285 56 6.46	+3.00	0.983 314 48		22	332 37 29.77	+1.20	0.988 985 84
	8	286 57 17.09	+3.05	0.983 333 18		23	333 37 54.56	+1.01	0.989 208 75
	9	287 58 27.60	+3.13	0.983 355 72		24	334 38 17.83	+0.83	0.989 436 10
	10	288 59 37.89	+3.22	0.983 382 05		25	335 38 39.59	+0.68	0.989 667 66
	11	290 0 47.86	+3.32	0.983 412 19		26	336 38 59.87	+0.54	0.989 903 17
	12	291 1 57.42	+3.43	0.983 446 23		27	337 39 18.68	+0.43	0.990 142 38
	13	292 3 6.49	+3.53	0.983 484 30		28	338 39 36.01	+0.35	0.990 384 97
14	293 4 14.96	+3.62	0.983 526 58	29	339 39 51.85	+0.30	0.990 630 66		
15	294 5 22.78	+3.69	0.983 573 33	Mars	1	340 40 6.21	+0.28	0.990 879 15	
16	295 6 29.86	+3.74	0.983 624 83		2	341 40 19.05	+0.28	0.991 130 11	
17	296 7 36.18	+3.75	0.983 681 39		3	342 40 30.35	+0.31	0.991 383 23	
18	297 8 41.69	+3.74	0.983 743 33		4	343 40 40.07	+0.35	0.991 638 20	
19	298 9 46.39	+3.69	0.983 810 98		5	344 40 48.17	+0.41	0.991 894 71	
20	299 10 50.29	+3.60	0.983 884 59		6	345 40 54.59	+0.48	0.992 152 45	
21	300 11 53.40	+3.48	0.983 964 39		7	346 40 59.26	+0.56	0.992 411 17	
22	301 12 55.76	+3.33	0.984 050 50		8	347 41 2.11	+0.62	0.992 670 66	
23	302 13 57.40	+3.17	0.984 142 97		9	348 41 3.05	+0.68	0.992 930 80	
24	303 14 58.37	+2.99	0.984 241 72		10	349 41 1.99	+0.71	0.993 191 53	
25	304 15 58.69	+2.81	0.984 346 63	11	350 40 58.85	+0.71	0.993 452 92		
26	305 16 58.39	+2.63	0.984 457 49	12	351 40 53.55	+0.69	0.993 715 10		
27	306 17 57.47	+2.46	0.984 574 08	13	352 40 46.04	+0.62	0.993 978 26		
28	307 18 55.92	+2.31	0.984 696 11	14	353 40 36.27	+0.53	0.994 242 66		
29	308 19 53.75	+2.17	0.984 823 32	15	354 40 24.22	+0.40	0.994 508 55		
30	309 20 50.92	+2.06	0.984 955 44	16	355 40 9.89	+0.25	0.994 776 20		
31	310 21 47.40	+1.98	0.985 092 17	17	356 39 53.29	+0.07	0.995 045 83		
Févr.	1	311 22 43.15	+1.93	0.985 233 25	18	357 39 34.44	-0.12	0.995 317 64	
	2	312 23 38.14	+1.90	0.985 378 41	19	358 39 13.38	-0.32	0.995 591 77	
	3	313 24 32.31	+1.90	0.985 527 39	20	359 38 50.16	-0.52	0.995 868 28	
	4	314 25 25.60	+1.92	0.985 679 93	21	0 38 24.82	-0.71	0.996 147 21	
	5	315 26 17.94	+1.97	0.985 835 80	22	1 37 57.42	-0.89	0.996 428 51	
	6	316 27 9.25	+2.04	0.985 994 78	23	2 37 28.01	-1.06	0.996 712 09	
	7	317 27 59.46	+2.12	0.986 156 69	24	3 36 56.64	-1.20	0.996 997 80	
	8	318 28 48.47	+2.20	0.986 321 41	25	4 36 23.34	-1.31	0.997 285 44	
	9	319 29 36.19	+2.28	0.986 488 87	26	5 35 48.17	-1.40	0.997 574 81	
	10	320 30 22.51	+2.36	0.986 659 09	27	6 35 11.15	-1.46	0.997 865 64	
	11	321 31 7.36	+2.41	0.986 832 15	28	7 34 32.31	-1.50	0.998 157 66	
	12	322 31 50.64	+2.45	0.987 008 20	29	8 33 51.66	-1.50	0.998 450 59	
	13	323 32 32.29	+2.45	0.987 187 46	30	9 33 9.23	-1.48	0.998 744 12	
	14	324 33 12.24	+2.42	0.987 370 18	31	10 32 25.03	-1.45	0.999 037 92	

## SOLEIL 2008 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>Avril</b>	1	11	31	39.05	-1.39	0.999 331 65	<b>Mai</b>	17	56	21	21.03	-3.92	1.011 327 33
	2	12	30	51.28	-1.32	0.999 624 95		18	57	19	7.67	-4.00	1.011 531 34
	3	13	30	1.71	-1.25	0.999 917 47		19	58	16	52.80	-4.06	1.011 733 13
	4	14	29	10.30	-1.18	1.000 208 87		20	59	14	36.50	-4.09	1.011 932 68
	5	15	28	17.01	-1.12	1.000 498 83		21	60	12	18.84	-4.09	1.012 129 97
	6	16	27	21.76	-1.08	1.000 787 09		22	61	9	59.88	-4.06	1.012 324 92
	7	17	26	24.50	-1.07	1.001 073 46		23	62	7	39.71	-4.02	1.012 517 43
	8	18	25	25.14	-1.08	1.001 357 89		24	63	5	18.40	-3.95	1.012 707 36
	9	19	24	23.60	-1.13	1.001 640 41		25	64	2	56.00	-3.86	1.012 894 51
	10	20	23	19.84	-1.21	1.001 921 14		26	65	0	32.59	-3.76	1.013 078 67
	11	21	22	13.80	-1.32	1.002 200 30		27	65	58	8.23	-3.66	1.013 259 59
	12	22	21	5.46	-1.46	1.002 478 14		28	66	55	42.95	-3.55	1.013 436 98
	13	23	19	54.81	-1.62	1.002 754 92		29	67	53	16.82	-3.45	1.013 610 52
	14	24	18	41.86	-1.80	1.003 030 88		30	68	50	49.86	-3.37	1.013 779 87
	15	25	17	26.64	-1.98	1.003 306 26		31	69	48	22.08	-3.30	1.013 944 65
16	26	16	9.19	-2.16	1.003 581 22	<b>Juin</b>	1	70	45	53.50	-3.26	1.014 104 49	
17	27	14	49.56	-2.34	1.003 855 91		2	71	43	24.08	-3.25	1.014 259 06	
18	28	13	27.80	-2.51	1.004 130 41		3	72	40	53.80	-3.27	1.014 408 06	
19	29	12	3.96	-2.66	1.004 404 78		4	73	38	22.60	-3.33	1.014 551 32	
20	30	10	38.12	-2.79	1.004 678 99		5	74	35	50.43	-3.41	1.014 688 75	
21	31	9	10.34	-2.90	1.004 953 00		6	75	33	17.23	-3.52	1.014 820 41	
22	32	7	40.68	-2.98	1.005 226 71		7	76	30	42.97	-3.65	1.014 946 46	
23	33	6	9.20	-3.03	1.005 499 99		8	77	28	7.61	-3.78	1.015 067 11	
24	34	4	35.95	-3.05	1.005 772 66		9	78	25	31.16	-3.92	1.015 182 64	
25	35	3	1.00	-3.05	1.006 044 51		10	79	22	53.61	-4.05	1.015 293 33	
26	36	1	24.39	-3.02	1.006 315 33		11	80	20	15.00	-4.17	1.015 399 46	
27	36	59	46.18	-2.98	1.006 584 83		12	81	17	35.37	-4.28	1.015 501 27	
28	37	58	6.39	-2.91	1.006 852 74		13	82	14	54.76	-4.36	1.015 598 99	
29	38	56	25.06	-2.84	1.007 118 74		14	83	12	13.22	-4.41	1.015 692 82	
30	39	54	42.22	-2.76	1.007 382 50		15	84	9	30.83	-4.45	1.015 782 92	
<b>Mai</b>	1	40	52	57.88	-2.67	1.007 643 65	16	85	6	47.64	-4.45	1.015 869 43	
	2	41	51	12.04	-2.60	1.007 901 82	17	86	4	3.73	-4.42	1.015 952 46	
	3	42	49	24.69	-2.54	1.008 156 65	18	87	1	19.17	-4.37	1.016 032 08	
	4	43	47	35.81	-2.50	1.008 407 78	19	87	58	34.04	-4.29	1.016 108 32	
	5	44	45	45.34	-2.49	1.008 654 93	20	88	55	48.43	-4.20	1.016 181 19	
	6	45	43	53.22	-2.51	1.008 897 92	21	89	53	2.41	-4.08	1.016 250 64	
	7	46	41	59.39	-2.57	1.009 136 65	22	90	50	16.06	-3.95	1.016 316 60	
	8	47	40	3.79	-2.66	1.009 371 16	23	91	47	29.47	-3.82	1.016 378 94	
	9	48	38	6.36	-2.77	1.009 601 61	24	92	44	42.71	-3.68	1.016 437 48	
	10	49	36	7.08	-2.91	1.009 828 20	25	93	41	55.84	-3.55	1.016 492 02	
	11	50	34	5.92	-3.06	1.010 051 20	26	94	39	8.94	-3.43	1.016 542 29	
	12	51	32	2.90	-3.22	1.010 270 87	27	95	36	22.06	-3.33	1.016 588 00	
	13	52	29	58.04	-3.38	1.010 487 48	28	96	33	35.23	-3.26	1.016 628 82	
	14	53	27	51.37	-3.54	1.010 701 25	29	97	30	48.48	-3.21	1.016 664 40	
	15	54	25	42.94	-3.69	1.010 912 38	30	98	28	1.81	-3.20	1.016 694 40	
16	55	23	32.81	-3.81	1.011 121 04	<b>Juill.</b>	1	99	25	15.23	-3.22	1.016 718 48	

## SOLEIL 2008 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		
<b>Juill.</b>	2	100 22 28.68	-3.27	1.016 736 40	<b>Août</b>	17	144 20 47.55	-1.80	1.012 395 18
	3	101 19 42.14	-3.34	1.016 747 98		18	145 18 28.02	-1.61	1.012 204 48
	4	102 16 55.56	-3.44	1.016 753 19		19	146 16 9.89	-1.44	1.012 011 56
	5	103 14 8.88	-3.55	1.016 752 07		20	147 13 53.22	-1.28	1.011 816 41
	6	104 11 22.06	-3.66	1.016 744 79		21	148 11 38.12	-1.14	1.011 618 95
	7	105 8 35.10	-3.77	1.016 731 59		22	149 9 24.64	-1.03	1.011 419 00
	8	106 5 47.96	-3.87	1.016 712 72		23	150 7 12.87	-0.96	1.011 216 37
	9	107 3 0.68	-3.96	1.016 688 49		24	151 5 2.84	-0.91	1.011 010 79
	10	108 0 13.26	-4.02	1.016 659 19		25	152 2 54.59	-0.90	1.010 801 99
	11	108 57 25.74	-4.05	1.016 625 08		26	153 0 48.15	-0.92	1.010 589 65
	12	109 54 38.17	-4.06	1.016 586 44		27	153 58 43.50	-0.96	1.010 373 52
	13	110 51 50.58	-4.04	1.016 543 48		28	154 56 40.64	-1.02	1.010 153 36
	14	111 49 3.04	-3.99	1.016 496 45		29	155 54 39.52	-1.09	1.009 928 99
	15	112 46 15.61	-3.92	1.016 445 52		30	156 52 40.10	-1.16	1.009 700 32
	16	113 43 28.35	-3.81	1.016 390 88		31	157 50 42.34	-1.23	1.009 467 34
	17	114 40 41.34	-3.69	1.016 332 67		<b>Sept.</b>	1	158 48 46.20	-1.29
18	115 37 54.66	-3.55	1.016 271 00	2	159 46 51.61		-1.33	1.008 988 80	
19	116 35 8.38	-3.39	1.016 205 96	3	160 44 58.56		-1.35	1.008 743 61	
20	117 32 22.60	-3.23	1.016 137 56	4	161 43 7.02		-1.34	1.008 494 78	
21	118 29 37.40	-3.06	1.016 065 79	5	162 41 16.97		-1.30	1.008 242 60	
22	119 26 52.86	-2.90	1.015 990 59	6	163 39 28.40		-1.24	1.007 987 36	
23	120 24 9.06	-2.75	1.015 911 82	7	164 37 41.31		-1.14	1.007 729 36	
24	121 21 26.09	-2.61	1.015 829 31	8	165 35 55.72		-1.02	1.007 468 91	
25	122 18 44.00	-2.51	1.015 742 82	9	166 34 11.64		-0.88	1.007 206 31	
26	123 16 2.85	-2.42	1.015 652 09	10	167 32 29.10		-0.71	1.006 941 88	
27	124 13 22.70	-2.37	1.015 556 79	11	168 30 48.11	-0.53	1.006 675 90		
28	125 10 43.55	-2.36	1.015 456 61	12	169 29 8.73	-0.34	1.006 408 69		
29	126 8 5.41	-2.37	1.015 351 24	13	170 27 31.00	-0.14	1.006 140 53		
30	127 5 28.28	-2.42	1.015 240 38	14	171 25 54.98	+0.06	1.005 871 68		
31	128 2 52.12	-2.48	1.015 123 84	15	172 24 20.74	+0.24	1.005 602 36		
<b>Août</b>	1	129 0 16.90	-2.57	1.015 001 47	16	173 22 48.34	+0.42	1.005 332 74	
	2	129 57 42.56	-2.66	1.014 873 25	17	174 21 17.88	+0.57	1.005 062 93	
	3	130 55 9.07	-2.75	1.014 739 24	18	175 19 49.43	+0.69	1.004 792 94	
	4	131 52 36.38	-2.83	1.014 599 62	19	176 18 23.07	+0.78	1.004 522 71	
	5	132 50 4.47	-2.90	1.014 454 60	20	177 16 58.87	+0.84	1.004 252 10	
	6	133 47 33.32	-2.94	1.014 304 45	21	178 15 36.88	+0.87	1.003 980 90	
	7	134 45 2.94	-2.97	1.014 149 46	22	179 14 17.15	+0.86	1.003 708 87	
	8	135 42 33.33	-2.96	1.013 989 94	23	180 12 59.70	+0.83	1.003 435 73	
	9	136 40 4.52	-2.93	1.013 826 16	24	181 11 44.53	+0.78	1.003 161 24	
	10	137 37 36.53	-2.86	1.013 658 43	25	182 10 31.62	+0.72	1.002 885 13	
	11	138 35 9.40	-2.77	1.013 487 02	26	183 9 20.95	+0.65	1.002 607 23	
	12	139 32 43.17	-2.66	1.013 312 20	27	184 8 12.47	+0.59	1.002 327 38	
	13	140 30 17.90	-2.51	1.013 134 22	28	185 7 6.14	+0.53	1.002 045 52	
	14	141 27 53.63	-2.35	1.012 953 33	29	186 6 1.90	+0.49	1.001 761 64	
	15	142 25 30.44	-2.18	1.012 769 74	30	187 4 59.69	+0.47	1.001 475 79	
	16	143 23 8.38	-1.99	1.012 583 64	<b>Oct.</b>	1	188 3 59.47	+0.47	1.001 188 11

## SOLEIL 2008 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					
Oct.	2	189 3	1.19	+0.50	1.000 898 77	Nov.	17	234 53	5.48	+3.69	0.988 657 10	
	3	190 2	4.79	+0.56	1.000 607 99		18	235 53	34.89	+3.60	0.988 450 25	
	4	191 1	10.25	+0.64	1.000 316 02		19	236 54	6.14	+3.49	0.988 247 45	
	5	192 0	17.54	+0.76	1.000 023 12		20	237 54	39.23	+3.39	0.988 048 45	
	6	192 59	26.63	+0.89	0.999 729 60		21	238 55	14.12	+3.29	0.987 852 99	
	7	193 58	37.51	+1.05	0.999 435 75		22	239 55	50.78	+3.21	0.987 660 84	
	8	194 57	50.17	+1.22	0.999 141 88		23	240 56	29.14	+3.15	0.987 471 80	
	9	195 57	4.61	+1.40	0.998 848 33		24	241 57	9.15	+3.11	0.987 285 73	
	10	196 56	20.83	+1.59	0.998 555 41		25	242 57	50.74	+3.10	0.987 102 51	
	11	197 55	38.86	+1.78	0.998 263 48		26	243 58	33.82	+3.11	0.986 922 08	
	12	198 54	58.70	+1.96	0.997 972 87		27	244 59	18.33	+3.15	0.986 744 41	
	13	199 54	20.41	+2.13	0.997 683 89		28	246 0	4.19	+3.21	0.986 569 53	
	14	200 53	44.03	+2.28	0.997 396 84		29	247 0	51.31	+3.30	0.986 397 48	
	15	201 53	9.62	+2.40	0.997 111 93		30	248 1	39.62	+3.41	0.986 228 37	
	16	202 52	37.26	+2.49	0.996 829 31		Déc.	1	249 2	29.04	+3.53	0.986 062 31
	17	203 52	7.02	+2.55	0.996 549 04			2	250 3	19.50	+3.67	0.985 899 48
18	204 51	38.96	+2.57	0.996 271 06	3	251 4		10.93	+3.81	0.985 740 07		
19	205 51	13.16	+2.56	0.995 995 24	4	252 5		3.26	+3.95	0.985 584 30		
20	206 50	49.63	+2.53	0.995 721 36	5	253 5		56.43	+4.08	0.985 432 42		
21	207 50	28.43	+2.47	0.995 449 17	6	254 6		50.38	+4.20	0.985 284 72		
22	208 50	9.53	+2.40	0.995 178 42	7	255 7		45.08	+4.31	0.985 141 50		
23	209 49	52.94	+2.32	0.994 908 86	8	256 8		40.49	+4.39	0.985 003 09		
24	210 49	38.63	+2.25	0.994 640 26	9	257 9		36.58	+4.44	0.984 869 85		
25	211 49	26.54	+2.18	0.994 372 45	10	258 10		33.36	+4.45	0.984 742 14		
26	212 49	16.63	+2.12	0.994 105 29	11	259 11		30.82	+4.43	0.984 620 28		
27	213 49	8.84	+2.09	0.993 838 71	12	260 12		29.02	+4.38	0.984 504 54		
28	214 49	3.10	+2.08	0.993 572 69	13	261 13		27.98	+4.29	0.984 395 10		
29	215 48	59.34	+2.09	0.993 307 24	14	262 14		27.76	+4.18	0.984 292 04		
30	216 48	57.51	+2.13	0.993 042 47	15	263 15		28.41	+4.05	0.984 195 28		
31	217 48	57.53	+2.20	0.992 778 48	16	264 16		29.97	+3.90	0.984 104 68		
Nov.	1	218 48	59.34	+2.29	0.992 515 46	17	265 17	32.46	+3.76	0.984 019 98		
	2	219 49	2.88	+2.41	0.992 253 59	18	266 18	35.88	+3.62	0.983 940 91		
	3	220 49	8.11	+2.54	0.991 993 12	19	267 19	40.21	+3.50	0.983 867 16		
	4	221 49	14.97	+2.69	0.991 734 28	20	268 20	45.41	+3.40	0.983 798 46		
	5	222 49	23.43	+2.86	0.991 477 36	21	269 21	51.45	+3.32	0.983 734 54		
	6	223 49	33.44	+3.03	0.991 222 65	22	270 22	58.26	+3.27	0.983 675 18		
	7	224 49	44.98	+3.19	0.990 970 46	23	271 24	5.77	+3.25	0.983 620 18		
	8	225 49	58.02	+3.36	0.990 721 14	24	272 25	13.92	+3.25	0.983 569 36		
	9	226 50	12.56	+3.51	0.990 475 03	25	273 26	22.63	+3.28	0.983 522 61		
	10	227 50	28.58	+3.64	0.990 232 49	26	274 27	31.81	+3.33	0.983 479 81		
	11	228 50	46.12	+3.74	0.989 993 87	27	275 28	41.39	+3.41	0.983 440 91		
	12	229 51	5.19	+3.81	0.989 759 50	28	276 29	51.27	+3.50	0.983 405 88		
	13	230 51	25.85	+3.85	0.989 529 64	29	277 31	1.37	+3.60	0.983 374 72		
	14	231 51	48.14	+3.86	0.989 304 45	30	278 32	11.60	+3.71	0.983 347 47		
	15	232 52	12.15	+3.83	0.989 084 02	31	279 33	21.88	+3.82	0.983 324 21		
	16	233 52	37.91	+3.77	0.988 868 29	32	280 34	32.13	+3.93	0.983 305 07		

## SOLEIL 2008 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>Janv.</b>	0 18 38 46.48	-23 8 28.29	12 2 49.91	<b>Févr.</b>	15 21 51 44.30	-12 57 44.72	12 14 10.38
	1 18 43 11.78	-23 4 8.73	12 3 18.52		16 21 55 38.21	-12 37 12.29	12 14 7.34
	2 18 47 36.80	-22 59 21.45	12 3 46.85		17 21 59 31.38	-12 16 27.82	12 14 3.58
	3 18 52 1.52	-22 54 6.60	12 4 14.86		18 22 3 23.83	-11 55 31.71	12 13 59.10
	4 18 56 25.91	-22 48 24.33	12 4 42.52		19 22 7 15.56	-11 34 24.36	12 13 53.92
	5 19 0 49.93	-22 42 14.80	12 5 9.79		20 22 11 6.60	-11 13 6.16	12 13 48.05
	6 19 5 13.55	-22 35 38.21	12 5 36.64		21 22 14 56.96	-10 51 37.48	12 13 41.53
	7 19 9 36.75	-22 28 34.75	12 6 3.05		22 22 18 46.66	-10 29 58.70	12 13 34.35
	8 19 13 59.47	-22 21 4.65	12 6 28.98		23 22 22 35.72	-10 8 10.19	12 13 26.55
	9 19 18 21.71	-22 13 8.13	12 6 54.40		24 22 26 24.17	-9 46 12.32	12 13 18.14
	10 19 22 43.42	-22 4 45.43	12 7 19.28		25 22 30 12.02	-9 24 5.47	12 13 9.15
	11 19 27 4.57	-21 55 56.81	12 7 43.59		26 22 33 59.29	-9 1 50.03	12 12 59.58
	12 19 31 25.14	-21 46 42.53	12 8 7.30		27 22 37 46.00	-8 39 26.38	12 12 49.46
	13 19 35 45.10	-21 37 2.86	12 8 30.40		28 22 41 32.17	-8 16 54.92	12 12 38.81
14 19 40 4.42	-21 26 58.09	12 8 52.85	29 22 45 17.81	-7 54 16.04	12 12 27.64		
15 19 44 23.09	-21 16 28.53	12 9 14.63	<b>Mars</b>	1 22 49 2.95	-7 31 30.14	12 12 15.97	
16 19 48 41.09	-21 5 34.47	12 9 35.73		2 22 52 47.61	-7 8 37.63	12 12 3.82	
17 19 52 58.39	-20 54 16.25	12 9 56.12		3 22 56 31.79	-6 45 38.92	12 11 51.21	
18 19 57 14.98	-20 42 34.19	12 10 15.79		4 23 0 15.51	-6 22 34.40	12 11 38.16	
19 20 1 30.85	-20 30 28.63	12 10 34.73		5 23 3 58.80	-5 59 24.49	12 11 24.67	
20 20 5 45.99	-20 17 59.92	12 10 52.92		6 23 7 41.66	-5 36 9.61	12 11 10.78	
21 20 10 0.38	-20 5 8.39	12 11 10.36		7 23 11 24.12	-5 12 50.17	12 10 56.49	
22 20 14 14.01	-19 51 54.37	12 11 27.05		8 23 15 6.18	-4 49 26.57	12 10 41.82	
23 20 18 26.87	-19 38 18.20	12 11 42.96		9 23 18 47.88	-4 25 59.23	12 10 26.79	
24 20 22 38.96	-19 24 20.20	12 11 58.10		10 23 22 29.21	-4 2 28.55	12 10 11.40	
25 20 26 50.27	-19 10 0.70	12 12 12.46	11 23 26 10.21	-3 38 54.95	12 9 55.69		
26 20 31 0.80	-18 55 20.04	12 12 26.04	12 23 29 50.89	-3 15 18.82	12 9 39.65		
27 20 35 10.54	-18 40 18.57	12 12 38.84	13 23 33 31.26	-2 51 40.56	12 9 23.32		
28 20 39 19.50	-18 24 56.65	12 12 50.84	14 23 37 11.35	-2 28 0.57	12 9 6.71		
29 20 43 27.66	-18 9 14.65	12 13 2.06	15 23 40 51.17	-2 4 19.24	12 8 49.85		
30 20 47 35.04	-17 53 12.97	12 13 12.47	16 23 44 30.74	-1 40 36.95	12 8 32.74		
31 20 51 41.61	-17 36 51.97	12 13 22.09	17 23 48 10.08	-1 16 54.05	12 8 15.42		
<b>Févr.</b>	1 20 55 47.40	-17 20 12.08	12 13 30.91	18 23 51 49.21	-0 53 10.91	12 7 57.91	
	2 20 59 52.38	-17 3 13.68	12 13 38.92	19 23 55 28.16	-0 29 27.87	12 7 40.22	
	3 21 3 56.56	-16 45 57.20	12 13 46.13	20 23 59 6.94	-0 5 45.27	12 7 22.39	
	4 21 7 59.94	-16 28 23.05	12 13 52.54	21 0 2 45.59	0 17 56.58	12 7 4.44	
	5 21 12 2.51	-16 10 31.66	12 13 58.14	22 0 6 24.13	0 41 37.34	12 6 46.39	
	6 21 16 4.28	-15 52 23.45	12 14 2.94	23 0 10 2.58	1 5 16.70	12 6 28.26	
	7 21 20 5.24	-15 33 58.87	12 14 6.94	24 0 13 40.97	1 28 54.31	12 6 10.08	
	8 21 24 5.40	-15 15 18.34	12 14 10.13	25 0 17 19.32	1 52 29.85	12 5 51.87	
	9 21 28 4.75	-14 56 22.29	12 14 12.53	26 0 20 57.66	2 16 2.98	12 5 33.66	
	10 21 32 3.31	-14 37 11.18	12 14 14.12	27 0 24 36.00	2 39 33.37	12 5 15.46	
	11 21 36 1.06	-14 17 45.42	12 14 14.93	28 0 28 14.37	3 3 0.66	12 4 57.30	
	12 21 39 58.03	-13 58 5.46	12 14 14.95	29 0 31 52.79	3 26 24.51	12 4 39.19	
	13 21 43 54.22	-13 38 11.73	12 14 14.19	30 0 35 31.28	3 49 44.57	12 4 21.17	
	14 21 47 49.64	-13 18 4.67	12 14 12.66	31 0 39 9.85	4 13 0.47	12 4 3.24	

## SOLEIL 2008 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>Avril</b>	1	0	42	48.54	4	36	11.86	12	3	45.43	<b>Mai</b>	17	3	36	38.72	19	21	56.11	11	56	23.96
	2	0	46	27.34	4	59	18.37	12	3	27.76		18	3	40	37.29	19	35	13.71	11	56	26.25
	3	0	50	6.29	5	22	19.64	12	3	10.24		19	3	44	36.40	19	48	11.34	11	56	29.08
	4	0	53	45.40	5	45	15.29	12	2	52.89		20	3	48	36.06	20	0	48.77	11	56	32.45
	5	0	57	24.68	6	8	4.96	12	2	35.72		21	3	52	36.26	20	13	5.76	11	56	36.36
	6	1	1	4.16	6	30	48.28	12	2	18.76		22	3	56	37.00	20	25	2.05	11	56	40.80
	7	1	4	43.84	6	53	24.88	12	2	2.01		23	4	0	38.27	20	36	37.43	11	56	45.76
	8	1	8	23.75	7	15	54.39	12	1	45.48		24	4	4	40.05	20	47	51.64	11	56	51.25
	9	1	12	3.90	7	38	16.45	12	1	29.19		25	4	8	42.36	20	58	44.46	11	56	57.24
	10	1	15	44.29	8	0	30.69	12	1	13.16		26	4	12	45.16	21	9	15.66	11	57	3.74
	11	1	19	24.95	8	22	36.75	12	0	57.38		27	4	16	48.47	21	19	24.99	11	57	10.73
	12	1	23	5.87	8	44	34.25	12	0	41.89		28	4	20	52.25	21	29	12.24	11	57	18.20
	13	1	26	47.09	9	6	22.87	12	0	26.70		29	4	24	56.51	21	38	37.18	11	57	26.14
	14	1	30	28.60	9	28	2.25	12	0	11.82		30	4	29	1.24	21	47	39.59	11	57	34.54
	15	1	34	10.43	9	49	32.07	11	59	57.27		31	4	33	6.41	21	56	19.27	11	57	43.38
16	1	37	52.60	10	10	52.02	11	59	43.06	<b>Juin</b>	1	4	37	12.01	22	4	36.03	11	57	52.64	
17	1	41	35.12	10	32	1.78	11	59	29.22		2	4	41	18.03	22	12	29.68	11	58	2.29	
18	1	45	18.02	10	53	1.04	11	59	15.76		3	4	45	24.44	22	20	0.05	11	58	12.33	
19	1	49	1.30	11	13	49.51	11	59	2.70		4	4	49	31.22	22	27	6.99	11	58	22.72	
20	1	52	44.99	11	34	26.88	11	58	50.06		5	4	53	38.35	22	33	50.33	11	58	33.44	
21	1	56	29.11	11	54	52.85	11	58	37.84		6	4	57	45.79	22	40	9.92	11	58	44.46	
22	2	0	13.67	12	15	7.11	11	58	26.08		7	5	1	53.52	22	46	5.62	11	58	55.77	
23	2	3	58.69	12	35	9.35	11	58	14.77		8	5	6	1.51	22	51	37.29	11	59	7.33	
24	2	7	44.18	12	54	59.26	11	58	3.94		9	5	10	9.75	22	56	44.81	11	59	19.12	
25	2	11	30.15	13	14	36.53	11	57	53.60		10	5	14	18.20	23	1	28.06	11	59	31.12	
26	2	15	16.62	13	34	0.83	11	57	43.77		11	5	18	26.85	23	5	46.96	11	59	43.31	
27	2	19	3.60	13	53	11.83	11	57	34.45		12	5	22	35.68	23	9	41.43	11	59	55.68	
28	2	22	51.10	14	12	9.21	11	57	25.65		13	5	26	44.67	23	13	11.40	12	0	8.19	
29	2	26	39.13	14	30	52.64	11	57	17.39		14	5	30	53.80	23	16	16.81	12	0	20.83	
30	2	30	27.70	14	49	21.79	11	57	9.68		15	5	35	3.05	23	18	57.62	12	0	33.57	
<b>Mai</b>	1	2	34	16.81	15	7	36.31	11	57	2.51	16	5	39	12.40	23	21	13.78	12	0	46.41	
	2	2	38	6.47	15	25	35.89	11	56	55.91	17	5	43	21.83	23	23	5.26	12	0	59.31	
	3	2	41	56.70	15	43	20.17	11	56	49.87	18	5	47	31.32	23	24	32.03	12	1	12.26	
	4	2	45	47.49	16	0	48.83	11	56	44.39	19	5	51	40.84	23	25	34.07	12	1	25.23	
	5	2	49	38.85	16	18	1.56	11	56	39.48	20	5	55	50.38	23	26	11.37	12	1	38.21	
	6	2	53	30.78	16	34	58.01	11	56	35.13	21	5	59	59.92	23	26	23.91	12	1	51.18	
	7	2	57	23.28	16	51	37.88	11	56	31.35	22	6	4	9.43	23	26	11.68	12	2	4.12	
	8	3	1	16.34	17	8	0.84	11	56	28.12	23	6	8	18.90	23	25	34.69	12	2	16.99	
	9	3	5	9.96	17	24	6.57	11	56	25.45	24	6	12	28.30	23	24	32.95	12	2	29.80	
	10	3	9	4.13	17	39	54.74	11	56	23.33	25	6	16	37.60	23	23	6.45	12	2	42.51	
	11	3	12	58.85	17	55	25.05	11	56	21.77	26	6	20	46.81	23	21	15.24	12	2	55.10	
	12	3	16	54.12	18	10	37.21	11	56	20.76	27	6	24	55.88	23	18	59.34	12	3	7.55	
	13	3	20	49.94	18	25	30.93	11	56	20.30	28	6	29	4.81	23	16	18.80	12	3	19.84	
	14	3	24	46.31	18	40	5.94	11	56	20.39	29	6	33	13.56	23	13	13.70	12	3	31.94	
	15	3	28	43.23	18	54	21.97	11	56	21.03	30	6	37	22.13	23	9	44.11	12	3	43.84	
16	3	32	40.70	19	8	18.78	11	56	22.22	<b>Juill.</b>	1	6	41	30.47	23	5	50.14	12	3	55.50	

## SOLEIL 2008 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>	2	6	45	38.57	23	1	31.91	12	4	6.90	<b>Août</b>	17	9	47	3.38	13	22	3.35	12	3	57.79
	3	6	49	46.39	22	56	49.54	12	4	18.00		18	9	50	46.71	13	2	46.03	12	3	44.32
	4	6	53	53.91	22	51	43.16	12	4	28.79		19	9	54	29.53	12	43	16.30	12	3	30.36
	5	6	58	1.10	22	46	12.91	12	4	39.24		20	9	58	11.88	12	23	34.43	12	3	15.93
	6	7	2	7.92	22	40	18.92	12	4	49.33		21	10	1	53.77	12	3	40.71	12	3	1.04
	7	7	6	14.37	22	34	1.34	12	4	59.02		22	10	5	35.21	11	43	35.42	12	2	45.72
	8	7	10	20.41	22	27	20.34	12	5	8.31		23	10	9	16.23	11	23	18.87	12	2	29.97
	9	7	14	26.04	22	20	16.07	12	5	17.17		24	10	12	56.83	11	2	51.35	12	2	13.81
	10	7	18	31.23	22	12	48.73	12	5	25.58		25	10	16	37.03	10	42	13.19	12	1	57.26
	11	7	22	35.97	22	4	58.50	12	5	33.54		26	10	20	16.85	10	21	24.72	12	1	40.33
	12	7	26	40.25	21	56	45.57	12	5	41.02		27	10	23	56.29	10	0	26.29	12	1	23.03
	13	7	30	44.05	21	48	10.15	12	5	48.01		28	10	27	35.37	9	39	18.25	12	1	5.37
	14	7	34	47.35	21	39	12.44	12	5	54.51		29	10	31	14.09	9	18	0.94	12	0	47.37
	15	7	38	50.16	21	29	52.64	12	6	0.49		30	10	34	52.47	8	56	34.71	12	0	29.04
	16	7	42	52.45	21	20	10.97	12	6	5.95		31	10	38	30.53	8	34	59.90	12	0	10.39
	17	7	46	54.21	21	10	7.63	12	6	10.89		<b>Sept.</b>	1	10	42	8.26	8	13	16.87	11	59
18	7	50	55.44	20	59	42.86	12	6	15.28	2	10		45	45.70	7	51	25.96	11	59	32.18	
19	7	54	56.13	20	48	56.85	12	6	19.13	3	10		49	22.85	7	29	27.49	11	59	12.65	
20	7	58	56.26	20	37	49.83	12	6	22.43	4	10		52	59.73	7	7	21.83	11	58	52.86	
21	8	2	55.84	20	26	22.00	12	6	25.18	5	10		56	36.36	6	45	9.30	11	58	32.82	
22	8	6	54.86	20	14	33.59	12	6	27.36	6	11		0	12.75	6	22	50.25	11	58	12.55	
23	8	10	53.32	20	2	24.82	12	6	28.98	7	11		3	48.93	6	0	25.00	11	57	52.06	
24	8	14	51.21	19	49	55.92	12	6	30.04	8	11		7	24.90	5	37	53.90	11	57	31.38	
25	8	18	48.53	19	37	7.12	12	6	30.52	9	11		11	0.68	5	15	17.27	11	57	10.53	
26	8	22	45.28	19	23	58.67	12	6	30.42	10	11		14	36.30	4	52	35.44	11	56	49.52	
27	8	26	41.46	19	10	30.83	12	6	29.75	11	11	18	11.77	4	29	48.73	11	56	28.37		
28	8	30	37.06	18	56	43.88	12	6	28.49	12	11	21	47.11	4	6	57.47	11	56	7.11		
29	8	34	32.08	18	42	38.10	12	6	26.65	13	11	25	22.34	3	44	1.96	11	55	45.75		
30	8	38	26.51	18	28	13.81	12	6	24.21	14	11	28	57.49	3	21	2.50	11	55	24.32		
31	8	42	20.34	18	13	31.31	12	6	21.17	15	11	32	32.58	2	57	59.41	11	55	2.85		
<b>Août</b>	1	8	46	13.56	17	58	30.91	12	6	17.53	16	11	36	7.63	2	34	52.97	11	54	41.35	
	2	8	50	6.18	17	43	12.91	12	6	13.28	17	11	39	42.67	2	11	43.47	11	54	19.84	
	3	8	53	58.18	17	27	37.64	12	6	8.42	18	11	43	17.72	1	48	31.21	11	53	58.36	
	4	8	57	49.57	17	11	45.38	12	6	2.95	19	11	46	52.81	1	25	16.47	11	53	36.93	
	5	9	1	40.34	16	55	36.47	12	5	56.86	20	11	50	27.96	1	1	59.56	11	53	15.57	
	6	9	5	30.49	16	39	11.20	12	5	50.16	21	11	54	3.20	0	38	40.82	11	52	54.30	
	7	9	9	20.04	16	22	29.89	12	5	42.85	22	11	57	38.54	0	15	20.57	11	52	33.15	
	8	9	13	8.98	16	5	32.86	12	5	34.93	23	12	1	14.01	-	0	8	0.84	11	52	12.13
	9	9	16	57.32	15	48	20.42	12	5	26.42	24	12	4	49.62	-	0	31	23.03	11	51	51.27
	10	9	20	45.07	15	30	52.89	12	5	17.32	25	12	8	25.40	-	0	54	45.66	11	51	30.58
	11	9	24	32.23	15	13	10.57	12	5	7.63	26	12	12	1.35	-	1	18	8.35	11	51	10.09
	12	9	28	18.82	14	55	13.78	12	4	57.36	27	12	15	37.51	-	1	41	30.73	11	50	49.80
	13	9	32	4.83	14	37	2.82	12	4	46.53	28	12	19	13.88	-	2	4	52.43	11	50	29.74
	14	9	35	50.28	14	18	38.00	12	4	35.15	29	12	22	50.48	-	2	28	13.09	11	50	9.93
	15	9	39	35.18	13	59	59.62	12	4	23.22	30	12	26	27.34	-	2	51	32.32	11	49	50.37
	16	9	43	19.54	13	41	7.98	12	4	10.77	<b>Oct.</b>	1	12	30	4.46	-	3	14	49.77	11	49



## SOLEIL 2008 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.	2	12 33 41.88	- 3 38 5.05	11 49 12.11	Nov.	17	15 30 37.44	-19 1 6.12	11 45 1.28	
	3	12 37 19.60	- 4 1 17.80	11 48 53.44		18	15 34 46.18	-19 15 31.66	11 45 13.88	
	4	12 40 57.65	- 4 24 27.65	11 48 35.10		19	15 38 55.77	-19 29 36.56	11 45 27.33	
	5	12 44 36.03	- 4 47 34.21	11 48 17.10		20	15 43 6.20	-19 43 20.40	11 45 41.61	
	6	12 48 14.78	- 5 10 37.13	11 47 59.48		21	15 47 17.46	-19 56 42.82	11 45 56.73	
	7	12 51 53.90	- 5 33 36.04	11 47 42.24		22	15 51 29.54	-20 9 43.42	11 46 12.66	
	8	12 55 33.42	- 5 56 30.55	11 47 25.40		23	15 55 42.43	-20 22 21.85	11 46 29.40	
	9	12 59 13.35	- 6 19 20.32	11 47 8.99		24	15 59 56.12	-20 34 37.75	11 46 46.92	
	10	13 2 53.71	- 6 42 4.96	11 46 53.02		25	16 4 10.59	-20 46 30.75	11 47 5.22	
	11	13 6 34.52	- 7 4 44.13	11 46 37.51		26	16 8 25.83	-20 58 0.53	11 47 24.27	
	12	13 10 15.81	- 7 27 17.45	11 46 22.49		27	16 12 41.81	-21 9 6.73	11 47 44.06	
	13	13 13 57.59	- 7 49 44.60	11 46 7.98		28	16 16 58.52	-21 19 49.05	11 48 4.57	
	14	13 17 39.88	- 8 12 5.21	11 45 53.99		29	16 21 15.94	-21 30 7.15	11 48 25.76	
	15	13 21 22.71	- 8 34 18.96	11 45 40.55		30	16 25 34.04	-21 40 0.74	11 48 47.63	
	16	13 25 6.11	- 8 56 25.52	11 45 27.68		Déc.	1	16 29 52.79	-21 49 29.50	11 49 10.14
	17	13 28 50.10	- 9 18 24.53	11 45 15.41		2	16 34 12.17	-21 58 33.15	11 49 33.27	
18	13 32 34.70	- 9 40 15.64	11 45 3.75	3	16 38 32.17	-22 7 11.42	11 49 57.00			
19	13 36 19.92	-10 1 58.49	11 44 52.73	4	16 42 52.74	-22 15 24.02	11 50 21.30			
20	13 40 5.79	-10 23 32.70	11 44 42.36	5	16 47 13.86	-22 23 10.72	11 50 46.14			
21	13 43 52.33	-10 44 57.85	11 44 32.66	6	16 51 35.51	-22 30 31.26	11 51 11.50			
22	13 47 39.54	-11 6 13.54	11 44 23.65	7	16 55 57.67	-22 37 25.42	11 51 37.35			
23	13 51 27.44	-11 27 19.37	11 44 15.35	8	17 0 20.30	-22 43 53.00	11 52 3.66			
24	13 55 16.06	-11 48 14.90	11 44 7.76	9	17 4 43.38	-22 49 53.79	11 52 30.41			
25	13 59 5.39	-12 8 59.73	11 44 0.90	10	17 9 6.89	-22 55 27.62	11 52 57.57			
26	14 2 55.45	-12 29 33.44	11 43 54.78	11	17 13 30.80	-23 0 34.33	11 53 25.11			
27	14 6 46.26	-12 49 55.61	11 43 49.41	12	17 17 55.08	-23 5 13.79	11 53 53.01			
28	14 10 37.82	-13 10 5.82	11 43 44.80	13	17 22 19.72	-23 9 25.84	11 54 21.25			
29	14 14 30.15	-13 30 3.66	11 43 40.95	14	17 26 44.67	-23 13 10.35	11 54 49.79			
30	14 18 23.25	-13 49 48.72	11 43 37.88	15	17 31 9.92	-23 16 27.18	11 55 18.62			
31	14 22 17.14	-14 9 20.56	11 43 35.58	16	17 35 35.43	-23 19 16.19	11 55 47.70			
Nov.	1	14 26 11.81	-14 28 38.78	11 43 34.08	17	17 40 1.17	-23 21 37.26	11 56 17.00		
	2	14 30 7.27	-14 47 42.96	11 43 33.37	18	17 44 27.12	-23 23 30.27	11 56 46.50		
	3	14 34 3.53	-15 6 32.68	11 43 33.46	19	17 48 53.25	-23 24 55.13	11 57 16.16		
	4	14 38 0.59	-15 25 7.52	11 43 34.35	20	17 53 19.51	-23 25 51.78	11 57 45.94		
	5	14 41 58.46	-15 43 27.08	11 43 36.06	21	17 57 45.89	-23 26 20.17	11 58 15.81		
	6	14 45 57.13	-16 1 30.94	11 43 38.58	22	18 2 12.33	-23 26 20.26	11 58 45.74		
	7	14 49 56.63	-16 19 18.70	11 43 41.92	23	18 6 38.82	-23 25 52.05	11 59 15.68		
	8	14 53 56.94	-16 36 49.96	11 43 46.08	24	18 11 5.31	-23 24 55.55	11 59 45.61		
	9	14 57 58.07	-16 54 4.32	11 43 51.07	25	18 15 31.76	-23 23 30.77	12 0 15.48		
	10	15 2 0.04	-17 11 1.40	11 43 56.90	26	18 19 58.14	-23 21 37.75	12 0 45.25		
	11	15 6 2.84	-17 27 40.82	11 44 3.56	27	18 24 24.41	-23 19 16.55	12 1 14.89		
	12	15 10 6.48	-17 44 2.21	11 44 11.05	28	18 28 50.52	-23 16 27.24	12 1 44.37		
	13	15 14 10.96	-18 0 5.21	11 44 19.40	29	18 33 16.45	-23 13 9.90	12 2 13.63		
	14	15 18 16.30	-18 15 49.48	11 44 28.59	30	18 37 42.15	-23 9 24.63	12 2 42.66		
	15	15 22 22.49	-18 31 14.63	11 44 38.64	31	18 42 7.59	-23 5 11.55	12 3 11.40		
16	15 26 29.54	-18 46 20.31	11 44 49.53	32	18 46 32.73	-23 0 30.79	12 3 39.83			

## SOLEIL 2008 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		
<b>Janv.</b>	0	0.150 409 91	-0.891 550 71	-0.386 517 31	<b>Févr.</b>	15	0.814 495 77	-0.512 371 02	-0.222 127 72
	1	0.167 669 45	-0.888 943 86	-0.385 387 71		16	0.824 373 18	-0.499 213 44	-0.216 423 72
	2	0.184 878 25	-0.886 059 96	-0.384 137 89		17	0.833 997 18	-0.485 904 12	-0.210 654 10
	3	0.202 030 80	-0.882 899 65	-0.382 768 11		18	0.843 365 41	-0.472 447 24	-0.204 820 65
	4	0.219 121 58	-0.879 463 70	-0.381 278 69		19	0.852 475 55	-0.458 846 94	-0.198 925 13
	5	0.236 145 05	-0.875 752 98	-0.379 670 01		20	0.861 325 33	-0.445 107 30	-0.192 969 27
	6	0.253 095 65	-0.871 768 50	-0.377 942 50		21	0.869 912 51	-0.431 232 39	-0.186 954 80
	7	0.269 967 83	-0.867 511 41	-0.376 096 65		22	0.878 234 84	-0.417 226 24	-0.180 883 44
	8	0.286 756 01	-0.862 982 97	-0.374 133 05		23	0.886 290 06	-0.403 092 92	-0.174 756 89
	9	0.303 454 63	-0.858 184 61	-0.372 052 31		24	0.894 075 93	-0.388 836 52	-0.168 576 91
	10	0.320 058 19	-0.853 117 92	-0.369 855 15		25	0.901 590 22	-0.374 461 16	-0.162 345 25
	11	0.336 561 19	-0.847 784 60	-0.367 542 35		26	0.908 830 71	-0.359 971 05	-0.156 063 72
	12	0.352 958 23	-0.842 186 56	-0.365 114 75		27	0.915 795 22	-0.345 370 43	-0.149 734 14
	13	0.369 243 99	-0.836 325 81	-0.362 573 28		28	0.922 481 62	-0.330 663 63	-0.143 358 38
14	0.385 413 25	-0.830 204 52	-0.359 918 90	29	0.928 887 84	-0.315 855 02	-0.136 938 34		
15	0.401 460 92	-0.823 824 98	-0.357 152 66	<b>Mars</b>	1	0.935 011 86	-0.300 949 05	-0.130 475 93	
16	0.417 382 05	-0.817 189 58	-0.354 275 62		2	0.940 851 75	-0.285 950 24	-0.123 973 14	
17	0.433 171 84	-0.810 300 78	-0.351 288 87		3	0.946 405 62	-0.270 863 17	-0.117 431 96	
18	0.448 825 63	-0.803 161 11	-0.348 193 52		4	0.951 671 67	-0.255 692 51	-0.110 854 42	
19	0.464 338 92	-0.795 773 10	-0.344 990 70		5	0.956 648 19	-0.240 442 98	-0.104 242 62	
20	0.479 707 31	-0.788 139 29	-0.341 681 49		6	0.961 333 56	-0.225 119 42	-0.097 598 67	
21	0.494 926 50	-0.780 262 22	-0.338 266 98		7	0.965 726 31	-0.209 726 74	-0.090 924 75	
22	0.509 992 25	-0.772 144 37	-0.334 748 22		8	0.969 825 09	-0.194 269 96	-0.084 223 06	
23	0.524 900 35	-0.763 788 20	-0.331 126 23		9	0.973 628 74	-0.178 754 14	-0.077 495 85	
24	0.539 646 57	-0.755 196 16	-0.327 402 05		10	0.977 136 31	-0.163 184 41	-0.070 745 38	
25	0.554 226 63	-0.746 370 71	-0.323 576 70	11	0.980 347 05	-0.147 565 91	-0.063 973 91		
26	0.568 636 25	-0.737 314 36	-0.319 651 22	12	0.983 260 45	-0.131 903 76	-0.057 183 68		
27	0.582 871 08	-0.728 029 67	-0.315 626 69	13	0.985 876 16	-0.116 203 02	-0.050 376 90		
28	0.596 926 77	-0.718 519 29	-0.311 504 23	14	0.988 194 01	-0.100 468 67	-0.043 555 72		
29	0.610 798 96	-0.708 785 96	-0.307 285 01	15	0.990 213 96	-0.084 705 59	-0.036 722 26		
30	0.624 483 29	-0.698 832 50	-0.302 970 23	16	0.991 936 08	-0.068 918 59	-0.029 878 57		
<b>Févr.</b>	31	0.637 975 43	-0.688 661 87	-0.298 561 15	17	0.993 360 49	-0.053 112 34	-0.023 026 65	
	1	0.651 271 06	-0.678 277 10	-0.294 059 08	18	0.994 487 37	-0.037 291 47	-0.016 168 47	
	2	0.664 365 90	-0.667 681 32	-0.289 465 39	19	0.995 316 94	-0.021 460 53	-0.009 305 96	
	3	0.677 255 72	-0.656 877 79	-0.284 781 49	20	0.995 849 41	-0.005 623 99	-0.002 441 03	
	4	0.689 936 30	-0.645 869 86	-0.280 008 83	21	0.996 085 02	0.010 213 68	0.004 424 42	
	5	0.702 403 51	-0.634 661 00	-0.275 148 95	22	0.996 024 02	0.026 048 05	0.011 288 50	
	6	0.714 653 25	-0.623 254 80	-0.270 203 41	23	0.995 666 66	0.041 874 70	0.018 149 34	
	7	0.726 681 51	-0.611 654 99	-0.265 173 86	24	0.995 013 22	0.057 689 20	0.025 005 01	
	8	0.738 484 37	-0.599 865 40	-0.260 062 01	25	0.994 064 01	0.073 487 08	0.031 853 62	
	9	0.750 058 05	-0.587 890 03	-0.254 869 62	26	0.992 819 36	0.089 263 89	0.038 693 24	
	10	0.761 398 91	-0.575 732 97	-0.249 598 50	27	0.991 279 68	0.105 015 12	0.045 521 91	
	11	0.772 503 47	-0.563 398 41	-0.244 250 52	28	0.989 445 42	0.120 736 25	0.052 337 68	
	12	0.783 368 44	-0.550 890 62	-0.238 827 55	29	0.987 317 10	0.136 422 72	0.059 138 56	
	13	0.793 990 73	-0.538 213 91	-0.233 331 50	30	0.984 895 30	0.152 069 98	0.065 922 57	
14	0.804 367 42	-0.525 372 60	-0.227 764 26	31	0.982 180 68	0.167 673 40	0.072 687 68		

## SOLEIL 2008 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		
<b>Avril</b>	1	0.979 173 98	0.183 228 35	0.079 431 87	<b>Mai</b>	17	0.560 309 06	0.772 458 20	0.334 880 66
	2	0.975 876 02	0.198 730 15	0.086 153 08		18	0.546 190 73	0.781 146 31	0.338 646 98
	3	0.972 287 74	0.214 174 08	0.092 849 21		19	0.531 917 48	0.789 611 83	0.342 316 92
	4	0.968 410 17	0.229 555 36	0.099 518 18		20	0.517 493 25	0.797 852 66	0.345 889 60
	5	0.964 244 53	0.244 869 18	0.106 157 84		21	0.502 922 03	0.805 866 75	0.349 364 13
	6	0.959 792 18	0.260 110 70	0.112 766 06		22	0.488 207 77	0.813 652 07	0.352 739 60
	7	0.955 054 72	0.275 275 06	0.119 340 70		23	0.473 354 46	0.821 206 63	0.356 015 16
	8	0.950 033 94	0.290 357 46	0.125 879 65		24	0.458 366 11	0.828 528 40	0.359 189 90
	9	0.944 731 85	0.305 353 17	0.132 380 83		25	0.443 246 75	0.835 615 43	0.362 262 96
	10	0.939 150 62	0.320 257 58	0.138 842 26		26	0.428 000 46	0.842 465 74	0.365 233 46
	11	0.933 292 57	0.335 066 23	0.145 262 00		27	0.412 631 35	0.849 077 37	0.368 100 51
	12	0.927 160 12	0.349 774 79	0.151 638 20		28	0.397 143 60	0.855 448 38	0.370 863 23
	13	0.920 755 71	0.364 379 08	0.157 969 09		29	0.381 541 46	0.861 576 84	0.373 520 77
	14	0.914 081 84	0.378 875 06	0.164 252 93		30	0.365 829 24	0.867 460 81	0.376 072 24
	15	0.907 141 01	0.393 258 78	0.170 488 05		31	0.350 011 38	0.873 098 40	0.378 516 79
16	0.899 935 69	0.407 526 36	0.176 672 82	<b>Juin</b>	1	0.334 092 44	0.878 487 74	0.380 853 57	
17	0.892 468 38	0.421 674 03	0.182 805 63		2	0.318 077 14	0.883 627 03	0.383 081 78	
18	0.884 741 55	0.435 698 03	0.188 884 89		3	0.301 970 32	0.888 514 55	0.385 200 65	
19	0.876 757 69	0.449 594 69	0.194 909 02		4	0.285 776 98	0.893 148 74	0.387 209 53	
20	0.868 519 27	0.463 360 33	0.200 876 46		5	0.269 502 21	0.897 528 23	0.389 107 82	
21	0.860 028 79	0.476 991 31	0.206 785 65	6	0.253 151 16	0.901 651 84	0.390 895 03		
22	0.851 288 75	0.490 484 00	0.212 635 03	7	0.236 728 96	0.905 518 57	0.392 570 79		
23	0.842 301 68	0.503 834 79	0.218 423 03	8	0.220 240 67	0.909 127 63	0.394 134 78		
24	0.833 070 14	0.517 040 06	0.224 148 08	9	0.203 691 30	0.912 478 36	0.395 586 75		
25	0.823 596 73	0.530 096 20	0.229 808 62	10	0.187 085 77	0.915 570 20	0.396 926 52		
26	0.813 884 12	0.542 999 61	0.235 403 06	11	0.170 428 89	0.918 402 70	0.398 153 91		
27	0.803 934 99	0.555 746 68	0.240 929 84	12	0.153 725 42	0.920 975 44	0.399 268 77		
28	0.793 752 11	0.568 333 79	0.246 387 36	13	0.136 980 04	0.923 288 10	0.400 270 99		
29	0.783 338 30	0.580 757 35	0.251 774 03	14	0.120 197 40	0.925 340 36	0.401 160 45		
30	0.772 696 48	0.593 013 73	0.257 088 25	15	0.103 382 10	0.927 131 97	0.401 937 05		
<b>Mai</b>	1	0.761 829 62	0.605 099 30	0.262 328 42	16	0.086 538 68	0.928 662 72	0.402 600 69	
	2	0.750 740 82	0.617 010 41	0.267 492 91	17	0.069 671 67	0.929 932 41	0.403 151 31	
	3	0.739 433 32	0.628 743 42	0.272 580 10	18	0.052 785 56	0.930 940 89	0.403 588 81	
	4	0.727 910 48	0.640 294 68	0.277 588 38	19	0.035 884 85	0.931 688 02	0.403 913 14	
	5	0.716 175 88	0.651 660 57	0.282 516 15	20	0.018 973 99	0.932 173 70	0.404 124 23	
	6	0.704 233 28	0.662 837 58	0.287 361 86	21	0.002 057 43	0.932 397 82	0.404 222 02	
	7	0.692 086 61	0.673 822 28	0.292 124 01	22	-0.014 860 35	0.932 360 31	0.404 206 44	
	8	0.679 739 94	0.684 611 42	0.296 801 21	23	-0.031 774 88	0.932 061 11	0.404 077 45	
	9	0.667 197 46	0.695 201 94	0.301 392 15	24	-0.048 681 66	0.931 500 17	0.403 834 97	
	10	0.654 463 37	0.705 590 94	0.305 895 59	25	-0.065 576 14	0.930 677 44	0.403 478 98	
	11	0.641 541 88	0.715 775 72	0.310 310 41	26	-0.082 453 74	0.929 592 93	0.403 009 41	
	12	0.628 437 19	0.725 753 69	0.314 635 53	27	-0.099 309 79	0.928 246 65	0.402 426 26	
	13	0.615 153 42	0.735 522 40	0.318 869 91	28	-0.116 139 56	0.926 638 64	0.401 729 51	
	14	0.601 694 68	0.745 079 47	0.323 012 57	29	-0.132 938 22	0.924 769 03	0.400 919 18	
	15	0.588 065 02	0.754 422 61	0.327 062 54	30	-0.149 700 82	0.922 638 00	0.399 995 34	
	16	0.574 268 48	0.763 549 58	0.331 018 88	<b>Juill.</b>	1	-0.166 422 33	0.920 245 88	0.398 958 13

## SOLEIL 2008 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
<b>Juill.</b> 2	-0.183 097 64	0.917 593 12	0.397 807 76	<b>Août</b> 17	-0.822 629 08	0.541 415 43	0.234 722 68
3	-0.199 721 56	0.914 680 38	0.396 544 52	18	-0.832 256 16	0.528 577 61	0.229 157 80
4	-0.216 288 94	0.911 508 50	0.395 168 82	19	-0.841 647 31	0.515 589 53	0.223 527 73
5	-0.232 794 66	0.908 078 50	0.393 681 15	20	-0.850 799 82	0.502 454 50	0.217 833 85
6	-0.249 233 71	0.904 391 61	0.392 082 07	21	-0.859 710 98	0.489 175 85	0.212 077 58
7	-0.265 601 19	0.900 449 14	0.390 372 21	22	-0.868 378 04	0.475 756 92	0.206 260 34
8	-0.281 892 34	0.896 252 55	0.388 552 23	23	-0.876 798 20	0.462 201 12	0.200 383 60
9	-0.298 102 50	0.891 803 34	0.386 622 82	24	-0.884 968 65	0.448 511 94	0.194 448 86
10	-0.314 227 13	0.887 103 06	0.384 584 67	25	-0.892 886 54	0.434 692 98	0.188 457 67
11	-0.330 261 79	0.882 153 33	0.382 438 51	26	-0.900 549 05	0.420 747 95	0.182 411 68
12	-0.346 202 10	0.876 955 77	0.380 185 04	27	-0.907 953 38	0.406 680 71	0.176 312 56
13	-0.362 043 75	0.871 512 04	0.377 825 01	28	-0.915 096 80	0.392 495 25	0.170 162 09
14	-0.377 782 51	0.865 823 84	0.375 359 13	29	-0.921 976 69	0.378 195 70	0.163 962 09
15	-0.393 414 19	0.859 892 88	0.372 788 16	30	-0.928 590 54	0.363 786 33	0.157 714 46
16	-0.408 934 65	0.853 720 90	0.370 112 82	31	-0.934 936 02	0.349 271 49	0.151 421 14
17	-0.424 339 81	0.847 309 65	0.367 333 88	<b>Sept.</b> 1	-0.941 010 97	0.334 655 63	0.145 084 08
18	-0.439 625 62	0.840 660 91	0.364 452 06	2	-0.946 813 39	0.319 943 22	0.138 705 25
19	-0.454 788 06	0.833 776 45	0.361 468 13	3	-0.952 341 45	0.305 138 77	0.132 286 65
20	-0.469 823 13	0.826 658 05	0.358 382 81	4	-0.957 593 48	0.290 246 79	0.125 830 24
21	-0.484 726 85	0.819 307 50	0.355 196 85	5	-0.962 567 94	0.275 271 78	0.119 337 97
22	-0.499 495 20	0.811 726 60	0.351 911 00	6	-0.967 263 41	0.260 218 21	0.112 811 81
23	-0.514 124 18	0.803 917 16	0.348 526 00	7	-0.971 678 57	0.245 090 54	0.106 253 66
24	-0.528 609 71	0.795 881 00	0.345 042 61	8	-0.975 812 23	0.229 893 23	0.099 665 47
25	-0.542 947 69	0.787 620 00	0.341 461 61	9	-0.979 663 25	0.214 630 70	0.093 049 12
26	-0.557 133 96	0.779 136 06	0.337 783 81	10	-0.983 230 61	0.199 307 34	0.086 406 52
27	-0.571 164 29	0.770 431 19	0.334 010 06	11	-0.986 513 38	0.183 927 55	0.079 739 53
28	-0.585 034 40	0.761 507 48	0.330 141 25	12	-0.989 510 67	0.168 495 65	0.073 050 01
29	-0.598 739 95	0.752 367 13	0.326 178 34	13	-0.992 221 70	0.153 015 97	0.066 339 79
30	-0.612 276 58	0.743 012 51	0.322 122 39	14	-0.994 645 73	0.137 492 76	0.059 610 70
31	-0.625 639 94	0.733 446 17	0.317 974 51	15	-0.996 782 05	0.121 930 25	0.052 864 53
<b>Août</b> 1	-0.638 825 75	0.723 670 79	0.313 735 93	16	-0.998 629 96	0.106 332 62	0.046 103 05
2	-0.651 829 78	0.713 689 27	0.309 407 92	17	-1.000 188 77	0.090 704 04	0.039 328 03
3	-0.664 647 99	0.703 504 62	0.304 991 85	18	-1.001 457 75	0.075 048 65	0.032 541 24
4	-0.677 276 45	0.693 119 97	0.300 489 11	19	-1.002 436 14	0.059 370 65	0.025 744 48
5	-0.689 711 39	0.682 538 53	0.295 901 14	20	-1.003 123 19	0.043 674 25	0.018 939 57
6	-0.701 949 21	0.671 763 56	0.291 229 36	21	-1.003 518 10	0.027 963 77	0.012 128 38
7	-0.713 986 43	0.660 798 34	0.286 475 24	22	-1.003 620 13	0.012 243 62	0.005 312 84
8	-0.725 819 67	0.649 646 19	0.281 640 23	23	-1.003 428 56	-0.003 481 68	-0.001 505 07
9	-0.737 445 68	0.638 310 43	0.276 725 76	24	-1.002 942 80	-0.019 207 52	-0.008 323 32
10	-0.748 861 28	0.626 794 39	0.271 733 28	25	-1.002 162 33	-0.034 929 16	-0.015 139 82
11	-0.760 063 40	0.615 101 41	0.266 664 25	26	-1.001 086 79	-0.050 641 79	-0.021 952 44
12	-0.771 049 01	0.603 234 84	0.261 520 09	27	-0.999 715 98	-0.066 340 51	-0.028 759 03
13	-0.781 815 19	0.591 198 04	0.256 302 26	28	-0.998 049 87	-0.082 020 40	-0.035 557 39
14	-0.792 359 06	0.578 994 35	0.251 012 17	29	-0.996 088 63	-0.097 676 49	-0.042 345 36
15	-0.802 677 83	0.566 627 12	0.245 651 27	30	-0.993 832 56	-0.113 303 81	-0.049 120 74
16	-0.812 768 73	0.554 099 71	0.240 220 97	<b>Oct.</b> 1	-0.991 282 18	-0.128 897 44	-0.055 881 39

## SOLEIL 2008 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
<b>Oct.</b> 2	-0.988 438 13	-0.144 452 44	-0.062 625 15	<b>Nov.</b> 17	-0.568 696 81	-0.741 992 44	-0.321 673 80
3	-0.985 301 20	-0.159 963 97	-0.069 349 91	18	-0.554 263 40	-0.750 900 75	-0.325 536 53
4	-0.981 872 33	-0.175 427 22	-0.076 053 60	19	-0.539 659 22	-0.759 580 38	-0.329 300 16
5	-0.978 152 54	-0.190 837 41	-0.082 734 15	20	-0.524 888 35	-0.768 028 26	-0.332 963 31
6	-0.974 142 97	-0.206 189 87	-0.089 389 54	21	-0.509 955 00	-0.776 241 34	-0.336 524 61
7	-0.969 844 85	-0.221 479 94	-0.096 017 77	22	-0.494 863 54	-0.784 216 64	-0.339 982 76
8	-0.965 259 52	-0.236 703 03	-0.102 616 88	23	-0.479 618 48	-0.791 951 23	-0.343 336 44
9	-0.960 388 40	-0.251 854 63	-0.109 184 94	24	-0.464 224 46	-0.799 442 30	-0.346 584 43
10	-0.955 232 96	-0.266 930 29	-0.115 720 04	25	-0.448 686 26	-0.806 687 10	-0.349 725 51
11	-0.949 794 78	-0.281 925 60	-0.122 220 31	26	-0.433 008 73	-0.813 683 01	-0.352 758 54
12	-0.944 075 48	-0.296 836 28	-0.128 683 92	27	-0.417 196 85	-0.820 427 53	-0.355 682 45
13	-0.938 076 71	-0.311 658 10	-0.135 109 08	28	-0.401 255 67	-0.826 918 26	-0.358 496 19
14	-0.931 800 14	-0.326 386 89	-0.141 494 02	29	-0.385 190 31	-0.833 152 95	-0.361 198 80
15	-0.925 247 40	-0.341 018 57	-0.147 836 99	30	-0.369 005 96	-0.839 129 48	-0.363 789 39
16	-0.918 420 13	-0.355 549 08	-0.154 136 26	<b>Déc.</b> 1	-0.352 707 85	-0.844 845 83	-0.366 267 09
17	-0.911 319 92	-0.369 974 36	-0.160 390 09	2	-0.336 301 26	-0.850 300 15	-0.368 631 13
18	-0.903 948 31	-0.384 290 30	-0.166 596 69	3	-0.319 791 49	-0.855 490 70	-0.370 880 78
19	-0.896 306 88	-0.398 492 74	-0.172 754 25	4	-0.303 183 86	-0.860 415 88	-0.373 015 38
20	-0.888 397 24	-0.412 577 43	-0.178 860 91	5	-0.286 483 71	-0.865 074 22	-0.375 034 32
21	-0.880 221 09	-0.426 540 06	-0.184 914 75	6	-0.269 696 36	-0.869 464 38	-0.376 937 06
22	-0.871 780 25	-0.440 376 21	-0.190 913 83	7	-0.252 827 13	-0.873 585 15	-0.378 723 10
23	-0.863 076 67	-0.454 081 43	-0.196 856 19	8	-0.235 881 32	-0.877 435 48	-0.380 392 00
24	-0.854 112 48	-0.467 651 25	-0.202 739 83	9	-0.218 864 14	-0.881 014 39	-0.381 943 40
25	-0.844 889 96	-0.481 081 17	-0.208 562 77	10	-0.201 780 76	-0.884 321 06	-0.383 376 93
26	-0.835 411 59	-0.494 366 71	-0.214 323 05	11	-0.184 636 24	-0.887 354 71	-0.384 692 29
27	-0.825 679 98	-0.507 503 43	-0.220 018 70	12	-0.167 435 55	-0.890 114 64	-0.385 889 15
28	-0.815 697 93	-0.520 486 93	-0.225 647 80	13	-0.150 183 57	-0.892 600 13	-0.386 967 20
29	-0.805 468 37	-0.533 312 89	-0.231 208 46	14	-0.132 885 15	-0.894 810 43	-0.387 926 07
30	-0.794 994 38	-0.545 977 05	-0.236 698 84	15	-0.115 545 14	-0.896 744 75	-0.388 765 39
31	-0.784 279 16	-0.558 475 25	-0.242 117 12	16	-0.098 168 44	-0.898 402 25	-0.389 484 75
<b>Nov.</b> 1	-0.773 326 04	-0.570 803 42	-0.247 461 56	17	-0.080 760 08	-0.899 782 09	-0.390 083 73
2	-0.762 138 42	-0.582 957 59	-0.252 730 43	18	-0.063 325 20	-0.900 883 46	-0.390 561 94
3	-0.750 719 80	-0.594 933 88	-0.257 922 08	19	-0.045 869 04	-0.901 705 58	-0.390 919 01
4	-0.739 073 78	-0.606 728 50	-0.263 034 88	20	-0.028 396 99	-0.902 247 80	-0.391 154 62
5	-0.727 204 01	-0.618 337 79	-0.268 067 27	21	-0.010 914 52	-0.902 509 55	-0.391 268 51
6	-0.715 114 21	-0.629 758 15	-0.273 017 73	22	0.006 572 85	-0.902 490 39	-0.391 260 47
7	-0.702 808 16	-0.640 986 12	-0.277 884 77	23	0.024 059 50	-0.902 190 02	-0.391 130 37
8	-0.690 289 69	-0.652 018 33	-0.282 666 97	24	0.041 539 79	-0.901 608 25	-0.390 878 12
9	-0.677 562 66	-0.662 851 53	-0.287 362 96	25	0.059 008 03	-0.900 745 03	-0.390 503 72
10	-0.664 630 95	-0.673 482 58	-0.291 971 41	26	0.076 458 52	-0.899 600 47	-0.390 007 22
11	-0.651 498 41	-0.683 908 44	-0.296 491 03	27	0.093 885 53	-0.898 174 80	-0.389 388 72
12	-0.638 168 88	-0.694 126 18	-0.300 920 58	28	0.111 283 34	-0.896 468 37	-0.388 648 42
13	-0.624 646 14	-0.704 132 91	-0.305 258 82	29	0.128 646 23	-0.894 481 73	-0.387 786 57
14	-0.610 933 88	-0.713 925 79	-0.309 504 53	30	0.145 968 49	-0.892 215 51	-0.386 803 47
15	-0.597 035 80	-0.723 501 96	-0.313 656 46	31	0.163 244 46	-0.889 670 52	-0.385 699 51
16	-0.582 955 54	-0.732 858 50	-0.317 713 32	32	0.180 468 51	-0.886 847 71	-0.384 475 13



## **LUNE**

**Ascension droite et déclinaison apparentes, distance à la Terre II. 36**

## LUNE 2008 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 12 14 31.01	- 4 52 53.09	398 536.552	Janv. 11	0 21 29 38.49	-15 36 33.11	386 020.366
	6 12 25 20.51	- 6 16 47.64	399 515.599		6 21 42 3.19	-14 16 49.17	385 197.844
	12 12 36 10.38	- 7 39 28.48	400 422.797		12 21 54 21.78	-12 54 22.88	384 381.523
	18 12 47 1.62	- 9 0 47.14	401 255.939		18 22 6 34.91	-11 29 28.71	383 571.775
1	0 12 57 55.18	-10 20 35.19	402 013.251	12 0 22 18 43.31	-10 2 21.24	382 768.889	
	6 13 8 51.98	-11 38 44.18	402 693.387	6 22 30 47.78	- 8 33 15.10	381 973.098	
	12 13 19 52.92	-12 55 5.58	403 295.420	12 22 42 49.18	- 7 2 25.05	381 184.605	
	18 13 30 58.85	-14 9 30.69	403 818.829	18 22 54 48.44	- 5 30 5.89	380 403.609	
2	0 13 42 10.57	-15 21 50.62	404 263.486	13 0 23 6 46.53	- 3 56 32.55	379 630.337	
	6 13 53 28.85	-16 31 56.22	404 629.645	6 23 18 44.47	- 2 22 0.13	378 865.068	
	12 14 4 54.40	-17 39 38.07	404 917.919	12 23 30 43.33	- 0 46 43.87	378 108.160	
	18 14 16 27.87	-18 44 46.46	405 129.269	18 23 42 44.21	0 49 0.72	377 360.082	
3	0 14 28 9.86	-19 47 11.38	405 264.984	14 0 23 54 48.21	2 24 57.84	376 621.434	
	6 14 40 0.86	-20 46 42.50	405 326.660	6 0 6 56.48	4 0 51.32	375 892.972	
	12 14 52 1.29	-21 43 9.23	405 316.180	12 0 19 10.19	5 36 24.56	375 175.632	
	18 15 4 11.50	-22 36 20.74	405 235.695	18 0 31 30.50	7 11 20.46	374 470.545	
4	0 15 16 31.69	-23 26 6.01	405 087.599	15 0 0 43 58.57	8 45 21.36	373 779.056	
	6 15 29 1.98	-24 12 13.91	404 874.504	6 0 56 35.56	10 18 8.97	373 102.731	
	12 15 41 42.35	-24 54 33.29	404 599.224	12 1 9 22.60	11 49 24.30	372 443.371	
	18 15 54 32.64	-25 32 53.07	404 264.742	18 1 22 20.78	13 18 47.64	371 803.012	
5	0 16 7 32.58	-26 7 2.41	403 874.188	16 0 1 35 31.14	14 45 58.52	371 183.923	
	6 16 20 41.72	-26 36 50.80	403 430.817	6 1 48 54.63	16 10 35.74	370 588.605	
	12 16 33 59.51	-27 2 8.23	402 937.979	12 2 2 32.12	17 32 17.34	370 019.775	
	18 16 47 25.24	-27 22 45.37	402 399.095	18 2 16 24.33	18 50 40.71	369 480.355	
6	0 17 0 58.06	-27 38 33.70	401 817.632	17 0 2 30 31.85	20 5 22.69	368 973.448	
	6 17 14 37.02	-27 49 25.68	401 197.074	6 2 44 55.07	21 15 59.71	368 502.312	
	12 17 28 21.05	-27 55 14.89	400 540.903	12 2 59 34.15	22 22 7.99	368 070.334	
	18 17 42 9.01	-27 55 56.21	399 852.568	18 3 14 29.03	23 23 23.84	367 680.989	
7	0 17 55 59.69	-27 51 25.87	399 135.465	18 0 3 29 39.35	24 19 23.95	367 337.803	
	6 18 9 51.85	-27 41 41.61	398 392.913	6 3 45 4.45	25 9 45.80	367 044.312	
	12 18 23 44.23	-27 26 42.69	397 628.132	12 4 0 43.36	25 54 8.02	366 804.011	
	18 18 37 35.60	-27 6 29.94	396 844.224	18 4 16 34.77	26 32 10.94	366 620.312	
8	0 18 51 24.78	-26 41 5.78	396 044.151	19 0 4 32 37.07	27 3 37.00	366 496.487	
	6 19 5 10.66	-26 10 34.14	395 230.723	6 4 48 48.34	27 28 11.23	366 435.620	
	12 19 18 52.20	-25 35 0.48	394 406.583	12 5 5 6.41	27 45 41.69	366 440.558	
	18 19 32 28.51	-24 54 31.60	393 574.190	18 5 21 28.89	27 55 59.84	366 513.857	
9	0 19 45 58.80	-24 9 15.64	392 735.815	20 0 5 37 53.25	27 59 0.86	366 657.736	
	6 19 59 22.44	-23 19 21.88	391 893.531	6 5 54 16.86	27 54 43.78	366 874.031	
	12 20 12 38.93	-22 25 0.66	391 049.210	12 6 10 37.12	27 43 11.58	367 164.157	
	18 20 25 47.92	-21 26 23.21	390 204.523	18 6 26 51.50	27 24 31.14	367 529.067	
10	0 20 38 49.22	-20 23 41.55	389 360.937	21 0 6 42 57.60	26 58 53.00	367 969.223	
	6 20 51 42.78	-19 17 8.33	388 519.729	6 6 58 53.25	26 26 31.15	368 484.574	
	12 21 4 28.68	-18 6 56.73	387 681.984	12 7 14 36.53	25 47 42.58	369 074.532	
	18 21 17 7.14	-16 53 20.35	386 848.614	18 7 30 5.81	25 2 46.86	369 737.966	



## LUNE 2008 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	7 45 19.79	24 12 5.66	370 473.197	<b>Févr.</b>	2 0	16 42 49.24	-27 22 44.86	402 470.451
	6	8 0 17.46	23 16 2.25	371 277.998		6	16 56 16.77	-27 39 48.78	401 888.640
	12	8 14 58.16	22 15 1.03	372 149.609		12	17 9 50.81	-27 52 0.77	401 244.058
	18	8 29 21.50	21 9 27.05	373 084.752		18	17 23 30.47	-27 59 14.08	400 540.469
	23 0	8 43 27.36	19 59 45.63	374 079.656	3 0	17 37 14.75	-28 1 22.96	399 781.886	
	6	8 57 15.89	18 46 21.97	375 130.083	6	17 51 2.62	-27 58 22.79	398 972.540	
	12	9 10 47.41	17 29 40.88	376 231.369	12	18 4 52.97	-27 50 10.19	398 116.858	
	18	9 24 2.46	16 10 6.51	377 378.458	18	18 18 44.66	-27 36 43.11	397 219.437	
	24 0	9 37 1.71	14 48 2.17	378 565.946	4 0	18 32 36.57	-27 18 0.87	396 285.010	
	6	9 49 45.94	13 23 50.19	379 788.128	6	18 46 27.58	-26 54 4.27	395 318.422	
	12	10 2 16.05	11 57 51.84	381 039.048	12	19 0 16.61	-26 24 55.53	394 324.594	
	18	10 14 33.00	10 30 27.22	382 312.543	18	19 14 2.68	-25 50 38.33	393 308.491	
	25 0	10 26 37.80	9 1 55.32	383 602.298	5 0	19 27 44.87	-25 11 17.77	392 275.092	
	6	10 38 31.50	7 32 33.96	384 901.893	6	19 41 22.37	-24 27 0.29	391 229.356	
	12	10 50 15.17	6 2 39.85	386 204.852	12	19 54 54.48	-23 37 53.67	390 176.184	
	18	11 1 49.89	4 32 28.64	387 504.693	18	20 8 20.65	-22 44 6.88	389 120.390	
	26 0	11 13 16.76	3 2 14.94	388 794.972	6 0	20 21 40.43	-21 45 50.01	388 066.666	
	6	11 24 36.85	1 32 12.44	390 069.327	6	20 34 53.55	-20 43 14.19	387 019.551	
	12	11 35 51.24	0 2 33.98	391 321.522	12	20 47 59.83	-19 36 31.46	385 983.396	
	18	11 47 0.99	-1 26 28.40	392 545.482	18	21 0 59.26	-18 25 54.69	384 962.341	
	27 0	11 58 7.14	-2 54 43.35	393 735.331	7 0	21 13 51.94	-17 11 37.49	383 960.282	
	6	12 9 10.73	-4 22 0.11	394 885.427	6	21 26 38.09	-15 53 54.09	382 980.851	
	12	12 20 12.75	-5 48 8.47	395 990.387	12	21 39 18.05	-14 32 59.30	382 027.390	
	18	12 31 14.19	-7 12 58.61	397 045.119	18	21 51 52.25	-13 9 8.41	381 102.936	
	28 0	12 42 16.00	-8 36 21.11	398 044.844	8 0	22 4 21.25	-11 42 37.13	380 210.205	
	6	12 53 19.13	-9 58 6.76	398 985.116	6	22 16 45.65	-10 13 41.53	379 351.582	
	12	13 4 24.46	-11 18 6.60	399 861.845	12	22 29 6.16	-8 42 38.02	378 529.112	
	18	13 15 32.89	-12 36 11.76	400 671.307	18	22 41 23.55	-7 9 43.28	377 744.503	
	29 0	13 26 45.23	-13 52 13.42	401 410.161	9 0	22 53 38.66	-5 35 14.27	376 999.124	
	6	13 38 2.31	-15 6 2.76	402 075.459	6	23 5 52.35	-3 59 28.18	376 294.012	
	12	13 49 24.88	-16 17 30.92	402 664.654	12	23 18 5.56	-2 22 42.44	375 629.886	
	18	14 0 53.65	-17 26 28.91	403 175.607	18	23 30 19.26	-0 45 14.71	375 007.161	
	30 0	14 12 29.30	-18 32 47.61	403 606.592	10 0	23 42 34.45	0 52 37.12	374 425.967	
	6	14 24 12.41	-19 36 17.74	403 956.295	6	23 54 52.15	2 30 34.91	373 886.171	
	12	14 36 3.53	-20 36 49.83	404 223.819	12	0 7 13.40	4 8 20.26	373 387.407	
	18	14 48 3.12	-21 34 14.22	404 408.680	18	0 19 39.25	5 45 34.50	372 929.101	
	31 0	15 0 11.56	-22 28 21.09	404 510.804	11 0	0 32 10.76	7 21 58.68	372 510.506	
	6	15 12 29.14	-23 19 0.48	404 530.522	6	0 44 48.97	8 57 13.52	372 130.731	
	12	15 24 56.05	-24 6 2.31	404 468.564	12	0 57 34.91	10 30 59.45	371 788.779	
	18	15 37 32.35	-24 49 16.46	404 326.052	18	1 10 29.57	12 2 56.54	371 483.578	
<b>Févr.</b>	1 0	15 50 18.03	-25 28 32.83	404 104.489	12 0	1 23 33.91	13 32 44.55	371 214.018	
	6	16 3 12.90	-26 3 41.44	403 805.748	6	1 36 48.80	15 0 2.90	370 978.983	
	12	16 16 16.69	-26 34 32.53	403 432.058	12	1 50 15.07	16 24 30.75	370 777.383	
	18	16 29 28.99	-27 0 56.65	402 985.993	18	2 3 53.41	17 45 46.99	370 608.185	

## LUNE 2008 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 2 17 44.42	19 3 30.38	370 470.439	<b>Févr.</b> 24	0 12 25 42.38	- 6 32 6.41	395 364.603
	6 2 31 48.54	20 17 19.58	370 363.305		6 12 36 51.41	- 7 57 12.04	396 317.125
	12 2 46 6.04	21 26 53.36	370 286.071		12 12 48 1.54	- 9 20 44.11	397 237.939
	18 3 0 36.98	22 31 50.73	370 238.175		18 12 59 13.58	-10 42 32.27	398 122.293
14	0 3 15 21.24	23 31 51.13	370 219.212	25	0 13 10 28.32	-12 2 26.42	398 965.536
	6 3 30 18.43	24 26 34.74	370 228.951		6 13 21 46.55	-13 20 16.66	399 763.149
	12 3 45 27.92	25 15 42.72	370 267.332		12 13 33 8.98	-14 35 53.23	400 510.768
	18 4 0 48.82	25 58 57.49	370 334.472		18 13 44 36.30	-15 49 6.52	401 204.216
15	0 4 16 19.97	26 36 3.12	370 430.656	26	0 13 56 9.16	-16 59 46.96	401 839.529
	6 4 31 59.95	27 6 45.59	370 556.335		6 14 7 48.16	-18 7 45.05	402 412.976
	12 4 47 47.14	27 30 53.16	370 712.105		12 14 19 33.83	-19 12 51.31	402 921.084
	18 5 3 39.67	27 48 16.63	370 898.697		18 14 31 26.65	-20 14 56.27	403 360.662
16	0 5 19 35.55	27 58 49.59	371 116.951	27	0 14 43 27.03	-21 13 50.47	403 728.813
	6 5 35 32.66	28 2 28.61	371 367.798		6 14 55 35.31	-22 9 24.45	404 022.963
	12 5 51 28.81	27 59 13.36	371 652.227		12 15 7 51.73	-23 1 28.79	404 240.866
	18 6 7 21.83	27 49 6.63	371 971.261		18 15 20 16.46	-23 49 54.11	404 380.628
17	0 6 23 9.61	27 32 14.30	372 325.920	28	0 15 32 49.56	-24 34 31.13	404 440.714
	6 6 38 50.15	27 8 45.16	372 717.197		6 15 45 31.01	-25 15 10.69	404 419.964
	12 6 54 21.62	26 38 50.76	373 146.013		12 15 58 20.67	-25 51 43.84	404 317.603
	18 7 9 42.39	26 2 45.14	373 613.195		18 16 11 18.29	-26 24 1.91	404 133.245
18	0 7 24 51.05	25 20 44.46	374 119.436	29	0 16 24 23.51	-26 51 56.55	403 866.908
	6 7 39 46.46	24 33 6.73	374 665.262		6 16 37 35.88	-27 15 19.88	403 519.012
	12 7 54 27.72	23 40 11.44	375 251.007		12 16 50 54.82	-27 34 4.54	403 090.386
	18 8 8 54.20	22 42 19.17	375 876.780		18 17 4 19.67	-27 48 3.78	402 582.273
19	0 8 23 5.51	21 39 51.33	376 542.440	<b>Mars</b> 1	0 17 17 49.69	-27 57 11.59	401 996.325
	6 8 37 1.49	20 33 9.80	377 247.575		6 17 31 24.05	-28 1 22.80	401 334.603
	12 8 50 42.19	19 22 36.65	377 991.481		12 17 45 1.87	-28 0 33.09	400 599.578
	18 9 4 7.83	18 8 33.96	378 773.147		18 17 58 42.21	-27 54 39.18	399 794.118
20	0 9 17 18.82	16 51 23.54	379 591.244	2	0 18 12 24.12	-27 43 38.80	398 921.487
	6 9 30 15.69	15 31 26.83	380 444.119		6 18 26 6.64	-27 27 30.79	397 985.330
	12 9 42 59.07	14 9 4.72	381 329.788		12 18 39 48.84	-27 6 15.15	396 989.663
	18 9 55 29.73	12 44 37.46	382 245.943		18 18 53 29.81	-26 39 53.01	395 938.860
21	0 10 7 48.46	11 18 24.62	383 189.954	3	0 19 7 8.68	-26 8 26.69	394 837.628
	6 10 19 56.14	9 50 45.00	384 158.878		6 19 20 44.68	-25 31 59.67	393 690.993
	12 10 31 53.68	8 21 56.60	385 149.476		12 19 34 17.12	-24 50 36.55	392 504.278
	18 10 43 42.02	6 52 16.67	386 158.228		18 19 47 45.38	-24 4 23.08	391 283.067
22	0 10 55 22.13	5 22 1.65	387 181.353	4	0 20 1 8.97	-23 13 26.04	390 033.186
	6 11 6 54.97	3 51 27.20	388 214.834		6 20 14 27.52	-22 17 53.27	388 760.665
	12 11 18 21.53	2 20 48.27	389 254.441		12 20 27 40.76	-21 17 53.56	387 471.703
	18 11 29 42.76	0 50 19.08	390 295.761		18 20 40 48.55	-20 13 36.67	386 172.630
23	0 11 40 59.64	- 0 39 46.80	391 334.228	5	0 20 53 50.86	-19 5 13.21	384 869.867
	6 11 52 13.11	- 2 9 16.41	392 365.153		6 21 6 47.77	-17 52 54.65	383 569.881
	12 12 3 24.11	- 3 37 57.39	393 383.754		12 21 19 39.49	-16 36 53.27	382 279.139
	18 12 14 33.57	- 5 5 37.86	394 385.193		18 21 32 26.32	-15 17 22.11	381 004.060

## LUNE 2008 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 6 0	21 45 8.65	-13 54 34.94	379 750.971	Mars 17 0	8 8 25.41	22 41 28.55	378 924.566
6	21 57 46.97	-12 28 46.26	378 526.047	6	8 22 19.96	21 40 36.84	379 704.477
12	22 10 21.87	-11 0 11.24	377 335.271	12	8 35 59.46	20 35 43.21	380 492.059
18	22 22 53.99	- 9 29 5.75	376 184.380	18	8 49 24.12	19 27 7.83	381 286.889
7 0	22 35 24.05	- 7 55 46.31	375 078.815	18 0	9 2 34.32	18 15 10.62	382 088.602
6	22 47 52.82	- 6 20 30.07	374 023.678	6	9 15 30.57	17 0 11.20	382 896.855
12	23 0 21.14	- 4 43 34.84	373 023.688	12	9 28 13.49	15 42 28.72	383 711.308
18	23 12 49.89	- 3 5 19.06	372 083.140	18	9 40 43.78	14 22 21.83	384 531.594
8 0	23 25 19.99	- 1 26 1.77	371 205.868	19 0	9 53 2.24	13 0 8.61	385 357.298
6	23 37 52.38	0 13 57.40	370 395.221	6	10 5 9.70	11 36 6.58	386 187.929
12	23 50 28.04	1 54 18.19	369 654.031	12	10 17 7.05	10 10 32.64	387 022.903
18	0 3 7.95	3 34 39.84	368 984.599	18	10 28 55.19	8 43 43.12	387 861.517
9 0	0 15 53.10	5 14 40.99	368 388.683	20 0	10 40 35.06	7 15 53.75	388 702.938
6	0 28 44.50	6 53 59.82	367 867.497	6	10 52 7.61	5 47 19.73	389 546.180
12	0 41 43.10	8 32 14.02	367 421.706	12	11 3 33.77	4 18 15.71	390 390.100
18	0 54 49.85	10 9 0.85	367 051.444	18	11 14 54.49	2 48 55.85	391 233.379
10 0	1 8 5.66	11 43 57.22	366 756.331	21 0	11 26 10.71	1 19 33.85	392 074.520
6	1 21 31.36	13 16 39.76	366 535.489	6	11 37 23.35	- 0 9 37.03	392 911.842
12	1 35 7.73	14 46 44.87	366 387.584	12	11 48 33.31	- 1 38 23.92	393 743.478
18	1 48 55.42	16 13 48.87	366 310.851	18	11 59 41.51	- 3 6 34.31	394 567.375
11 0	2 2 55.00	17 37 28.10	366 303.142	22 0	12 10 48.80	- 4 33 56.00	395 381.301
6	2 17 6.85	18 57 19.07	366 361.965	6	12 21 56.04	- 6 0 17.11	396 182.850
12	2 31 31.23	20 12 58.65	366 484.537	12	12 33 4.05	- 7 25 25.99	396 969.448
18	2 46 8.19	21 24 4.27	366 667.826	18	12 44 13.65	- 8 49 11.24	397 738.370
12 0	3 0 57.57	22 30 14.11	366 908.609	23 0	12 55 25.58	-10 11 21.65	398 486.748
6	3 15 58.98	23 31 7.40	367 203.516	6	13 6 40.60	-11 31 46.18	399 211.590
12	3 31 11.80	24 26 24.66	367 549.086	12	13 17 59.41	-12 50 13.95	399 909.798
18	3 46 35.15	25 15 48.02	367 941.809	18	13 29 22.66	-14 6 34.21	400 578.184
13 0	4 2 7.90	25 59 1.45	368 378.176	24 0	13 40 50.98	-15 20 36.34	401 213.492
6	4 17 48.69	26 35 51.12	368 854.720	6	13 52 24.94	-16 32 9.81	401 812.418
12	4 33 35.95	27 6 5.58	369 368.054	12	14 4 5.05	-17 41 4.20	402 371.638
18	4 49 27.88	27 29 36.07	369 914.907	18	14 15 51.76	-18 47 9.20	402 887.822
14 0	5 5 22.58	27 46 16.64	370 492.157	25 0	14 27 45.48	-19 50 14.61	403 357.666
6	5 21 18.01	27 56 4.30	371 096.849	6	14 39 46.52	-20 50 10.34	403 777.912
12	5 37 12.09	27 58 59.07	371 726.223	12	14 51 55.12	-21 46 46.46	404 145.373
18	5 53 2.75	27 55 3.93	372 377.727	18	15 4 11.45	-22 39 53.23	404 456.961
15 0	6 8 47.98	27 44 24.78	373 049.026	26 0	15 16 35.58	-23 29 21.10	404 709.703
6	6 24 25.87	27 27 10.21	373 738.011	6	15 29 7.48	-24 15 0.79	404 900.775
12	6 39 54.66	27 3 31.31	374 442.798	12	15 41 47.05	-24 56 43.33	405 027.520
18	6 55 12.81	26 33 41.40	375 161.723	18	15 54 34.07	-25 34 20.12	405 087.473
16 0	7 10 18.97	25 57 55.71	375 893.340	27 0	16 7 28.21	-26 7 43.00	405 078.382
6	7 25 12.05	25 16 31.06	376 636.404	6	16 20 29.08	-26 36 44.32	404 998.234
12	7 39 51.18	24 29 45.52	377 389.861	12	16 33 36.16	-27 1 16.99	404 845.274
18	7 54 15.76	23 37 58.13	378 152.826	18	16 46 48.86	-27 21 14.58	404 618.026

## LUNE 2008 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>Mars</b>	28 0	17 0 6.50	-27 36 31.36	404 315.314	<b>Avril</b>	8 0	2 40 24.09	20 50 7.38	361 107.924
	6	17 13 28.34	-27 47 2.39	403 936.279		6	2 55 38.36	21 59 58.81	361 232.467
	12	17 26 53.58	-27 52 43.58	403 480.400		12	3 11 5.96	23 4 22.97	361 453.961
	18	17 40 21.38	-27 53 31.70	402 947.507		18	3 26 46.05	24 2 56.62	361 769.153
	29 0	17 53 50.88	-27 49 24.45	402 337.798		9 0	3 42 37.48	24 55 18.58	362 174.239
	6	18 7 21.19	-27 40 20.50	401 651.858		6	3 58 38.85	25 41 10.12	362 664.923
	12	18 20 51.47	-27 26 19.46	400 890.662		12	4 14 48.45	26 20 15.35	363 236.481
	18	18 34 20.87	-27 7 21.92	400 055.597		18	4 31 4.33	26 52 21.52	363 883.829
	30 0	18 47 48.61	-26 43 29.40	399 148.462		10 0	4 47 24.36	27 17 19.36	364 601.600
	6	19 1 13.96	-26 14 44.39	398 171.483		6	5 3 46.22	27 35 3.18	365 384.206
	12	19 14 36.27	-25 41 10.24	397 127.314		12	5 20 7.53	27 45 31.06	366 225.910
	18	19 27 54.96	-25 2 51.19	396 019.044		18	5 36 25.88	27 48 44.74	367 120.893
<b>Avril</b>	31 0	19 41 9.57	-24 19 52.29	394 850.191	11 0	5 52 38.89	27 44 49.59	368 063.320	
	6	19 54 19.74	-23 32 19.39	393 624.709	6	6 8 44.32	27 33 54.31	369 047.394	
	12	20 7 25.18	-22 40 19.05	392 346.975	12	6 24 40.09	27 16 10.70	370 067.415	
	18	20 20 25.76	-21 43 58.54	391 021.786	18	6 40 24.32	26 51 53.24	371 117.826	
	1 0	20 33 21.42	-20 43 25.82	389 654.343	12 0	6 55 55.42	26 21 18.71	372 193.259	
	6	20 46 12.23	-19 38 49.46	388 250.237	6	7 11 12.05	25 44 45.71	373 288.571	
	12	20 58 58.36	-18 30 18.67	386 815.431	12	7 26 13.19	25 2 34.25	374 398.876	
	18	21 11 40.08	-17 18 3.29	385 356.234	18	7 40 58.06	24 15 5.32	375 519.566	
	2 0	21 24 17.74	-16 2 13.75	383 879.269	13 0	7 55 26.22	23 22 40.50	376 646.338	
	6	21 36 51.82	-14 43 1.13	382 391.445	6	8 9 37.45	22 25 41.59	377 775.201	
	12	21 49 22.83	-13 20 37.15	380 899.918	12	8 23 31.78	21 24 30.38	378 902.489	
	18	22 1 51.40	-11 55 14.21	379 412.044	18	8 37 9.44	20 19 28.34	380 024.858	
3 0	22 14 18.23	-10 27 5.42	377 935.334	14 0	8 50 30.85	19 10 56.45	381 139.292		
6	22 26 44.05	- 8 56 24.65	376 477.402	6	9 3 36.58	17 59 15.09	382 243.090		
12	22 39 9.70	- 7 23 26.55	375 045.907	12	9 16 27.32	16 44 43.89	383 333.862		
18	22 51 36.03	- 5 48 26.62	373 648.490	18	9 29 3.88	15 27 41.72	384 409.511		
4 0	23 4 3.95	- 4 11 41.26	372 292.716	15 0	9 41 27.12	14 8 26.61	385 468.222		
6	23 16 34.43	- 2 33 27.79	370 986.002	6	9 53 37.98	12 47 15.82	386 508.438		
12	23 29 8.46	- 0 54 4.50	369 735.548	12	10 5 37.45	11 24 25.77	387 528.843		
18	23 41 47.04	0 46 9.30	368 548.272	18	10 17 26.52	10 0 12.16	388 528.339		
5 0	23 54 31.22	2 26 53.29	367 430.738	16 0	10 29 6.21	8 34 49.96	389 506.020		
6	0 7 22.04	4 7 46.12	366 389.086	6	10 40 37.57	7 8 33.50	390 461.149		
12	0 20 20.53	5 48 25.37	365 428.973	12	10 52 1.61	5 41 36.50	391 393.132		
18	0 33 27.73	7 28 27.66	364 555.508	18	11 3 19.35	4 14 12.15	392 301.495		
6 0	0 46 44.63	9 7 28.61	363 773.197	17 0	11 14 31.82	2 46 33.18	393 185.855		
6	1 0 12.19	10 45 2.96	363 085.895	6	11 25 39.99	1 18 51.88	394 045.894		
12	1 13 51.30	12 20 44.64	362 496.769	12	11 36 44.86	- 0 8 39.76	394 881.342		
18	1 27 42.76	13 54 6.91	362 008.259	18	11 47 47.36	- 1 35 50.09	395 691.944		
7 0	1 41 47.25	15 24 42.53	361 622.062	18 0	11 58 48.44	- 3 2 27.68	396 477.447		
6	1 56 5.35	16 52 3.91	361 339.117	6	12 9 48.99	- 4 28 21.29	397 237.570		
12	2 10 37.43	18 15 43.40	361 159.611	12	12 20 49.90	- 5 53 19.83	397 971.994		
18	2 25 23.68	19 35 13.54	361 082.977	18	12 31 52.01	- 7 17 12.32	398 680.337		

## LUNE 2008 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>Avril</b> 19	0	12 42 56.15	- 8 39 47.85	399 362.144	<b>Avril</b> 30	0	21 55 7.29	-12 28 9.36	384 522.942
	6	12 54 3.08	-10 0 55.57	400 016.870		6	22 7 15.82	-11 4 3.76	382 993.135
	12	13 5 13.57	-11 20 24.63	400 643.871		12	22 19 23.36	- 9 37 26.89	381 445.182
	18	13 16 28.30	-12 38 4.21	401 242.394		18	22 31 30.78	- 8 8 30.60	379 885.733
20	0	13 27 47.95	-13 53 43.46	401 811.568	<b>Mai</b> 1	0	22 43 39.01	- 6 37 27.36	378 321.792
	6	13 39 13.11	-15 7 11.54	402 350.405		6	22 55 49.04	- 5 4 30.40	376 760.682
	12	13 50 44.35	-16 18 17.61	402 857.793		12	23 8 1.88	- 3 29 53.74	375 210.006
	18	14 2 22.17	-17 26 50.81	403 332.497		18	23 20 18.61	- 1 53 52.32	373 677.599
21	0	14 14 6.97	-18 32 40.34	403 773.162	2	0	23 32 40.31	- 0 16 42.10	372 171.472
	6	14 25 59.14	-19 35 35.42	404 178.318		6	23 45 8.12	1 21 19.88	370 699.758
	12	14 37 58.93	-20 35 25.40	404 546.385		12	23 57 43.18	2 59 55.40	369 270.642
	18	14 50 6.55	-21 31 59.72	404 875.684		18	0 10 26.65	4 38 45.00	367 892.293
22	0	15 2 22.09	-22 25 8.04	405 164.445	3	0	0 23 19.69	6 17 27.87	366 572.784
	6	15 14 45.57	-23 14 40.25	405 410.819		6	0 36 23.45	7 55 41.88	365 320.019
	12	15 27 16.87	-24 0 26.59	405 612.895		12	0 49 39.04	9 33 3.49	364 141.646
	18	15 39 55.81	-24 42 17.64	405 768.715		18	1 3 7.56	11 9 7.81	363 044.978
23	0	15 52 42.09	-25 20 4.51	405 876.288	4	0	1 16 49.99	12 43 28.64	362 036.903
	6	16 5 35.28	-25 53 38.84	405 933.612		6	1 30 47.25	14 15 38.54	361 123.808
	12	16 18 34.90	-26 22 52.90	405 938.690		12	1 45 0.12	15 45 9.01	360 311.499
	18	16 31 40.32	-26 47 39.70	405 889.554		18	1 59 29.24	17 11 30.64	359 605.128
24	0	16 44 50.86	-27 7 53.05	405 784.285	5	0	2 14 15.05	18 34 13.41	359 009.122
	6	16 58 5.75	-27 23 27.64	405 621.034		6	2 29 17.75	19 52 47.02	358 527.138
	12	17 11 24.17	-27 34 19.08	405 398.045		12	2 44 37.27	21 6 41.24	358 161.996
	18	17 24 45.22	-27 40 23.96	405 113.680		18	3 0 13.26	22 15 26.43	357 915.660
25	0	17 38 8.01	-27 41 39.89	404 766.442	6	0	3 16 5.01	23 18 34.00	357 789.208
	6	17 51 31.60	-27 38 5.53	404 354.996		6	3 32 11.48	24 15 37.00	357 782.816
	12	18 4 55.09	-27 29 40.55	403 878.197		12	3 48 31.26	25 6 10.72	357 895.769
	18	18 18 17.59	-27 16 25.65	403 335.110		18	4 5 2.56	25 49 53.23	358 126.472
26	0	18 31 38.24	-26 58 22.54	402 725.036	7	0	4 21 43.29	26 26 25.98	358 472.480
	6	18 44 56.25	-26 35 33.84	402 047.536		6	4 38 31.02	26 55 34.26	358 930.537
	12	18 58 10.92	-26 8 3.09	401 302.448		12	4 55 23.13	27 17 7.61	359 496.636
	18	19 11 21.62	-25 35 54.66	400 489.918		18	5 12 16.79	27 31 0.11	360 166.070
27	0	19 24 27.82	-24 59 13.65	399 610.414	8	0	5 29 9.10	27 37 10.46	360 933.508
	6	19 37 29.10	-24 18 5.86	398 664.750		6	5 45 57.20	27 35 42.01	361 793.068
	12	19 50 25.14	-23 32 37.69	397 654.102		12	6 2 38.27	27 26 42.53	362 738.405
	18	20 3 15.74	-22 42 56.11	396 580.032		18	6 19 9.70	27 10 23.88	363 762.781
28	0	20 16 0.82	-21 49 8.52	395 444.497	9	0	6 35 29.13	26 47 1.60	364 859.160
	6	20 28 40.40	-20 51 22.80	394 249.866		6	6 51 34.50	26 16 54.33	366 020.289
	12	20 41 14.62	-19 49 47.16	392 998.936		12	7 7 24.09	25 40 23.25	367 238.776
	18	20 53 43.71	-18 44 30.20	391 694.936		18	7 22 56.52	24 57 51.48	368 507.169
29	0	21 6 8.02	-17 35 40.83	390 341.537	10	0	7 38 10.79	24 9 43.45	369 818.033
	6	21 18 27.97	-16 23 28.29	388 942.855		6	7 53 6.27	23 16 24.38	371 164.013
	12	21 30 44.08	-15 8 2.18	387 503.453		12	8 7 42.60	22 18 19.79	372 537.897
	18	21 42 56.96	-13 49 32.43	386 028.335		18	8 21 59.78	21 15 55.05	373 932.672

## LUNE 2008 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> 11	0	8 35 58.02	20 9 35.06	375 341.573	<b>Mai</b> 22	0	17 24 26.69	-27 31 39.46	405 725.563
	6	8 49 37.78	18 59 43.97	376 758.123		6	17 37 49.43	-27 32 26.15	405 456.834
	12	9 2 59.70	17 46 44.98	378 176.168		12	17 51 12.64	-27 28 23.50	405 141.320
	18	9 16 4.57	16 31 0.21	379 589.907		18	18 4 35.30	-27 19 31.64	404 778.153
12	0	9 28 53.29	15 12 50.61	380 993.912	23	0	18 17 56.43	-27 5 51.87	404 366.458
	6	9 41 26.88	13 52 35.95	382 383.143		6	18 31 15.10	-26 47 26.62	403 905.367
	12	9 53 46.38	12 30 34.80	383 752.961		12	18 44 30.45	-26 24 19.38	403 394.044
	18	10 5 52.92	11 7 4.59	385 099.129		18	18 57 41.69	-25 56 34.62	402 831.705
13	0	10 17 47.62	9 42 21.64	386 417.814	24	0	19 10 48.14	-25 24 17.76	402 217.640
	6	10 29 31.65	8 16 41.26	387 705.585		6	19 23 49.21	-24 47 34.99	401 551.235
	12	10 41 6.15	6 50 17.83	388 959.399		12	19 36 44.44	-24 6 33.26	400 831.999
	18	10 52 32.28	5 23 24.87	390 176.596		18	19 49 33.49	-23 21 20.11	400 059.583
14	0	11 3 51.17	3 56 15.16	391 354.879	25	0	20 2 16.13	-22 32 3.61	399 233.811
	6	11 15 3.94	2 29 0.84	392 492.301		6	20 14 52.25	-21 38 52.27	398 354.700
	12	11 26 11.68	1 1 53.46	393 587.244		12	20 27 21.87	-20 41 54.94	397 422.488
	18	11 37 15.47	-0 24 55.88	394 638.396		18	20 39 45.12	-19 41 20.75	396 437.658
15	0	11 48 16.34	-1 51 16.49	395 644.734	26	0	20 52 2.24	-18 37 19.05	395 400.960
	6	11 59 15.31	-3 16 57.95	396 605.494		6	21 4 13.57	-17 29 59.37	394 313.437
	12	12 10 13.37	-4 41 50.09	397 520.150		12	21 16 19.55	-16 19 31.38	393 176.447
	18	12 21 11.47	-6 5 42.92	398 388.390		18	21 28 20.71	-15 6 4.89	391 991.684
16	0	12 32 10.53	-7 28 26.50	399 210.086	27	0	21 40 17.67	-13 49 49.83	390 761.197
	6	12 43 11.42	-8 49 50.98	399 985.276		6	21 52 11.10	-12 30 56.27	389 487.410
	12	12 54 15.01	-10 9 46.49	400 714.132		12	22 4 1.78	-11 9 34.46	388 173.135
	18	13 5 22.09	-11 28 3.10	401 396.938		18	22 15 50.52	-9 45 54.86	386 821.588
17	0	13 16 33.42	-12 44 30.84	402 034.066	28	0	22 27 38.22	-8 20 8.19	385 436.399
	6	13 27 49.71	-13 58 59.60	402 625.956		6	22 39 25.81	-6 52 25.50	384 021.613
	12	13 39 11.64	-15 11 19.19	403 173.085		12	22 51 14.29	-5 22 58.26	382 581.701
	18	13 50 39.78	-16 21 19.29	403 675.956		18	23 3 4.70	-3 51 58.41	381 121.555
18	0	14 2 14.69	-17 28 49.47	404 135.069	29	0	23 14 58.11	-2 19 38.51	379 646.480
	6	14 13 56.83	-18 33 39.22	404 550.911		6	23 26 55.66	-0 46 11.76	378 162.185
	12	14 25 46.59	-19 35 37.94	404 923.931		12	23 38 58.50	0 48 7.80	376 674.767
	18	14 37 44.27	-20 34 35.04	405 254.532		18	23 51 7.83	2 23 5.25	375 190.685
19	0	14 49 50.08	-21 30 19.92	405 543.051	30	0	0 3 24.84	3 58 24.65	373 716.734
	6	15 2 4.15	-22 22 42.09	405 789.754		6	0 15 50.79	5 33 48.95	372 260.007
	12	15 14 26.47	-23 11 31.22	405 994.819		12	0 28 26.89	7 8 59.85	370 827.852
	18	15 26 56.96	-23 56 37.23	406 158.334		18	0 41 14.39	8 43 37.77	369 427.822
20	0	15 39 35.39	-24 37 50.39	406 280.291	31	0	0 54 14.50	10 17 21.71	368 067.623
	6	15 52 21.43	-25 15 1.40	406 360.578		6	1 7 28.40	11 49 49.25	366 755.046
	12	16 5 14.65	-25 48 1.52	406 398.982		12	1 20 57.21	13 20 36.50	365 497.897
	18	16 18 14.49	-26 16 42.66	406 395.188		18	1 34 41.98	14 49 18.13	364 303.928
21	0	16 31 20.28	-26 40 57.49	406 348.780	<b>Juin</b> 1	0	1 48 43.63	16 15 27.44	363 180.756
	6	16 44 31.27	-27 0 39.57	406 259.249		6	2 3 2.93	17 38 36.47	362 135.773
	12	16 57 46.62	-27 15 43.38	406 125.998		12	2 17 40.47	18 58 16.19	361 176.071
	18	17 11 5.42	-27 26 4.47	405 948.351		18	2 32 36.62	20 13 56.79	360 308.352

## LUNE 2008 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>	2 0	2 47 51.48	21 25 8.01	359 538.841	<b>Juin</b>	13 0	13 5 14.88	-11 39 45.39	400 125.983
	6	3 3 24.81	22 31 19.58	358 873.203		6	13 16 28.29	-12 55 52.99	400 950.816
	12	3 19 16.06	23 32 1.72	358 316.473		12	13 27 46.10	-14 9 55.77	401 713.291
	18	3 35 24.26	24 26 45.77	357 872.975		18	13 39 9.05	-15 21 44.41	402 413.420
	3 0	3 51 48.06	25 15 4.81	357 546.262		14 0	13 50 37.78	-16 31 9.49	403 051.467
	6	4 8 25.72	25 56 34.34	357 339.063		6	14 2 12.92	-17 38 1.45	403 627.925
	12	4 25 15.08	26 30 52.95	357 253.244		12	14 13 54.99	-18 42 10.58	404 143.488
	18	4 42 13.64	26 57 43.03	357 289.769		18	14 25 44.45	-19 43 27.04	404 599.032
	4 0	4 59 18.60	27 16 51.21	357 448.690		15 0	14 37 41.67	-20 41 40.90	404 995.587
	6	5 16 26.96	27 28 8.93	357 729.145		6	14 49 46.92	-21 36 42.16	405 334.315
	12	5 33 35.55	27 31 32.60	358 129.366		12	15 2 0.40	-22 28 20.81	405 616.487
	18	5 50 41.21	27 27 3.79	358 646.699		18	15 14 22.16	-23 16 26.91	405 843.459
	5 0	6 7 40.82	27 14 49.09	359 277.652		16 0	15 26 52.17	-24 0 50.64	406 016.654
	6	6 24 31.45	26 54 59.87	360 017.934		6	15 39 30.28	-24 41 22.42	406 137.532
	12	6 41 10.42	26 27 51.80	360 862.520		12	15 52 16.20	-25 17 53.01	406 207.581
	18	6 57 35.37	25 53 44.37	361 805.713		18	16 5 9.54	-25 50 13.60	406 228.289
	6 0	7 13 44.32	25 13 0.14	362 841.230		17 0	16 18 9.78	-26 18 15.96	406 201.130
	6	7 29 35.68	24 26 4.15	363 962.269		6	16 31 16.28	-26 41 52.54	406 127.544
	12	7 45 8.27	23 33 23.16	365 161.600		12	16 44 28.30	-27 0 56.58	406 008.927
	18	8 0 21.28	22 35 25.00	366 431.655		18	16 57 45.01	-27 15 22.24	405 846.612
	7 0	8 15 14.30	21 32 38.00	367 764.604		18 0	17 11 5.48	-27 25 4.71	405 641.861
	6	8 29 47.23	20 25 30.43	369 152.441		6	17 24 28.73	-27 30 0.25	405 395.851
	12	8 44 0.26	19 14 30.10	370 587.072		12	17 37 53.73	-27 30 6.34	405 109.669
	18	8 57 53.87	18 0 3.97	372 060.385		18	17 51 19.41	-27 25 21.66	404 784.302
	8 0	9 11 28.69	16 42 37.93	373 564.322		19 0	18 4 44.72	-27 15 46.13	404 420.635
	6	9 24 45.57	15 22 36.59	375 090.949		6	18 18 8.62	-27 1 20.96	404 019.449
	12	9 37 45.45	14 0 23.16	376 632.512		12	18 31 30.10	-26 42 8.56	403 581.419
	18	9 50 29.41	12 36 19.44	378 181.494		18	18 44 48.22	-26 18 12.55	403 107.115
	9 0	10 2 58.57	11 10 45.77	379 730.659		20 0	18 58 2.13	-25 49 37.69	402 597.008
	6	10 15 14.10	9 44 1.06	381 273.094		6	19 11 11.04	-25 16 29.77	402 051.477
	12	10 27 17.22	8 16 22.90	382 802.241		12	19 24 14.31	-24 38 55.54	401 470.812
	18	10 39 9.16	6 48 7.56	384 311.925		18	19 37 11.38	-23 57 2.60	400 855.231
	10 0	10 50 51.12	5 19 30.18	385 796.378		21 0	19 50 1.83	-23 10 59.30	400 204.887
	6	11 2 24.32	3 50 44.80	387 250.250		6	20 2 45.35	-22 20 54.61	399 519.884
	12	11 13 49.96	2 22 4.52	388 668.622		12	20 15 21.78	-21 26 58.05	398 800.295
	18	11 25 9.22	0 53 41.58	390 047.015		18	20 27 51.05	-20 29 19.55	398 046.175
	11 0	11 36 23.24	- 0 34 12.51	391 381.384		22 0	20 40 13.24	-19 28 9.38	397 257.584
	6	11 47 33.15	- 2 1 26.86	392 668.122		6	20 52 28.53	-18 23 38.08	396 434.609
	12	11 58 40.05	- 3 27 51.10	393 904.052		12	21 4 37.20	-17 15 56.35	395 577.379
	18	12 9 44.98	- 4 53 15.28	395 086.415		18	21 16 39.64	-16 5 15.04	394 686.097
	12 0	12 20 48.98	- 6 17 29.79	396 212.865		23 0	21 28 36.34	-14 51 45.09	393 761.056
	6	12 31 53.03	- 7 40 25.23	397 281.445		6	21 40 27.85	-13 35 37.50	392 802.669
	12	12 42 58.10	- 9 1 52.39	398 290.579		12	21 52 14.82	-12 17 3.31	391 811.491
	18	12 54 5.09	-10 21 42.15	399 239.051		18	22 3 57.97	-10 56 13.63	390 788.244

## LUNE 2008 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>	24	0	22 15 38.08	- 9	33	19.62	389 733.843	<b>Juill.</b>	5	0	8 48 39.53	18	42	0.90	367 622.763		
		6	22 27 15.98	- 8	8	32.53	388 649.419			6	9	2 44.32	17	24	17.19	368 873.919	
		12	22 38 52.59	- 6	42	3.77	387 536.343			12	9	16 30.91	16	3	30.37	370 186.364	
		18	22 50 28.84	- 5	14	4.87	386 396.248			18	9	30 0.00	14	40	6.74	371 552.630	
		25	0	23 2 5.73	- 3	44	47.65		385 231.052		6	0	9 43 12.47	13	14	31.33	372 965.054
		6	23 13 44.29	- 2	14	24.22	384 042.971			6	9	56 9.27	11	47	7.84	374 415.846	
		12	23 25 25.61	- 0	43	7.06	382 834.544			12	10	8 51.46	10	18	18.53	375 897.158	
		18	23 37 10.79	0	48	50.87	381 608.639			18	10	21 20.17	8	48	24.25	377 401.154	
		26	0	23 49 0.97	2	21	16.05		380 368.469		7	0	10 33 36.55	7	17	44.41	378 920.069
		6	0 0 57.34	3	53	54.30	379 117.598			6	10	45 41.77	5	46	37.07	380 446.271	
		12	0 13 1.08	5	26	30.69	377 859.940			12	10	57 37.04	4	15	18.99	381 972.311	
		18	0 25 13.40	6	58	49.45	376 599.766			18	11	9 23.52	2	44	5.74	383 490.969	
	27	0	0 37 35.52	8	30	33.82	375 341.690		8	0	11 21 2.41	1	13	11.73	384 995.300		
	6	0 50 8.66	10	1	26.04	374 090.662		6	11	32 34.85	- 0	17	9.57	386 478.668			
	12	1 2 54.01	11	31	7.20	372 851.949		12	11	44 1.99	- 1	46	45.65	387 934.778			
	18	1 15 52.74	12	59	17.20	371 631.114		18	11	55 24.93	- 3	15	24.74	389 357.703			
	28	0	1 29 5.97	14	25	34.70	370 433.985		9	0	12 6 44.77	- 4	42	55.80	390 741.904		
	6	1 42 34.74	15	49	37.13	369 266.620		6	12	18 2.54	- 6	9	8.33	392 082.245			
	12	1 56 20.00	17	11	0.68	368 135.266		12	12	29 19.27	- 7	33	52.33	393 374.011			
	18	2 10 22.55	18	29	20.38	367 046.312		18	12	40 35.94	- 8	56	58.19	394 612.911			
	29	0	2 24 43.03	19	44	10.22	366 006.233		10	0	12 51 53.49	-10	18	16.59	395 795.084		
	6	2 39 21.88	20	55	3.38	365 021.528		6	13	3 12.83	-11	37	38.43	396 917.103			
	12	2 54 19.30	22	1	32.42	364 098.664		12	13	14 34.82	-12	54	54.77	397 975.969			
	18	3 9 35.18	23	3	9.69	363 243.999		18	13	26 0.27	-14	9	56.74	398 969.110			
	30	0	3 25 9.11	23	59	27.72	362 463.710		11	0	13 37 29.94	-15	22	35.50	399 894.372		
	6	3 41 0.31	24	49	59.72	361 763.725		6	13	49 4.53	-16	32	42.22	400 750.009			
	12	3 57 7.63	25	34	20.15	361 149.645		12	14	0 44.70	-17	40	8.00	401 534.676			
	18	4 13 29.54	26	12	5.36	360 626.661		18	14	12 31.03	-18	44	43.88	402 247.410			
<b>Juill.</b>	1	0	4 30 4.11	26	42	54.17	360 199.493		12	0	14 24 24.01	-19	46	20.82	402 887.620		
		6	4 46 49.10	27	6	28.55	359 872.319		6	14	36 24.08	-20	44	49.74	403 455.070		
		12	5 3 41.90	27	22	34.17	359 648.700		12	14	48 31.57	-21	40	1.45	403 949.861		
		18	5 20 39.72	27	31	0.91	359 531.533		18	15	0 46.74	-22	31	46.80	404 372.410		
		2	0	5 37 39.55	27	31	43.23	359 523.003		13	0	15 13 9.71	-23	19	56.60	404 723.438	
		6	5 54 38.36	27	24	40.37	359 624.531		6	15	25 40.53	-24	4	21.81	405 003.943		
		12	6 11 33.11	27	9	56.44	359 836.756		12	15	38 19.13	-24	44	53.48	405 215.183		
		18	6 28 20.89	26	47	40.25	360 159.514		18	15	51 5.30	-25	21	22.96	405 358.651		
		3	0	6 44 59.00	26	18	5.05	360 591.824		14	0	16 3 58.74	-25	53	41.91	405 436.059	
		6	7 1 25.01	25	41	28.10	361 131.900		6	16	16 59.03	-26	21	42.42	405 449.308		
		12	7 17 36.83	24	58	10.11	361 777.166		12	16	30 5.60	-26	45	17.18	405 400.474		
		18	7 33 32.75	24	8	34.68	362 524.282		18	16	43 17.82	-27	4	19.51	405 291.778		
	4	0	7 49 11.40	23	13	7.58	363 369.181		15	0	16 56 34.92	-27	18	43.52	405 125.566		
	6	8 4 31.84	22	12	16.18	364 307.120		6	17	9 56.08	-27	28	24.21	404 904.288			
	12	8 19 33.46	21	6	28.80	365 332.731		12	17	23 20.36	-27	33	17.58	404 630.473			
	18	8 34 16.01	19	56	14.15	366 440.086		18	17	36 46.80	-27	33	20.67	404 306.708			



## LUNE 2008 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> 16	0	17	50	14.39	-27	28	31.71	403 935.615	<b>Juill.</b> 27	0	3	5	57.36	22	55	37.79	368 841.714
	6	18	3	42.11	-27	18	50.06	403 519.833		6	3	20	58.83	23	51	16.26	368 122.112
	12	18	17	8.93	-27	4	16.35	403 061.992		12	3	36	16.39	24	41	33.83	367 443.855
	18	18	30	33.86	-26	44	52.42	402 564.699		18	3	51	49.26	25	26	7.91	366 811.353
17	0	18	43	55.95	-26	20	41.31	402 030.518	28	0	4	7	36.35	26	4	37.14	366 229.051
	6	18	57	14.31	-25	51	47.25	401 461.949		6	4	23	36.25	26	36	41.85	365 701.388
	12	19	10	28.15	-25	18	15.59	400 861.418		12	4	39	47.23	27	2	4.58	365 232.736
	18	19	23	36.76	-24	40	12.73	400 231.259		18	4	56	7.27	27	20	30.55	364 827.358
18	0	19	36	39.54	-23	57	46.03	399 573.701	29	0	5	12	34.12	27	31	48.08	364 489.345
	6	19	49	36.00	-23	11	3.76	398 890.860		6	5	29	5.32	27	35	49.03	364 222.557
	12	20	2	25.77	-22	20	14.93	398 184.726		12	5	45	38.28	27	32	29.04	364 030.573
	18	20	15	8.61	-21	25	29.27	397 457.161		18	6	2	10.37	27	21	47.75	363 916.635
19	0	20	27	44.38	-20	26	57.08	396 709.891	30	0	6	18	38.98	27	3	48.83	363 883.585
	6	20	40	13.08	-19	24	49.15	395 944.503		6	6	35	1.61	26	38	39.93	363 933.828
	12	20	52	34.81	-18	19	16.69	395 162.449		12	6	51	15.92	26	6	32.49	364 069.276
	18	21	4	49.77	-17	10	31.23	394 365.044		18	7	7	19.79	25	27	41.42	364 291.313
20	0	21	16	58.29	-15	58	44.57	393 553.476	31	0	7	23	11.40	24	42	24.73	364 600.760
	6	21	29	0.76	-14	44	8.73	392 728.806		6	7	38	49.21	23	51	3.08	364 997.848
	12	21	40	57.67	-13	26	55.87	391 891.985		12	7	54	12.02	22	53	59.27	365 482.197
	18	21	52	49.59	-12	7	18.28	391 043.861		18	8	9	18.92	21	51	37.76	366 052.807
21	0	22	4	37.17	-10	45	28.39	390 185.195	<b>Août</b> 1	0	8	24	9.35	20	44	24.20	366 708.055
	6	22	16	21.12	-9	21	38.68	389 316.679		6	8	38	43.01	19	32	44.92	367 445.702
	12	22	28	2.19	-7	56	1.76	388 438.948		12	8	52	59.87	18	17	6.58	368 262.901
	18	22	39	41.23	-6	28	50.32	387 552.606		18	9	7	0.16	16	57	55.76	369 156.229
22	0	22	51	19.09	-5	0	17.19	386 658.246	2	0	9	20	44.28	15	35	38.69	370 121.707
	6	23	2	56.70	-3	30	35.36	385 756.470		6	9	34	12.80	14	10	40.94	371 154.838
	12	23	14	35.01	-1	59	57.99	384 847.912		12	9	47	26.47	12	43	27.30	372 250.653
	18	23	26	15.02	-0	28	38.49	383 933.266		18	10	0	26.10	11	14	21.58	373 403.752
23	0	23	37	57.75	1	3	9.43	383 013.306	3	0	10	13	12.63	9	43	46.49	374 608.357
	6	23	49	44.26	2	35	11.74	382 088.912		6	10	25	47.02	8	12	3.65	375 858.366
	12	0	1	35.63	4	7	13.98	381 161.094		12	10	38	10.33	6	39	33.49	377 147.405
	18	0	13	32.96	5	39	1.20	380 231.012		18	10	50	23.60	5	6	35.26	378 468.889
24	0	0	25	37.35	7	10	17.94	379 300.002	4	0	11	2	27.91	3	33	27.09	379 816.077
	6	0	37	49.93	8	40	48.08	378 369.589		6	11	14	24.34	2	0	25.98	381 182.124
	12	0	50	11.81	10	10	14.86	377 441.512		12	11	26	13.97	0	27	47.88	382 560.142
	18	1	2	44.10	11	38	20.75	376 517.735		18	11	37	57.87	-1	4	12.24	383 943.249
25	0	1	15	27.87	13	4	47.41	375 600.457	5	0	11	49	37.08	-2	35	20.33	385 324.618
	6	1	28	24.16	14	29	15.70	374 692.124		6	12	1	12.64	-4	5	23.18	386 697.528
	12	1	41	33.94	15	51	25.59	373 795.436		12	12	12	45.55	-5	34	8.34	388 055.403
	18	1	54	58.12	17	10	56.22	372 913.341		18	12	24	16.78	-7	1	24.02	389 391.858
26	0	2	8	37.48	18	27	25.89	372 049.036	6	0	12	35	47.28	-8	26	59.04	390 700.729
	6	2	22	32.69	19	40	32.17	371 205.957		6	12	47	17.96	-9	50	42.72	391 976.114
	12	2	36	44.24	20	49	51.98	370 387.767		12	12	58	49.70	-11	12	24.81	393 212.396
	18	2	51	12.44	21	55	1.78	369 598.335		18	13	10	23.31	-12	31	55.44	394 404.273

## LUNE 2008 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>	7 0	13 21 59.60	-13 49 5.04	395 546.778	<b>Août</b>	18 0	22 38 55.55	- 6 34 12.66	385 112.641
	6	13 33 39.30	-15 3 44.26	396 635.298		6	22 50 44.67	- 5 4 14.79	384 236.416
	12	13 45 23.11	-16 15 43.96	397 665.592		12	23 2 33.51	- 3 33 5.60	383 376.917
	18	13 57 11.64	-17 24 55.13	398 633.800		18	23 14 22.95	- 2 0 59.83	382 535.680
	8 0	14 9 5.47	-18 31 8.88	399 536.457		19 0	23 26 13.90	- 0 28 12.55	381 714.018
	6	14 21 5.09	-19 34 16.40	400 370.496		6	23 38 7.32	1 5 0.88	380 913.037
	12	14 33 10.94	-20 34 8.97	401 133.257		12	23 50 4.17	2 38 24.72	380 133.643
	18	14 45 23.36	-21 30 37.94	401 822.483		18	0 2 5.44	4 11 42.83	379 376.560
	9 0	14 57 42.61	-22 23 34.74	402 436.326		20 0	0 14 12.13	5 44 38.70	378 642.350
	6	15 10 8.85	-23 12 50.92	402 973.342		6	0 26 25.24	7 16 55.37	377 931.426
	12	15 22 42.15	-23 58 18.17	403 432.486		12	0 38 45.79	8 48 15.39	377 244.084
	18	15 35 22.48	-24 39 48.38	403 813.110		18	0 51 14.76	10 18 20.86	376 580.517
	10 0	15 48 9.70	-25 17 13.69	404 114.950		21 0	1 3 53.12	11 46 53.34	375 940.849
	6	16 1 3.57	-25 50 26.57	404 338.124		6	1 16 41.83	13 13 33.90	375 325.156
	12	16 14 3.73	-26 19 19.88	404 483.115		12	1 29 41.76	14 38 3.06	374 733.494
	18	16 27 9.72	-26 43 46.98	404 550.763		18	1 42 53.74	16 0 0.89	374 165.924
	11 0	16 40 20.99	-27 3 41.79	404 542.249		22 0	1 56 18.52	17 19 6.95	373 622.539
	6	16 53 36.89	-27 18 58.90	404 459.084		6	2 9 56.73	18 35 0.42	373 103.489
	12	17 6 56.68	-27 29 33.65	404 303.091		12	2 23 48.88	19 47 20.16	372 609.003
	18	17 20 19.58	-27 35 22.22	404 076.387		18	2 37 55.33	20 55 44.83	372 139.410
	12 0	17 33 44.71	-27 36 21.69	403 781.368		23 0	2 52 16.26	21 59 53.07	371 695.159
	6	17 47 11.18	-27 32 30.12	403 420.687		6	3 6 51.64	22 59 23.63	371 276.834
	12	18 0 38.08	-27 23 46.59	402 997.236		12	3 21 41.24	23 53 55.71	370 885.163
	18	18 14 4.49	-27 10 11.23	402 514.121		18	3 36 44.55	24 43 9.11	370 521.034
	13 0	18 27 29.51	-26 51 45.28	401 974.645		24 0	3 52 0.84	25 26 44.65	370 185.494
	6	18 40 52.26	-26 28 31.03	401 382.281		6	4 7 29.10	26 4 24.43	369 879.750
	12	18 54 11.94	-26 0 31.86	400 740.650		12	4 23 8.05	26 35 52.21	369 605.172
	18	19 7 27.80	-25 27 52.19	400 053.494		18	4 38 56.16	27 0 53.74	369 363.277
	14 0	19 20 39.17	-24 50 37.45	399 324.653		25 0	4 54 51.71	27 19 17.15	369 155.723
	6	19 33 45.47	-24 8 53.99	398 558.042		6	5 10 52.73	27 30 53.19	368 984.290
	12	19 46 46.22	-23 22 49.11	397 757.618		12	5 26 57.16	27 35 35.54	368 850.861
	18	19 59 41.06	-22 32 30.88	396 927.358		18	5 43 2.81	27 33 20.95	368 757.396
	15 0	20 12 29.73	-21 38 8.17	396 071.237		26 0	5 59 7.46	27 24 9.44	368 705.909
	6	20 25 12.06	-20 39 50.51	395 193.194		6	6 15 8.94	27 8 4.21	368 698.430
	12	20 37 48.02	-19 37 48.08	394 297.112		12	6 31 5.13	26 45 11.69	368 736.979
	18	20 50 17.66	-18 32 11.60	393 386.793		18	6 46 54.06	26 15 41.35	368 823.522
	16 0	21 2 41.14	-17 23 12.30	392 465.935		27 0	7 2 33.96	25 39 45.46	368 959.944
	6	21 14 58.72	-16 11 1.85	391 538.106		6	7 18 3.24	24 57 38.87	369 148.000
	12	21 27 10.76	-14 55 52.33	390 606.730		12	7 33 20.59	24 9 38.67	369 389.285
	18	21 39 17.67	-13 37 56.16	389 675.059		18	7 48 24.96	23 16 3.82	369 685.193
	17 0	21 51 19.97	-12 17 26.12	388 746.167		28 0	8 3 15.52	22 17 14.83	370 036.879
	6	22 3 18.23	-10 54 35.25	387 822.926		6	8 17 51.75	21 13 33.37	370 445.226
	12	22 15 13.11	- 9 29 36.93	386 908.000		12	8 32 13.34	20 5 21.98	370 910.813
	18	22 27 5.29	- 8 2 44.76	386 003.832		18	8 46 20.22	18 53 3.71	371 433.887

## LUNE 2008 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>	29 0	9 0 12.53	17 37 1.91	372 014.335	<b>Sept.</b>	9 0	18 9 26.24	-27 11 54.15	402 998.248
	6	9 13 50.56	16 17 39.90	372 651.664		6	18 22 46.79	-26 55 18.23	402 524.940
	12	9 27 14.79	14 55 20.84	373 344.990		12	18 36 5.14	-26 33 57.76	401 978.803
	18	9 40 25.80	13 30 27.53	374 093.020		18	18 49 20.58	-26 7 55.77	401 362.528
	30 0	9 53 24.31	12 3 22.24	374 894.048	10 0	19 2 32.47	-25 37 16.10	400 679.148	
	6	10 6 11.10	10 34 26.68	375 745.961	6	19 15 40.27	-25 2 3.46	399 932.027	
	12	10 18 47.01	9 4 1.84	376 646.233	12	19 28 43.47	-24 22 23.29	399 124.841	
	18	10 31 12.96	7 32 27.97	377 591.943	18	19 41 41.71	-23 38 21.80	398 261.562	
	31 0	10 43 29.88	6 0 4.58	378 579.789	11 0	19 54 34.67	-22 50 5.89	397 346.437	
	6	10 55 38.73	4 27 10.33	379 606.102	6	20 7 22.16	-21 57 43.10	396 383.965	
	12	11 7 40.48	2 54 3.12	380 666.878	12	20 20 4.09	-21 1 21.59	395 378.874	
	18	11 19 36.10	1 21 0.06	381 757.798	18	20 32 40.46	-20 1 10.08	394 336.094	
<b>Sept.</b>	1 0	11 31 26.57	- 0 11 42.53	382 874.260	12 0	20 45 11.35	-18 57 17.85	393 260.731	
	6	11 43 12.85	- 1 43 49.07	384 011.418	6	20 57 36.95	-17 49 54.66	392 158.033	
	12	11 54 55.87	- 3 15 4.66	385 164.210	12	21 9 57.54	-16 39 10.81	391 033.362	
	18	12 6 36.56	- 4 45 15.11	386 327.398	18	21 22 13.48	-15 25 17.03	389 892.158	
	2 0	12 18 15.82	- 6 14 6.84	387 495.609	13 0	21 34 25.19	-14 8 24.55	388 739.904	
	6	12 29 54.52	- 7 41 26.85	388 663.369	6	21 46 33.19	-12 48 45.06	387 582.091	
	12	12 41 33.48	- 9 7 2.69	389 825.143	12	21 58 38.04	-11 26 30.73	386 424.182	
	18	12 53 13.53	-10 30 42.41	390 975.378	18	22 10 40.37	-10 1 54.20	385 271.569	
	3 0	13 4 55.41	-11 52 14.49	392 108.532	14 0	22 22 40.88	- 8 35 8.60	384 129.542	
	6	13 16 39.84	-13 11 27.86	393 219.120	6	22 34 40.31	- 7 6 27.58	383 003.245	
	12	13 28 27.50	-14 28 11.79	394 301.743	12	22 46 39.43	- 5 36 5.31	381 897.643	
	18	13 40 19.01	-15 42 15.90	395 351.124	18	22 58 39.07	- 4 4 16.50	380 817.484	
	4 0	13 52 14.92	-16 53 30.12	396 362.139	15 0	23 10 40.10	- 2 31 16.43	379 767.264	
	6	14 4 15.75	-18 1 44.66	397 329.850	6	23 22 43.40	- 0 57 20.97	378 751.199	
	12	14 16 21.93	-19 6 50.03	398 249.528	12	23 34 49.90	0 37 13.43	377 773.189	
	18	14 28 33.81	-20 8 36.96	399 116.684	18	23 47 0.52	2 12 9.70	376 836.798	
	5 0	14 40 51.70	-21 6 56.48	399 927.090	16 0	23 59 16.22	3 47 10.13	375 945.228	
	6	14 53 15.78	-22 1 39.87	400 676.800	6	0 11 37.95	5 21 56.38	375 101.302	
	12	15 5 46.19	-22 52 38.71	401 362.174	12	0 24 6.68	6 56 9.50	374 307.450	
	18	15 18 22.94	-23 39 44.89	401 979.888	18	0 36 43.35	8 29 29.89	373 565.699	
	6 0	15 31 5.97	-24 22 50.65	402 526.960	17 0	0 49 28.88	10 1 37.35	372 877.672	
	6	15 43 55.11	-25 1 48.61	403 000.752	6	1 2 24.17	11 32 11.10	372 244.587	
	12	15 56 50.12	-25 36 31.85	403 398.990	12	1 15 30.06	13 0 49.84	371 667.262	
	18	16 9 50.63	-26 6 53.93	403 719.771	18	1 28 47.33	14 27 11.76	371 146.131	
	7 0	16 22 56.20	-26 32 48.94	403 961.572	18 0	1 42 16.68	15 50 54.68	370 681.258	
	6	16 36 6.31	-26 54 11.62	404 123.253	6	1 55 58.70	17 11 36.11	370 272.356	
	12	16 49 20.35	-27 10 57.34	404 204.065	12	2 9 53.87	18 28 53.37	369 918.817	
	18	17 2 37.65	-27 23 2.21	404 203.653	18	2 24 2.51	19 42 23.80	369 619.737	
	8 0	17 15 57.47	-27 30 23.11	404 122.053	19 0	2 38 24.77	20 51 44.87	369 373.949	
	6	17 29 19.04	-27 32 57.76	403 959.696	6	2 53 0.62	21 56 34.44	369 180.060	
	12	17 42 41.57	-27 30 44.70	403 717.406	12	3 7 49.80	22 56 31.00	369 036.483	
	18	17 56 4.24	-27 23 43.38	403 396.392	18	3 22 51.84	23 51 13.93	368 941.481	

## LUNE 2008 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
Sept. 20	0 3 38 5.99	24 40 23.81	368 893.199	Oct. 1	0 13 35 39.62	-15 7 27.15	395 042.726
	6 3 53 31.30	25 23 42.72	368 889.705		6 13 47 37.21	-16 19 44.46	395 938.859
	12 4 9 6.53	26 0 54.56	368 929.026		12 13 59 40.02	-17 29 7.91	396 813.762
	18 4 24 50.23	26 31 45.34	369 009.184		18 14 11 48.44	-18 35 26.83	397 663.352
21	0 4 40 40.74	26 56 3.50	369 128.231	2	0 14 24 2.74	-19 38 30.85	398 483.509
	6 4 56 36.22	27 13 40.14	369 284.275		6 14 36 23.13	-20 38 9.97	399 270.109
	12 5 12 34.69	27 24 29.22	369 475.511		12 14 48 49.75	-21 34 14.58	400 019.045
	18 5 28 34.07	27 28 27.67	369 700.244		18 15 1 22.62	-22 26 35.49	400 726.261
22	0 5 44 32.28	27 25 35.51	369 956.910	3	0 15 14 1.68	-23 15 3.97	401 387.775
	6 6 0 27.23	27 15 55.75	370 244.088		6 15 26 46.78	-23 59 31.80	401 999.707
	12 6 16 16.92	26 59 34.37	370 560.518		12 15 39 37.68	-24 39 51.32	402 558.305
	18 6 31 59.48	26 36 40.13	370 905.101		18 15 52 34.04	-25 15 55.48	403 059.970
23	0 6 47 33.19	26 7 24.32	371 276.906	4	0 16 5 35.41	-25 47 37.90	403 501.281
	6 7 2 56.57	25 32 0.52	371 675.171		6 16 18 41.29	-26 14 52.91	403 879.021
	12 7 18 8.34	24 50 44.30	372 099.290		12 16 31 51.09	-26 37 35.59	404 190.194
	18 7 33 7.47	24 3 52.84	372 548.809		18 16 45 4.14	-26 55 41.84	404 432.055
24	0 7 47 53.18	23 11 44.68	373 023.414	5	0 16 58 19.72	-27 9 8.40	404 602.123
	6 8 2 24.92	22 14 39.35	373 522.909		6 17 11 37.09	-27 17 52.86	404 698.205
	12 8 16 42.40	21 12 57.11	374 047.201		12 17 24 55.44	-27 21 53.72	404 718.413
	18 8 30 45.53	20 6 58.65	374 596.274		18 17 38 13.99	-27 21 10.35	404 661.181
25	0 8 44 34.41	18 57 4.91	375 170.171	6	0 17 51 31.93	-27 15 43.02	404 525.281
	6 8 58 9.32	17 43 36.84	375 768.960		6 18 4 48.47	-27 5 32.86	404 309.838
	12 9 11 30.70	16 26 55.24	376 392.715		12 18 18 2.89	-26 50 41.86	404 014.342
	18 9 24 39.10	15 7 20.65	377 041.482		18 18 31 14.48	-26 31 12.78	403 638.661
26	0 9 37 35.19	13 45 13.24	377 715.255	7	0 18 44 22.61	-26 7 9.16	403 183.051
	6 9 50 19.71	12 20 52.74	378 413.946		6 18 57 26.71	-25 38 35.25	402 648.164
	12 10 2 53.50	10 54 38.39	379 137.364		12 19 10 26.31	-25 5 35.96	402 035.057
	18 10 15 17.42	9 26 48.89	379 885.180		18 19 23 21.00	-24 28 16.77	401 345.195
27	0 10 27 32.37	7 57 42.42	380 656.915	8	0 19 36 10.50	-23 46 43.71	400 580.458
	6 10 39 39.29	6 27 36.60	381 451.908		6 19 48 54.60	-23 1 3.32	399 743.138
	12 10 51 39.12	4 56 48.54	382 269.307		12 20 1 33.19	-22 11 22.55	398 835.945
	18 11 3 32.82	3 25 34.79	383 108.043		18 20 14 6.26	-21 17 48.77	397 861.999
28	0 11 15 21.34	1 54 11.42	383 966.827	9	0 20 26 33.90	-20 20 29.71	396 824.827
	6 11 27 5.62	0 22 54.00	384 844.131		6 20 38 56.28	-19 19 33.44	395 728.358
	12 11 38 46.58	-1 8 2.35	385 738.190		12 20 51 13.67	-18 15 8.35	394 576.910
	18 11 50 25.13	-2 38 22.96	386 646.992		18 21 3 26.41	-17 7 23.18	393 375.177
29	0 12 2 2.17	-4 7 53.57	387 568.281	10	0 21 15 34.94	-15 56 26.98	392 128.215
	6 12 13 38.55	-5 36 20.30	388 499.562		6 21 27 39.74	-14 42 29.14	390 841.419
	12 12 25 15.10	-7 3 29.67	389 438.105		12 21 39 41.38	-13 25 39.43	389 520.506
	18 12 36 52.61	-8 29 8.51	390 380.958		18 21 51 40.50	-12 6 8.02	388 171.482
30	0 12 48 31.85	-9 53 4.02	391 324.958	11	0 22 3 37.78	-10 44 5.52	386 800.617
	6 13 0 13.53	-11 15 3.68	392 266.746		6 22 15 33.96	-9 19 43.04	385 414.408
	12 13 11 58.31	-12 34 55.31	393 202.787		12 22 27 29.83	-7 53 12.23	384 019.545
	18 13 23 46.82	-13 52 27.00	394 129.390		18 22 39 26.22	-6 24 45.34	382 622.865

## LUNE 2008 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> 12 0	22 51 24.02	- 4 54 35.28	381 231.311	<b>Oct.</b> 23 0	9 25 23.43	14 50 22.56	378 402.259
	6 23 3 24.13	- 3 22 55.70	379 851.884		6 9 38 9.88	13 29 27.09	379 325.506
	12 23 15 27.49	- 1 50 1.03	378 491.590		12 9 50 44.19	12 6 31.19	380 248.291
	18 23 27 35.07	- 0 16 6.55	377 157.388		18 10 3 7.34	10 41 52.78	381 169.185
13 0	23 39 47.88	1 18 31.58	375 856.133	24 0	10 15 20.31	9 15 49.05	382 086.969
	6 23 52 6.91	2 53 36.20	374 594.520		6 10 27 24.12	7 48 36.53	383 000.611
	12 0 4 33.18	4 28 49.20	373 379.027		12 10 39 19.83	6 20 31.06	383 909.249
	18 0 17 7.71	6 3 51.42	372 215.855		18 10 51 8.45	4 51 47.92	384 812.157
14 0	0 29 51.51	7 38 22.67	371 110.871	25 0	11 2 51.03	3 22 41.84	385 708.732
	6 0 42 45.56	9 12 1.74	370 069.559		6 11 14 28.59	1 53 27.06	386 598.455
	12 0 55 50.80	10 44 26.38	369 096.959		12 11 26 2.13	0 24 17.40	387 480.875
	18 1 9 8.14	12 15 13.38	368 197.629		18 11 37 32.64	- 1 4 33.69	388 355.578
15 0	1 22 38.39	13 43 58.66	367 375.594	26 0	11 49 1.08	- 2 32 53.08	389 222.162
	6 1 36 22.28	15 10 17.35	366 634.316		6 12 0 28.38	- 4 0 27.92	390 080.215
	12 1 50 20.41	16 33 43.94	365 976.659		12 12 11 55.44	- 5 27 5.56	390 929.287
	18 2 4 33.26	17 53 52.47	365 404.869		18 12 23 23.14	- 6 52 33.59	391 768.870
16 0	2 19 1.11	19 10 16.78	364 920.559	27 0	12 34 52.29	- 8 16 39.71	392 598.381
	6 2 33 44.05	20 22 30.74	364 524.701		6 12 46 23.69	- 9 39 11.80	393 417.138
	12 2 48 41.92	21 30 8.60	364 217.634		12 12 57 58.07	-10 59 57.83	394 224.349
	18 3 3 54.35	22 32 45.32	363 999.069		18 13 9 36.12	-12 18 45.90	395 019.092
17 0	3 19 20.65	23 29 56.99	363 868.112	28 0	13 21 18.49	-13 35 24.19	395 800.312
	6 3 34 59.88	24 21 21.21	363 823.293		6 13 33 5.73	-14 49 41.03	396 566.805
	12 3 50 50.78	25 6 37.54	363 862.598		12 13 44 58.37	-16 1 24.85	397 317.214
	18 4 6 51.82	25 45 27.91	363 983.509		18 13 56 56.85	-17 10 24.22	398 050.028
18 0	4 23 1.23	26 17 37.01	364 183.058	29 0	14 9 1.51	-18 16 27.93	398 763.577
	6 4 39 16.96	26 42 52.65	364 457.874		6 14 21 12.64	-19 19 24.96	399 456.036
	12 4 55 36.83	27 1 6.01	364 804.236		12 14 33 30.43	-20 19 4.57	400 125.429
	18 5 11 58.50	27 12 11.88	365 218.138		18 14 45 54.97	-21 15 16.33	400 769.634
19 0	5 28 19.57	27 16 8.71	365 695.339	30 0	14 58 26.26	-22 7 50.21	401 386.395
	6 5 44 37.64	27 12 58.62	366 231.431		6 15 11 4.18	-22 56 36.65	401 973.330
	12 6 0 50.39	27 2 47.30	366 821.888		12 15 23 48.54	-23 41 26.59	402 527.944
	18 6 16 55.62	26 45 43.76	367 462.129		18 15 36 39.00	-24 22 11.60	403 047.647
20 0	6 32 51.33	26 22 0.03	368 147.568	31 0	15 49 35.17	-24 58 43.94	403 529.768
	6 6 48 35.75	25 51 50.83	368 873.663		6 16 2 36.51	-25 30 56.62	403 971.574
	12 7 4 7.37	25 15 33.12	369 635.964		12 16 15 42.43	-25 58 43.49	404 370.291
	18 7 19 24.95	24 33 25.69	370 430.153		18 16 28 52.24	-26 21 59.29	404 723.119
21 0	7 34 27.58	23 45 48.71	371 252.078	<b>Nov.</b> 1 0	16 42 5.17	-26 40 39.75	405 027.264
	6 7 49 14.59	22 53 3.37	372 097.785		6 16 55 20.40	-26 54 41.56	405 279.950
	12 8 3 45.62	21 55 31.42	372 963.543		12 17 8 37.09	-27 4 2.46	405 478.447
	18 8 18 0.53	20 53 34.90	373 845.866		18 17 21 54.33	-27 8 41.23	405 620.097
22 0	8 31 59.43	19 47 35.84	374 741.522	2 0	17 35 11.25	-27 8 37.71	405 702.333
	6 8 45 42.63	18 37 56.03	375 647.548		6 17 48 26.96	-27 3 52.73	405 722.705
	12 8 59 10.59	17 24 56.79	376 561.250		12 18 1 40.61	-26 54 28.14	405 678.907
	18 9 12 23.95	16 8 58.93	377 480.206		18 18 14 51.39	-26 40 26.70	405 568.797

## LUNE 2008 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. 3 0	18 27 58.54	-26 21 52.09	405 390.424	Nov. 14 0	3 57 10.11	25 16 15.79	359 130.442
6	18 41 1.41	-25 58 48.74	405 142.051	6	4 13 42.81	25 52 32.97	358 996.562
12	18 53 59.40	-25 31 21.84	404 822.178	12	4 30 24.94	26 21 43.48	358 977.060
18	19 6 52.01	-24 59 37.20	404 429.563	18	4 47 14.02	26 43 33.43	359 070.697
4 0	19 19 38.85	-24 23 41.19	403 963.248	15 0	5 4 7.33	26 57 53.16	359 275.419
6	19 32 19.64	-23 43 40.65	403 422.579	6	5 21 2.00	27 4 37.54	359 588.397
12	19 44 54.18	-22 59 42.78	402 807.225	12	5 37 55.14	27 3 46.07	360 006.078
18	19 57 22.39	-22 11 55.12	402 117.199	18	5 54 43.87	26 55 22.84	360 524.240
5 0	20 9 44.31	-21 20 25.45	401 352.877	16 0	6 11 25.44	26 39 36.39	361 138.062
6	20 22 0.06	-20 25 21.73	400 515.014	6	6 27 57.31	26 16 39.30	361 842.192
12	20 34 9.86	-19 26 52.10	399 604.761	12	6 44 17.21	25 46 47.78	362 630.827
18	20 46 14.02	-18 25 4.79	398 623.681	18	7 0 23.16	25 10 21.13	363 497.791
6 0	20 58 12.94	-17 20 8.14	397 573.756	17 0	7 16 13.56	24 27 41.13	364 436.614
6	21 10 7.10	-16 12 10.61	396 457.407	6	7 31 47.17	23 39 11.45	365 440.616
12	21 21 57.04	-15 1 20.74	395 277.492	12	7 47 3.09	22 45 17.07	366 502.981
18	21 33 43.40	-13 47 47.20	394 037.320	18	8 2 0.78	21 46 23.73	367 616.834
7 0	21 45 26.85	-12 31 38.82	392 740.652	18 0	8 16 40.00	20 42 57.42	368 775.314
6	21 57 8.13	-11 13 4.64	391 391.699	6	8 31 0.83	19 35 24.00	369 971.634
12	22 8 48.05	-9 52 13.94	389 995.122	12	8 45 3.56	18 24 8.85	371 199.147
18	22 20 27.45	-8 29 16.34	388 556.025	18	8 58 48.73	17 9 36.59	372 451.394
8 0	22 32 7.23	-7 4 21.82	387 079.943	19 0	9 12 17.02	15 52 10.93	373 722.156
6	22 43 48.32	-5 37 40.86	385 572.827	6	9 25 29.27	14 32 14.49	375 005.493
12	22 55 31.70	-4 9 24.49	384 041.026	12	9 38 26.43	13 10 8.74	376 295.774
18	23 7 18.39	-2 39 44.40	382 491.259	18	9 51 9.54	11 46 14.00	377 587.710
9 0	23 19 9.44	-1 8 53.01	380 930.589	20 0	10 3 39.69	10 20 49.41	378 876.369
6	23 31 5.92	0 22 56.38	379 366.386	6	10 15 58.00	8 54 12.98	380 157.194
12	23 43 8.94	1 55 29.52	377 806.282	12	10 28 5.64	7 26 41.65	381 426.009
18	23 55 19.62	3 28 31.12	376 258.131	18	10 40 3.76	5 58 31.39	382 679.027
10 0	0 7 39.11	5 1 44.74	374 729.950	21 0	10 51 53.53	4 29 57.24	383 912.842
6	0 20 8.54	6 34 52.69	373 229.864	6	11 3 36.10	3 1 13.42	385 124.428
12	0 32 49.04	8 7 35.98	371 766.043	12	11 15 12.60	1 32 33.44	386 311.129
18	0 45 41.74	9 39 34.28	370 346.630	18	11 26 44.16	0 4 10.17	387 470.640
11 0	0 58 47.72	11 10 25.82	368 979.672	22 0	11 38 11.86	-1 23 44.06	388 600.997
6	1 12 8.01	12 39 47.47	367 673.044	6	11 49 36.75	-2 50 57.35	389 700.555
12	1 25 43.55	14 7 14.71	366 434.369	12	12 0 59.86	-4 17 18.19	390 767.965
18	1 39 35.19	15 32 21.74	365 270.942	18	12 12 22.18	-5 42 35.36	391 802.151
12 0	1 53 43.65	16 54 41.59	364 189.645	23 0	12 23 44.67	-7 6 37.84	392 802.289
6	2 8 9.46	18 13 46.34	363 196.877	6	12 35 8.22	-8 29 14.80	393 767.776
12	2 22 52.98	19 29 7.33	362 298.479	12	12 46 33.72	-9 50 15.50	394 698.205
18	2 37 54.29	20 40 15.52	361 499.659	18	12 58 1.96	-11 9 29.28	395 593.338
13 0	2 53 13.21	21 46 41.87	360 804.935	24 0	13 9 33.72	-12 26 45.50	396 453.079
6	3 8 49.27	22 47 57.81	360 218.084	6	13 21 9.71	-13 41 53.53	397 277.447
12	3 24 41.62	23 43 35.76	359 742.086	12	13 32 50.57	-14 54 42.75	398 066.548
18	3 40 49.09	24 33 9.70	359 379.101	18	13 44 36.88	-16 5 2.52	398 820.549

## LUNE 2008 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. 25	0 13 56 29.14	-17 12 42.21	399 539.654	Déc. 6	0 23 2 3.41	- 3 2 29.59	388 590.829
	6 14 8 27.79	-18 17 31.21	400 224.081		6 23 13 31.17	- 1 35 5.91	387 142.566
	12 14 20 33.15	-19 19 18.99	400 874.037		12 23 25 3.24	- 0 6 47.62	385 657.171
	18 14 32 45.47	-20 17 55.10	401 489.697		18 23 36 40.74	1 22 13.69	384 139.688
26	0 14 45 4.91	-21 13 9.27	402 071.186	7	0 23 48 24.84	2 51 45.67	382 595.617
	6 14 57 31.49	-22 4 51.48	402 618.562		6 0 0 16.70	4 21 35.10	381 030.912
	12 15 10 5.17	-22 52 51.99	403 131.799		12 0 12 17.54	5 51 27.79	379 451.958
	18 15 22 45.74	-23 37 1.48	403 610.774		18 0 24 28.55	7 21 8.45	377 865.553
27	0 15 35 32.92	-24 17 11.14	404 055.256	8	0 0 36 50.97	8 50 20.58	376 278.876
	6 15 48 26.31	-24 53 12.75	404 464.899		6 0 49 26.00	10 18 46.36	374 699.456
	12 16 1 25.37	-25 24 58.77	404 839.230		12 1 2 14.83	11 46 6.61	373 135.128
	18 16 14 29.50	-25 52 22.48	405 177.651		18 1 15 18.63	13 12 0.66	371 593.983
28	0 16 27 37.96	-26 15 18.05	405 479.434	9	0 1 28 38.48	14 36 6.36	370 084.312
	6 16 40 49.97	-26 33 40.60	405 743.721		6 1 42 15.38	15 58 0.04	368 614.544
	12 16 54 4.64	-26 47 26.34	405 969.528		12 1 56 10.24	17 17 16.59	367 193.173
	18 17 7 21.05	-26 56 32.54	406 155.751		18 2 10 23.79	18 33 29.55	365 828.686
29	0 17 20 38.23	-27 0 57.65	406 301.170	10	0 2 24 56.58	19 46 11.27	364 529.476
	6 17 33 55.21	-27 0 41.26	406 404.462		6 2 39 48.93	20 54 53.19	363 303.758
	12 17 47 11.01	-26 55 44.12	406 464.211		12 2 55 0.89	21 59 6.12	362 159.479
	18 18 0 24.67	-26 46 8.12	406 478.919		18 3 10 32.18	22 58 20.71	361 104.229
30	0 18 13 35.29	-26 31 56.24	406 447.026	11	0 3 26 22.18	23 52 7.94	360 145.143
	6 18 26 42.01	-26 13 12.47	406 366.924		6 3 42 29.89	24 39 59.73	359 288.815
	12 18 39 44.07	-25 50 1.78	406 236.975		12 3 58 53.88	25 21 29.54	358 541.214
	18 18 52 40.77	-25 22 29.98	406 055.534		18 4 15 32.37	25 56 13.16	357 907.598
Déc. 1	0 19 5 31.53	-24 50 43.63	405 820.964	12	0 4 32 23.13	26 23 49.31	357 392.441
	6 19 18 15.88	-24 14 49.95	405 531.667		6 4 49 23.64	26 44 0.40	356 999.375
	12 19 30 53.44	-23 34 56.73	405 186.099		12 5 6 31.06	26 56 33.05	356 731.132
	18 19 43 23.96	-22 51 12.18	404 782.799		18 5 23 42.35	27 1 18.62	356 589.506
2	0 19 55 47.31	-22 3 44.86	404 320.414	13	0 5 40 54.33	26 58 13.49	356 575.325
	6 20 8 3.45	-21 12 43.59	403 797.722		6 5 58 3.82	26 47 19.21	356 688.447
	12 20 20 12.46	-20 18 17.37	403 213.658		12 6 15 7.74	26 28 42.45	356 927.755
	18 20 32 14.53	-19 20 35.29	402 567.342		18 6 32 3.15	26 2 34.74	357 291.180
3	0 20 44 9.94	-18 19 46.50	401 858.105	14	0 6 48 47.40	25 29 12.07	357 775.733
	6 20 55 59.06	-17 16 0.16	401 085.510		6 7 5 18.17	24 48 54.34	358 377.554
	12 21 7 42.34	-16 9 25.39	400 249.386		12 7 21 33.51	24 2 4.71	359 091.968
	18 21 19 20.33	-15 0 11.29	399 349.846		18 7 37 31.86	23 9 8.92	359 913.552
4	0 21 30 53.62	-13 48 26.88	398 387.315	15	0 7 53 12.09	22 10 34.59	360 836.219
	6 21 42 22.89	-12 34 21.18	397 362.555		6 8 8 33.43	21 6 50.53	361 853.296
	12 21 53 48.88	-11 18 3.19	396 276.683		12 8 23 35.51	19 58 26.12	362 957.614
	18 22 5 12.36	- 9 59 41.91	395 131.196		18 8 38 18.24	18 45 50.82	364 141.605
5	0 22 16 34.19	- 8 39 26.42	393 927.992	16	0 8 52 41.88	17 29 33.65	365 397.389
	6 22 27 55.26	- 7 17 25.92	392 669.384		6 9 6 46.89	16 10 2.83	366 716.861
	12 22 39 16.49	- 5 53 49.80	391 358.117		12 9 20 33.95	14 47 45.54	368 091.793
	18 22 50 38.86	- 4 28 47.69	389 997.382		18 9 34 3.92	13 23 7.68	369 513.907

## LUNE 2008 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>Déc.</b> 17 0	9	47	17.77	11	56	33.77	370 974.954	<b>Déc.</b> 25 0	16	14	20.79	-25	55	35.22	405 564.345
6	10	0	16.58	10	28	26.83	372 466.797	6	16	27	26.68	-26	17	51.86	405 846.641
12	10	13	1.47	8	59	8.44	373 981.469	12	16	40	36.43	-26	35	37.98	406 082.387
18	10	25	33.65	7	28	58.70	375 511.233	18	16	53	49.24	-26	48	49.49	406 272.738
18 0	10	37	54.31	5	58	16.31	377 048.640	26 0	17	7	4.22	-26	57	23.29	406 418.798
6	10	50	4.70	4	27	18.63	378 586.568	6	17	20	20.42	-27	1	17.39	406 521.603
12	11	2	6.02	2	56	21.82	380 118.260	12	17	33	36.88	-27	0	30.88	406 582.104
18	11	13	59.49	1	25	40.90	381 637.360	18	17	46	52.62	-26	55	4.03	406 601.157
19 0	11	25	46.30	-0	4	30.13	383 137.930	27 0	18	0	6.67	-26	44	58.24	406 579.513
6	11	37	27.61	-1	33	58.15	384 614.471	6	18	13	18.09	-26	30	16.08	406 517.803
12	11	49	4.57	-3	2	30.83	386 061.933	12	18	26	25.99	-26	11	1.18	406 416.539
18	12	0	38.27	-4	29	56.53	387 475.724	18	18	39	29.53	-25	47	18.24	406 276.104
20 0	12	12	9.77	-5	56	4.14	388 851.705	28 0	18	52	27.96	-25	19	12.93	406 096.752
6	12	23	40.11	-7	20	43.06	390 186.196	6	19	5	20.61	-24	46	51.79	405 878.610
12	12	35	10.26	-8	43	43.04	391 475.958	12	19	18	6.93	-24	10	22.18	405 621.676
18	12	46	41.16	-10	4	54.12	392 718.190	18	19	30	46.47	-23	29	52.13	405 325.830
21 0	12	58	13.71	-11	24	6.59	393 910.513	29 0	19	43	18.87	-22	45	30.28	404 990.836
6	13	9	48.72	-12	41	10.86	395 050.951	6	19	55	43.91	-21	57	25.72	404 616.354
12	13	21	26.99	-13	55	57.47	396 137.914	12	20	8	1.47	-21	5	47.96	404 201.951
18	13	33	9.23	-15	8	17.00	397 170.174	18	20	20	11.53	-20	10	46.80	403 747.115
22 0	13	44	56.09	-16	18	0.08	398 146.849	30 0	20	32	14.20	-19	12	32.23	403 251.272
6	13	56	48.16	-17	24	57.35	399 067.372	6	20	44	9.67	-18	11	14.39	402 713.801
12	14	8	45.94	-18	28	59.45	399 931.466	12	20	55	58.23	-17	7	3.50	402 134.056
18	14	20	49.84	-19	29	57.05	400 739.125	18	21	7	40.25	-16	0	9.78	401 511.386
23 0	14	33	0.20	-20	27	40.87	401 490.578	31 0	21	19	16.19	-14	50	43.44	400 845.158
6	14	45	17.24	-21	22	1.69	402 186.270	6	21	30	46.58	-13	38	54.64	400 134.781
12	14	57	41.10	-22	12	50.44	402 826.831	12	21	42	12.03	-12	24	53.48	399 379.731
18	15	10	11.80	-22	59	58.22	403 413.047	18	21	53	33.18	-11	8	50.00	398 579.578
24 0	15	22	49.26	-23	43	16.41	403 945.841	32 0	22	4	50.77	-9	50	54.15	397 734.011
6	15	35	33.26	-24	22	36.75	404 426.236	6	22	16	5.55	-8	31	15.87	396 842.866
12	15	48	23.49	-24	57	51.41	404 855.339	12	22	27	18.35	-7	10	5.08	395 906.155
18	16	1	19.51	-25	28	53.11	405 234.311	18	22	38	30.04	-5	47	31.70	394 924.093



# 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 2008 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	304	36	10.46	- 6	48	23.62	0.43089919	Févr.	15	176	3	45.36	5	32	57.71	0.38218795
	1	307	53	24.88	- 6	53	23.42	0.42652442		16	180	6	57.66	5	14	1.21	0.38790094
	2	311	14	54.40	- 6	57	6.12	0.42193697		17	184	2	54.71	4	54	7.79	0.39352707
	3	314	40	58.37	- 6	59	25.80	0.41714791		18	187	52	2.43	4	33	28.45	0.39904270
	4	318	11	56.81	- 7	0	16.07	0.41216976		19	191	34	46.53	4	12	12.90	0.40442666
	5	321	48	10.45	- 6	59	30.06	0.40701661		20	195	11	32.23	3	50	29.58	0.40966003
	6	325	30	0.63	- 6	57	0.41	0.40170437		21	198	42	44.03	3	28	25.87	0.41472598
	7	329	17	49.22	- 6	52	39.35	0.39625090		22	202	8	45.62	3	6	8.14	0.41960954
	8	333	11	58.50	- 6	46	18.72	0.39067623		23	205	29	59.77	2	43	41.90	0.42429744
	9	337	12	51.00	- 6	37	50.08	0.38500278		24	208	46	48.35	2	21	11.92	0.42877792
	10	341	20	49.21	- 6	27	4.83	0.37925555		25	211	59	32.25	1	58	42.29	0.43304059
	11	345	36	15.33	- 6	13	54.39	0.37346229		26	215	8	31.45	1	36	16.53	0.43707628
	12	349	59	30.83	- 5	58	10.45	0.36765376		27	218	14	5.01	1	13	57.71	0.44087691
	13	354	30	55.99	- 5	39	45.30	0.36186380		28	221	16	31.15	0	51	48.43	0.44443537
14	359	10	49.27	- 5	18	32.23	0.35612945	29	224	16	7.27	0	29	50.98	0.44774544		
15	3	59	26.64	- 4	54	25.98	0.35049101	Mars	1	227	13	10.02	0	8	7.33	0.45080167	
16	8	57	0.71	- 4	27	23.39	0.34499190		2	230	7	55.36	- 0	13	20.77	0.45359930	
17	14	3	39.82	- 3	57	23.99	0.33967846		3	233	0	38.60	- 0	34	31.79	0.45613423	
18	19	19	26.97	- 3	24	30.74	0.33459962		4	235	51	34.50	- 0	55	24.35	0.45840289	
19	24	44	18.73	- 2	48	50.76	0.32980626		5	238	40	57.29	- 1	15	57.21	0.46040225	
20	30	18	4.09	- 2	10	36.03	0.32535046		6	241	29	0.75	- 1	36	9.21	0.46212974	
21	36	0	23.38	- 1	30	3.94	0.32128446		7	244	15	58.29	- 1	55	59.25	0.46358321	
22	41	50	47.34	- 0	47	37.66	0.31765942		8	247	2	2.95	- 2	15	26.30	0.46476091	
23	47	48	36.38	- 0	3	46.16	0.31452393		9	249	47	27.52	- 2	34	29.32	0.46566147	
24	53	53	0.26	0	40	56.14	0.31192248		10	252	32	24.54	- 2	53	7.28	0.46628385	
25	60	2	58.18	1	25	50.23	0.30989380	11	255	17	6.41	- 3	11	19.11	0.46662734		
26	66	17	19.54	2	10	13.79	0.30846926	12	258	1	45.41	- 3	29	3.72	0.46669156		
27	72	34	45.20	2	53	22.96	0.30767156	13	260	46	33.72	- 3	46	19.95	0.46647644		
28	78	53	49.45	3	34	34.37	0.30751366	14	263	31	43.56	- 4	3	6.55	0.46598222		
29	85	13	2.43	4	13	7.21	0.30799812	15	266	17	27.15	- 4	19	22.18	0.46520945		
30	91	30	53.03	4	48	25.26	0.30911706	16	269	3	56.83	- 4	35	5.37	0.46415903		
31	97	45	51.82	5	19	58.57	0.31085245	17	271	51	25.05	- 4	50	14.54	0.46283216		
Févr.	1	103	56	34.03	5	47	24.53	0.31317703	18	274	40	4.48	- 5	4	47.93	0.46123043	
	2	110	1	42.09	6	10	28.50	0.31605548	19	277	30	8.01	- 5	18	43.61	0.45935580	
	3	116	0	7.75	6	29	3.71	0.31944596	20	280	21	48.82	- 5	31	59.47	0.45721064	
	4	121	50	53.48	6	43	10.72	0.32330168	21	283	15	20.45	- 5	44	33.15	0.45479777	
	5	127	33	13.24	6	52	56.43	0.32757254	22	286	10	56.82	- 5	56	22.08	0.45212050	
	6	133	6	32.59	6	58	32.87	0.33220667	23	289	8	52.29	- 6	7	23.40	0.44918268	
	7	138	30	28.19	7	0	15.98	0.33715178	24	292	9	21.70	- 6	17	33.96	0.44598877	
	8	143	44	46.96	6	58	24.28	0.34235627	25	295	12	40.45	- 6	26	50.30	0.44254387	
	9	148	49	24.91	6	53	17.78	0.34777017	26	298	19	4.49	- 6	35	8.61	0.43885386	
	10	153	44	25.80	6	45	17.04	0.35334582	27	301	28	50.42	- 6	42	24.70	0.43492542	
	11	158	29	59.81	6	34	42.40	0.35903831	28	304	42	15.48	- 6	48	33.99	0.43076617	
	12	163	6	22.22	6	21	53.44	0.36480581	29	307	59	37.60	- 6	53	31.47	0.42638477	
	13	167	33	52.25	6	7	8.57	0.37060966	30	311	21	15.41	- 6	57	11.66	0.42179103	
	14	171	52	51.96	5	50	44.82	0.37641446	31	314	47	28.27	- 6	59	28.64	0.41699606	

## MERCURE 2008 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	
<b>Avril</b>	1	318	18	36.23	- 7	0	16.01	0.412 012 42	<b>Mai</b>	17	191	41	27.39	4 11	33.37	0.404 588 89
	2	321	55	0.04	- 6	59	26.86	0.406 854 28		18	195	18	2.59	3 49	49.33	0.409 817 13
	3	325	37	1.04	- 6	56	53.85	0.401 537 58		19	198	49	4.64	3 27	45.09	0.414 877 48
	4	329	25	1.12	- 6	52	29.17	0.396 080 26		20	202	14	57.20	3 5	27.02	0.419 755 03
	5	333	19	22.58	- 6	46	4.68	0.390 502 41		21	205	36	3.02	2 43	0.59	0.424 436 55
	6	337	20	27.93	- 6	37	31.90	0.384 826 54		22	208	52	43.92	2 20	30.55	0.428 910 33
	7	341	28	39.67	- 6	26	42.25	0.379 077 71		23	212	5	20.78	1 58	0.98	0.433 166 03
	8	345	44	19.97	- 6	13	27.14	0.373 283 79		24	215	14	13.54	1 35	35.39	0.437 194 49
	9	350	7	50.27	- 5	57	38.29	0.367 475 60		25	218	19	41.23	1 13	16.81	0.440 987 68
	10	354	39	30.80	- 5	39	8.01	0.361 687 10		26	221	22	2.06	0 51	7.85	0.444 538 52
	11	359	19	39.96	- 5	17	49.63	0.355 955 42		27	224	21	33.38	0 29	10.78	0.447 840 81
	12	4	8	33.60	- 4	53	37.95	0.350 320 94		28	227	18	31.84	0 7	27.57	0.450 889 11
	13	9	6	24.24	- 4	26	29.87	0.344 827 19		29	230	13	13.36	- 0 14	0.04	0.453 678 70
	14	14	13	20.04	- 3	56	25.02	0.339 520 59		30	233	5	53.24	- 0 35	10.53	0.456 205 48
	15	19	29	23.83	- 3	23	26.49	0.334 450 12		31	235	56	46.23	- 0 56	2.52	0.458 465 92
16	24	54	31.96	- 2	47	41.55	0.329 666 72	<b>Juin</b>	1	238	46	6.53	- 1 16	34.77	0.460 456 99	
17	30	28	33.17	- 2	9	22.32	0.325 222 49		2	241	34	7.93	- 1 36	46.12	0.462 176 12	
18	36	11	7.50	- 1	28	46.37	0.321 169 63		3	244	21	3.79	- 1 56	35.48	0.463 621 20	
19	42	1	45.38	- 0	46	17.05	0.317 559 25		4	247	7	7.17	- 2 16	1.82	0.464 790 48	
20	47	59	46.91	- 0	2	23.52	0.314 439 83		5	249	52	30.84	- 2 35	4.09	0.465 682 60	
21	54	4	21.50	0	42	19.67	0.311 855 70		6	252	37	27.35	- 2 53	41.27	0.466 296 52	
22	60	14	28.07	1	27	13.37	0.309 845 37		7	255	22	9.08	- 3 11	52.29	0.466 631 55	
23	66	28	55.72	2	11	35.20	0.308 439 98		8	258	6	48.30	- 3 29	36.05	0.466 687 32	
24	72	46	25.10	2	54	41.30	0.307 661 92		9	260	51	37.21	- 3 46	51.39	0.466 463 77	
25	79	5	30.34	3	35	48.32	0.307 523 83		10	263	36	48.01	- 4 3	37.06	0.465 961 14	
26	85	24	41.51	4	14	15.58	0.308 027 98	11	266	22	32.93	- 4 19	51.71	0.465 180 00		
27	91	42	27.51	4	49	27.05	0.309 166 13	12	269	9	4.31	- 4 35	33.89	0.464 121 25		
28	97	57	19.04	5	20	52.98	0.310 919 98	13	271	56	34.61	- 4 50	41.98	0.462 786 11		
29	104	7	51.50	5	48	11.00	0.313 261 99	14	274	45	16.50	- 5 5	14.24	0.461 176 17		
30	110	12	47.61	6	11	6.73	0.316 156 63	15	277	35	22.88	- 5 19	8.72	0.459 293 41		
<b>Mai</b>	1	116	10	59.43	6	29	33.63	0.319 561 89	16	280	27	6.94	- 5 32	23.31	0.457 140 21	
	2	122	1	29.78	6	43	32.45	0.323 430 85	17	283	20	42.23	- 5 44	55.65	0.454 719 40	
	3	127	43	32.99	6	53	10.29	0.327 713 35	18	286	16	22.68	- 5 56	43.15	0.452 034 31	
	4	133	16	34.96	6	58	39.32	0.332 357 50	19	289	14	22.67	- 6 7	42.94	0.449 088 80	
	5	138	40	12.69	7	0	15.56	0.337 311 00	20	292	14	57.05	- 6 17	51.88	0.445 887 35	
	6	143	54	13.40	6	58	17.59	0.342 522 31	21	295	18	21.22	- 6 27	6.48	0.442 435 09	
	7	148	58	33.33	6	53	5.46	0.347 941 53	22	298	24	51.18	- 6 35	22.93	0.438 737 91	
	8	153	53	16.48	6	44	59.72	0.353 521 07	23	301	34	43.53	- 6 42	37.03	0.434 802 52	
	9	158	38	33.19	6	34	20.69	0.359 216 12	24	304	48	15.53	- 6 48	44.17	0.430 636 58	
	10	163	14	38.88	6	21	27.92	0.364 984 94	25	308	5	45.13	- 6 53	39.34	0.426 248 76	
	11	167	41	52.87	6	6	39.79	0.370 789 00	26	311	27	30.99	- 6 57	17.06	0.421 648 92	
	12	172	0	37.27	5	50	13.28	0.376 592 98	27	314	53	52.48	- 6 59	31.38	0.416 848 20	
	13	176	11	16.15	5	32	23.86	0.382 364 72	28	318	25	9.68	- 7 0	15.87	0.411 859 22	
	14	180	14	14.76	5	13	25.45	0.388 075 12	29	322	1	43.34	- 6 59	23.64	0.406 696 19	
	15	184	9	58.91	4	53	30.47	0.393 697 92	30	325	43	54.84	- 6 56	47.31	0.401 375 11	
16	187	58	54.56	4	32	49.89	0.399 209 54	<b>Juill.</b> 1	329	32	6.08	- 6 52	19.09	0.395 913 97		

## MERCURE 2008 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		
<b>Juill.</b>	2	333	26	39.36	- 6	45	50.78	0.390 332 95	<b>Août</b>	17	205	42	8.07	2	42	19.09	0.424 574 32
	3	337	27	57.20	- 6	37	13.95	0.384 654 61		18	208	58	41.32	2	19	48.99	0.429 041 76
	4	341	36	22.10	- 6	26	19.97	0.378 904 11		19	212	11	11.12	1	57	19.48	0.433 290 82
	5	345	52	16.20	- 6	13	0.29	0.373 109 39		20	215	19	57.41	1	34	54.05	0.437 312 40
	6	350	16	0.93	- 5	57	6.63	0.367 301 38		21	218	25	19.19	1	12	35.72	0.441 098 47
	7	354	47	56.45	- 5	38	31.32	0.361 514 11		22	221	27	34.63	0	50	27.09	0.444 641 99
	8	359	28	21.11	- 5	17	7.73	0.355 784 82		23	224	27	1.08	0	28	30.41	0.447 936 77
	9	4	17	30.68	- 4	52	50.73	0.350 154 00		24	227	23	55.14	0	6	47.66	0.450 977 42
	10	9	15	37.54	- 4	25	37.28	0.344 665 25		25	230	18	32.73	- 0	14	39.45	0.453 759 21
	11	14	22	49.73	- 3	55	27.10	0.339 365 08		26	233	11	9.13	- 0	35	49.39	0.456 278 08
	12	19	39	9.89	- 3	22	23.41	0.334 302 55		27	236	1	59.07	- 0	56	40.79	0.458 530 49
	13	25	4	34.16	- 2	46	33.60	0.329 528 62		28	238	51	16.74	- 1	17	12.40	0.460 513 43
	14	30	38	51.03	- 2	8	9.96	0.325 095 43		29	241	39	15.91	- 1	37	23.09	0.462 224 37
	15	36	21	40.29	- 1	27	30.23	0.321 055 16		30	244	26	9.94	- 1	57	11.76	0.463 661 19
	16	42	12	32.04	- 0	44	57.93	0.317 458 86		31	247	12	11.88	- 2	16	37.36	0.464 822 14
	17	48	10	46.07	- 0	1	2.39	0.314 354 91		<b>Sept.</b>	1	249	57	34.49	- 2	35	38.87
18	54	15	31.48	0	43	41.67	0.311 787 49	2	252		42	30.31	- 2	54	15.25	0.466 311 40	
19	60	25	46.88	1	28	35.00	0.309 794 92	3	255		27	11.72	- 3	12	25.44	0.466 637 99	
20	66	40	21.10	2	12	55.15	0.308 408 07	4	258		11	50.99	- 3	30	8.34	0.466 685 30	
21	72	57	54.55	2	55	58.22	0.307 649 08	5	260		56	40.32	- 3	47	22.77	0.466 453 28	
22	79	17	1.21	3	37	0.94	0.307 530 27	6	263		41	51.91	- 4	4	7.50	0.465 942 18	
23	85	36	11.08	4	15	22.74	0.308 053 59	7	266		27	38.00	- 4	20	21.17	0.465 152 58	
24	91	53	53.07	4	50	27.75	0.309 210 50	8	269		14	10.91	- 4	36	2.31	0.464 085 38	
25	98	8	37.96	5	21	46.42	0.310 982 41	9	272		1	43.14	- 4	51	9.31	0.462 741 83	
26	104	19	1.36	5	48	56.64	0.313 341 51	10	274		50	27.33	- 5	5	40.43	0.461 123 52	
27	110	23	46.23	6	11	44.25	0.316 252 07	11	277	40	36.42	- 5	19	33.72	0.459 232 44		
28	116	21	44.94	6	30	2.96	0.319 671 90	12	280	32	23.60	- 5	32	47.04	0.457 070 98		
29	122	12	0.65	6	43	53.72	0.323 553 97	13	283	26	2.43	- 5	45	18.03	0.454 641 99		
30	127	53	48.03	6	53	23.78	0.327 848 04	14	286	21	46.85	- 5	57	4.10	0.451 948 82		
31	133	26	33.33	6	58	45.48	0.332 502 18	15	289	19	51.26	- 6	8	2.38	0.448 995 34		
<b>Août</b>	1	138	49	53.87	7	0	14.91	0.337 464 12	16	292	20	30.52	- 6	18	9.69	0.445 786 06	
	2	144	3	37.15	6	58	10.72	0.342 682 35	17	295	24	0.07	- 6	27	22.57	0.442 326 12	
	3	149	7	39.67	6	52	52.99	0.348 107 02	18	298	30	35.91	- 6	35	37.17	0.438 621 43	
	4	154	2	5.64	6	44	42.27	0.353 690 64	19	301	40	34.65	- 6	42	49.28	0.434 678 75	
	5	158	47	5.56	6	33	58.87	0.359 388 48	20	304	54	13.59	- 6	48	54.29	0.430 505 74	
	6	163	22	55.00	6	21	2.31	0.365 158 89	21	308	11	50.70	- 6	53	47.17	0.426 111 13	
	7	167	49	53.35	6	6	10.92	0.370 963 44	22	311	33	44.66	- 6	57	22.43	0.421 504 81	
	8	172	8	22.83	5	49	41.64	0.376 766 90	23	315	0	14.86	- 6	59	34.09	0.416 697 97	
	9	176	18	47.52	5	31	49.89	0.382 537 23	24	318	31	41.41	- 7	0	15.73	0.411 703 26	
	10	180	21	32.70	5	12	49.56	0.388 245 38	25	322	8	25.09	- 6	59	20.42	0.406 534 94	
	11	184	17	4.21	4	52	53.01	0.393 865 20	26	325	50	47.27	- 6	56	40.79	0.401 209 09	
	12	188	5	47.99	4	32	11.18	0.399 373 19	27	329	39	9.89	- 6	52	9.01	0.395 743 76	
	13	191	48	9.71	4	10	53.68	0.404 748 31	28	333	33	55.26	- 6	45	36.89	0.390 159 19	
	14	195	24	34.54	3	49	8.90	0.409 971 79	29	337	35	25.90	- 6	36	55.98	0.384 478 03	
	15	198	55	26.94	3	27	4.13	0.415 026 91	30	341	44	4.30	- 6	25	57.67	0.378 725 51	
	16	202	21	10.54	3	4	45.71	0.419 898 82	<b>Oct.</b>	1	346	0	12.60	- 6	12	33.39	0.372 929 67

## MERCURE 2008 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		
Oct.	2	350	24	12.18	- 5	56	34.87	0.367 121 53	Nov.	17	218	31	1.68	1 11	54.15	0.441 212 24	
	3	354	56	23.19	- 5	37	54.50	0.361 335 23		18	221	33	11.58	0 49	45.86	0.444 748 15	
	4	359	37	3.89	- 5	16	25.64	0.355 608 11		19	224	32	33.02	0 27	49.59	0.448 035 14	
	5	4	26	29.96	- 4	52	3.24	0.349 980 75		20	227	29	22.58	0 6	7.30	0.451 067 83	
	6	9	24	53.68	- 4	24	44.34	0.344 496 85		21	230	23	56.16	- 0 15	19.29	0.453 841 52	
	7	14	32	22.93	- 3	54	28.75	0.339 203 01		22	233	16	29.02	- 0 36	28.66	0.456 352 16	
	8	19	49	0.18	- 3	21	19.79	0.334 148 36		23	236	7	15.85	- 0 57	19.46	0.458 596 24	
	9	25	14	41.33	- 2	45	25.01	0.329 383 93		24	238	56	30.86	- 1 17	50.44	0.460 570 77	
	10	30	49	14.64	- 2	6	56.86	0.324 961 85		25	241	44	27.79	- 1 38	0.46	0.462 273 22	
	11	36	32	19.59	- 1	26	13.24	0.320 934 32		26	244	31	20.00	- 1 57	48.42	0.463 701 48	
	12	42	23	26.00	- 0	43	37.87	0.317 352 32		27	247	17	20.51	- 2 17	13.28	0.464 853 83	
	13	48	21	53.30	0	0	19.75	0.314 264 14		28	250	2	42.09	- 2 36	14.02	0.465 728 92	
	14	54	26	50.28	0	45	4.76	0.311 713 79		29	252	47	37.27	- 2 54	49.60	0.466 325 76	
	15	60	37	15.22	1	29	57.77	0.309 739 39		30	255	32	18.42	- 3 12	58.95	0.466 643 66	
	16	66	51	56.66	2	14	16.25	0.308 371 58		Déc.	1	258	16	57.81	- 3 30	40.98	0.466 682 28
	17	73	9	34.78	2	57	16.30	0.307 632 19			2	261	1	47.64	- 3 47	54.51	0.466 441 56
18	79	28	43.37	3	38	14.69	0.307 533 24	3	263		47	0.12	- 4 4	38.29	0.465 921 77		
19	85	47	52.35	4	16	30.96	0.308 076 35	4	266		32	47.47	- 4 20	50.96	0.465 123 51		
20	92	5	30.64	4	51	29.41	0.309 252 66	5	269		19	22.04	- 4 36	31.06	0.464 047 69		
21	98	20	9.13	5	22	40.72	0.311 043 28	6	272		6	56.31	- 4 51	36.98	0.462 695 55		
22	104	30	23.59	5	49	43.01	0.313 420 14	7	274		55	42.95	- 5 6	6.94	0.461 068 71		
23	110	34	57.25	6	12	22.36	0.316 347 27	8	277		45	54.89	- 5 19	59.02	0.459 169 17		
24	116	32	42.79	6	30	32.73	0.319 782 30	9	280		37	45.34	- 5 33	11.05	0.456 999 34		
25	122	22	43.72	6	44	15.27	0.323 678 07	10	283		31	27.86	- 5 45	40.69	0.454 562 07		
26	128	4	15.07	6	53	37.43	0.327 984 28	11	286		27	16.42	- 5 57	25.31	0.451 860 73		
27	133	36	43.42	6	58	51.65	0.332 648 95	12	289		25	25.42	- 6 8	22.05	0.448 899 21		
28	138	59	46.44	7	0	14.16	0.337 619 82	13	292		26	9.76	- 6 18	27.72	0.445 682 04		
29	144	13	11.93	6	58	3.64	0.342 845 41	14	295		29	44.86	- 6 27	38.84	0.442 214 38		
30	149	16	56.65	6	52	40.22	0.348 275 93	15	298		36	26.76	- 6 35	51.56	0.438 502 18		
31	154	11	5.02	6	44	24.44	0.353 863 97	16	301		46	32.09	- 6 43	1.65	0.434 552 21		
Nov.	1	158	55	47.72	6	33	36.60	0.359 564 88	17	305	0	18.17	- 6 49	4.50	0.430 372 17		
	2	163	31	20.47	6	20	36.18	0.365 337 13	18	308	18	2.99	- 6 53	55.05	0.425 970 81		
	3	167	58	2.76	6	5	41.49	0.371 142 35	19	311	40	5.26	- 6 57	27.79	0.421 358 07		
	4	172	16	16.87	5	49	9.41	0.376 945 45	20	315	6	44.38	- 6 59	36.75	0.416 545 18		
	5	176	26	26.95	5	31	15.32	0.382 714 44	21	318	38	20.49	- 7 0	15.47	0.411 544 84		
	6	180	28	58.31	5	12	13.05	0.388 420 40	22	322	15	14.37	- 6 59	17.03	0.406 371 37		
	7	184	24	16.78	4	52	14.93	0.394 037 25	23	325	57	47.44	- 6 56	34.02	0.401 040 90		
	8	188	12	48.31	4	31	31.85	0.399 541 55	24	329	46	21.64	- 6 51	58.62	0.395 571 54		
	9	191	54	58.56	4	10	13.37	0.404 912 36	25	333	41	19.28	- 6 45	22.63	0.389 983 61		
	10	195	31	12.69	3	48	27.86	0.410 130 97	26	337	43	2.90	- 6 36	37.57	0.384 299 82		
	11	199	1	55.13	3	26	22.57	0.415 180 72	27	341	51	54.97	- 6 25	34.84	0.378 545 51		
	12	202	27	29.49	3	4	3.82	0.420 046 80	28	346	8	17.62	- 6 12	5.88	0.372 748 80		
	13	205	48	18.46	2	41	37.02	0.424 716 09	29	350	32	32.21	- 5 56	2.44	0.366 940 80		
	14	209	4	43.81	2	19	6.89	0.429 176 97	30	355	4	58.82	- 5 37	16.91	0.361 155 75		
	15	212	17	6.36	1	56	37.46	0.433 419 15	31	359	45	55.65	- 5 15	42.72	0.355 431 10		
	16	215	25	45.98	1	34	12.21	0.437 433 57	32	4	35	38.30	- 4 51	14.86	0.349 807 51		

## VÉNUS 2008 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				
<b>Janv.</b>	0	181	37	3.86	3	16	47.04	0.720 159 01	<b>Avril</b>	1	328	8	55.50	- 3	13	9.49	0.728 016 81		
	2	184	51	14.41	3	13	30.53	0.720 373 05		3	331	19	0.48	- 3	16	25.77	0.727 932 46		
	4	188	5	16.53	3	9	37.22	0.720 596 31		5	334	29	9.44	- 3	19	6.14	0.727 833 88		
	6	191	19	9.73	3	5	7.93	0.720 828 09		7	337	39	22.63	- 3	21	10.08	0.727 721 36		
	8	194	32	53.59	3	0	3.61	0.721 067 64		9	340	49	40.25	- 3	22	37.17	0.727 595 26		
	10	197	46	27.71	2	54	25.29	0.721 314 19		11	344	0	2.48	- 3	23	27.12	0.727 455 93		
	12	200	59	51.77	2	48	14.13	0.721 566 97		13	347	10	29.49	- 3	23	39.73	0.727 303 82		
	14	204	13	5.49	2	41	31.39	0.721 825 18		15	350	21	1.43	- 3	23	14.91	0.727 139 36		
	16	207	26	8.63	2	34	18.41	0.722 087 99		17	353	31	38.45	- 3	22	12.70	0.726 963 07		
	18	210	39	1.03	2	26	36.63	0.722 354 57		19	356	42	20.66	- 3	20	33.22	0.726 775 47		
	20	213	51	42.57	2	18	27.58	0.722 624 09		21	359	53	8.19	- 3	18	16.72	0.726 577 13		
	22	217	4	13.20	2	9	52.87	0.722 895 70		23	3	4	1.15	- 3	15	23.56	0.726 368 66		
	24	220	16	32.90	2	0	54.17	0.723 168 55		25	6	14	59.61	- 3	11	54.22	0.726 150 69		
	26	223	28	41.73	1	51	33.23	0.723 441 79		27	9	26	3.70	- 3	7	49.27	0.725 923 89		
	28	226	40	39.79	1	41	51.84	0.723 714 56		29	12	37	13.48	- 3	3	9.41	0.725 688 94		
	<b>Févr.</b>	30	229	52	27.25	1	31	51.87		0.723 986 02	<b>Mai</b>	1	15	48	29.05	- 2	57	55.42	0.725 446 58
		1	233	4	4.30	1	21	35.23		0.724 255 31		3	18	59	50.49	- 2	52	8.21	0.725 197 54
		3	236	15	31.20	1	11	3.87		0.724 521 62		5	22	11	17.89	- 2	45	48.80	0.724 942 59
5		239	26	48.26	1	0	19.76	0.724 784 11	7	25		22	51.33	- 2	38	58.29	0.724 682 53		
7		242	37	55.82	0	49	24.93	0.725 041 98	9	28		34	30.90	- 2	31	37.89	0.724 418 14		
9		245	48	54.26	0	38	21.41	0.725 294 43	11	31		46	16.69	- 2	23	48.91	0.724 150 25		
11		248	59	43.99	0	27	11.25	0.725 540 69	13	34		58	8.79	- 2	15	32.74	0.723 879 70		
13		252	10	25.48	0	15	56.52	0.725 780 01	15	38		10	7.29	- 2	6	50.87	0.723 607 32		
15		255	20	59.20	0	4	39.29	0.726 011 64	17	41		22	12.28	- 1	57	44.89	0.723 333 97		
17		258	31	25.66	- 0	6	38.37	0.726 234 90	19	44		34	23.86	- 1	48	16.43	0.723 060 50		
19	261	41	45.39	- 0	17	54.41	0.726 449 09	21	47	46	42.12	- 1	38	27.24	0.722 787 77				
21	264	51	58.92	- 0	29	6.77	0.726 653 56	23	50	59	7.14	- 1	28	19.12	0.722 516 63				
23	268	2	6.82	- 0	40	13.41	0.726 847 70	25	54	11	39.03	- 1	17	53.94	0.722 247 94				
25	271	12	9.66	- 0	51	12.34	0.727 030 91	27	57	24	17.86	- 1	7	13.63	0.721 982 55				
27	274	22	8.01	- 1	2	1.57	0.727 202 64	29	60	37	3.71	- 0	56	20.19	0.721 721 30				
<b>Mars</b>	29	277	32	2.45	- 1	12	39.14	0.727 362 37	<b>Juin</b>	31	63	49	56.65	- 0	45	15.64	0.721 465 01		
	2	280	41	53.55	- 1	23	3.16	0.727 509 62		2	67	2	56.74	- 0	34	2.07	0.721 214 50		
	4	283	51	41.88	- 1	33	11.76	0.727 643 94		4	70	16	4.02	- 0	22	41.59	0.720 970 57		
	6	287	1	28.02	- 1	43	3.11	0.727 764 93		6	73	29	18.53	- 0	11	16.37	0.720 733 99		
	8	290	11	12.50	- 1	52	35.46	0.727 872 22		8	76	42	40.27	0	0	11.44	0.720 505 53		
	10	293	20	55.88	- 2	1	47.10	0.727 965 49		10	79	56	9.23	0	11	39.63	0.720 285 91		
	12	296	30	38.68	- 2	10	36.38	0.728 044 45		12	83	9	45.39	0	23	6.02	0.720 075 84		
	14	299	40	21.40	- 2	19	1.72	0.728 108 88		14	86	23	28.68	0	34	28.41	0.719 875 99		
	16	302	50	4.54	- 2	27	1.61	0.728 158 56		16	89	37	19.02	0	45	44.59	0.719 687 01		
	18	305	59	48.55	- 2	34	34.62	0.728 193 36		18	92	51	16.30	0	56	52.38	0.719 509 51		
	20	309	9	33.89	- 2	41	39.39	0.728 213 16		20	96	5	20.37	1	7	49.62	0.719 344 06		
	22	312	19	20.97	- 2	48	14.64	0.728 217 91		22	99	19	31.04	1	18	34.19	0.719 191 19		
	24	315	29	10.19	- 2	54	19.17	0.728 207 58		24	102	33	48.10	1	29	3.97	0.719 051 40		
	26	318	39	1.92	- 2	59	51.89	0.728 182 21		26	105	48	11.30	1	39	16.92	0.718 925 14		
	28	321	48	56.51	- 3	4	51.78	0.728 141 87		28	109	2	40.34	1	49	11.02	0.718 812 82		
	30	324	58	54.27	- 3	9	17.92	0.728 086 69		30	112	17	14.90	1	58	44.34	0.718 714 81		

## VÉNUS 2008 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	
<b>Juill.</b>	2	115	31	54.59	2	7	55.00	0.718 631 43	<b>Oct.</b>	2	263	45	21.99	- 0 25	11.91	0.726 583 24
	4	118	46	39.03	2	16	41.17	0.718 562 93		4	266	55	31.78	- 0 36	20.78	0.726 780 78
	6	122	1	27.76	2	25	1.15	0.718 509 56		6	270	5	36.32	- 0 47	22.63	0.726 967 58
	8	125	16	20.31	2	32	53.27	0.718 471 48		8	273	15	36.18	- 0 58	15.47	0.727 143 09
	10	128	31	16.15	2	40	15.99	0.718 448 80		10	276	25	31.94	- 1 8	57.34	0.727 306 77
	12	131	46	14.73	2	47	7.86	0.718 441 62		12	279	35	24.16	- 1 19	26.31	0.727 458 13
	14	135	1	15.48	2	53	27.52	0.718 449 94		14	282	45	13.43	- 1 29	40.51	0.727 596 71
	16	138	16	17.78	2	59	13.74	0.718 473 75		16	285	55	0.32	- 1 39	38.11	0.727 722 09
	18	141	31	21.00	3	4	25.38	0.718 512 95		18	289	4	45.37	- 1 49	17.30	0.727 833 90
	20	144	46	24.48	3	9	1.44	0.718 567 43		20	292	14	29.14	- 1 58	36.38	0.727 931 80
22	148	1	27.55	3	13	1.03	0.718 637 00	22	295	24	12.16	- 2 7	33.67	0.728 015 50		
24	151	16	29.51	3	16	23.37	0.718 721 44	24	298	33	54.94	- 2 16	7.57	0.728 084 75		
26	154	31	29.68	3	19	7.85	0.718 820 46	26	301	43	37.97	- 2 24	16.54	0.728 139 32		
28	157	46	27.34	3	21	13.94	0.718 933 75	28	304	53	21.73	- 2 31	59.11	0.728 179 07		
30	161	1	21.80	3	22	41.27	0.719 060 94	30	308	3	6.67	- 2 39	13.92	0.728 203 88		
<b>Août</b>	1	164	16	12.35	3	23	29.60	0.719 201 61	<b>Nov.</b>	1	311	12	53.22	- 2 45	59.64	0.728 213 65
	3	167	30	58.30	3	23	38.81	0.719 355 31		3	314	22	41.77	- 2 52	15.05	0.728 208 37
	5	170	45	38.99	3	23	8.93	0.719 521 53		5	317	32	32.72	- 2 57	59.03	0.728 188 06
	7	174	0	13.75	3	22	0.10	0.719 699 74		7	320	42	26.41	- 3 3	10.52	0.728 152 75
	9	177	14	41.96	3	20	12.61	0.719 889 36		9	323	52	23.17	- 3 7	48.57	0.728 102 57
	11	180	29	3.01	3	17	46.86	0.720 089 77		11	327	2	23.31	- 3 11	52.33	0.728 037 66
	13	183	43	16.33	3	14	43.41	0.720 300 34		13	330	12	27.10	- 3 15	21.04	0.727 958 22
	15	186	57	21.39	3	11	2.89	0.720 520 39		15	333	22	34.81	- 3 18	14.04	0.727 864 47
	17	190	11	17.69	3	6	46.10	0.720 749 21		17	336	32	46.66	- 3 20	30.78	0.727 756 70
	19	193	25	4.79	3	1	53.93	0.720 986 06		19	339	43	2.86	- 3 22	10.80	0.727 635 24
21	196	38	42.29	2	56	27.39	0.721 230 19	21	342	53	23.62	- 3 23	13.78	0.727 500 43		
23	199	52	9.84	2	50	27.59	0.721 480 83	23	346	3	49.10	- 3 23	39.47	0.727 352 70		
25	203	5	27.14	2	43	55.76	0.721 737 17	25	349	14	19.47	- 3 23	27.75	0.727 192 48		
27	206	18	33.93	2	36	53.21	0.721 998 40	27	352	24	54.86	- 3 22	38.60	0.727 020 26		
29	209	31	30.04	2	29	21.35	0.722 263 70	29	355	35	35.41	- 3 21	12.14	0.726 836 55		
<b>Sept.</b>	31	212	44	15.32	2	21	21.68	0.722 532 22	<b>Déc.</b>	1	358	46	21.22	- 3 19	8.55	0.726 641 92
	2	215	56	49.69	2	12	55.77	0.722 803 13		3	1	57	12.43	- 3 16	28.17	0.726 436 94
	4	219	9	13.14	2	4	5.28	0.723 075 56		5	5	8	9.11	- 3 13	11.42	0.726 222 25
	6	222	21	25.70	1	54	51.93	0.723 348 67		7	8	19	11.37	- 3 9	18.85	0.725 998 49
	8	225	33	27.44	1	45	17.50	0.723 621 60		9	11	30	19.30	- 3 4	51.11	0.725 766 35
	10	228	45	18.52	1	35	23.83	0.723 893 50		11	14	41	32.98	- 2 59	48.96	0.725 526 54
	12	231	56	59.12	1	25	12.82	0.724 163 52		13	17	52	52.51	- 2 54	13.26	0.725 279 79
	14	235	8	29.47	1	14	46.39	0.724 430 83		15	21	4	17.96	- 2 48	4.99	0.725 026 86
	16	238	19	49.88	1	4	6.53	0.724 694 59		17	24	15	49.42	- 2 41	25.22	0.724 768 53
	18	241	31	0.66	0	53	15.23	0.724 954 00		19	27	27	26.98	- 2 34	15.13	0.724 505 59
20	244	42	2.18	0	42	14.53	0.725 208 26	21	30	39	10.73	- 2 26	35.98	0.724 238 87		
22	247	52	54.86	0	31	6.47	0.725 456 57	23	33	51	0.75	- 2 18	29.15	0.723 969 17		
24	251	3	39.13	0	19	53.11	0.725 698 19	25	37	2	57.13	- 2 9	56.09	0.723 697 35		
26	254	14	15.47	0	8	36.53	0.725 932 36	27	40	14	59.98	- 2 0	58.36	0.723 424 26		
28	257	24	44.38	- 0	2	41.21	0.726 158 38	29	43	27	9.38	- 1 51	37.56	0.723 150 73		
30	260	35	6.37	- 0	13	58.04	0.726 375 56	31	46	39	25.43	- 1 41	55.42	0.722 877 64		

## MARS 2008 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>Janv.</b>	0	95	30	12.93	1	19	46.40	1.582 932 62	<b>Juill.</b>	2	178	2	54.23	1	26	48.88	1.653 657 56			
	4	97	25	54.72	1	22	19.34	1.587 441 84		6	179	49	21.00	1	24	38.10	1.651 632 76			
	8	99	20	57.82	1	24	45.87	1.591 859 97		10	181	36	3.81	1	22	22.09	1.649 459 46			
	12	101	15	23.34	1	27	5.95	1.596 182 58		14	183	23	3.88	1	20	0.94	1.647 139 35			
	16	103	9	12.43	1	29	19.55	1.600 405 42		18	185	10	22.42	1	17	34.70	1.644 674 26			
	20	105	2	26.23	1	31	26.62	1.604 524 39		22	186	58	0.63	1	15	3.46	1.642 066 16			
	24	106	55	5.91	1	33	27.15	1.608 535 59		26	188	45	59.73	1	12	27.29	1.639 317 15			
<b>Févr.</b>	28	108	47	12.62	1	35	21.11	1.612 435 23	30	190	34	20.94	1	9	46.27	1.636 429 46				
	1	110	38	47.55	1	37	8.49	1.616 219 74	<b>Août</b>	3	192	23	5.46	1	7	0.49	1.633 405 46			
	5	112	29	51.87	1	38	49.28	1.619 885 67		7	194	12	14.51	1	4	10.04	1.630 247 68			
		9	114	20	26.76	1	40	23.48		1.623 429 74		11	196	1	49.30	1	1	15.01	1.626 958 77	
		13	116	10	33.42	1	41	51.09		1.626 848 84		15	197	51	51.04	0	58	15.49	1.623 541 56	
	17	118	0	13.04	1	43	12.10	1.630 139 98			19	199	42	20.95	0	55	11.61	1.619 999 01		
	21	119	49	26.80	1	44	26.54	1.633 300 35		23	201	33	20.22	0	52	3.46	1.616 334 23			
	25	121	38	15.92	1	45	34.41	1.636 327 27		27	203	24	50.06	0	48	51.17	1.612 550 50			
<b>Mars</b>	29	123	26	41.58	1	46	35.73	1.639 218 20		31	205	16	51.67	0	45	34.85	1.608 651 25			
	4	125	14	44.99	1	47	30.51	1.641 970 76	<b>Sept.</b>	4	207	9	26.24	0	42	14.64	1.604 640 07			
	8	127	2	27.34	1	48	18.78	1.644 582 70		8	209	2	34.96	0	38	50.68	1.600 520 70			
	12	128	49	49.84	1	49	0.55	1.647 051 90		12	210	56	19.00	0	35	23.11	1.596 297 08			
	16	130	36	53.68	1	49	35.85	1.649 376 39		16	212	50	39.55	0	31	52.08	1.591 973 29			
	20	132	23	40.06	1	50	4.71	1.651 554 31			20	214	45	37.74	0	28	17.75	1.587 553 58		
	24	134	10	10.19	1	50	27.15	1.653 583 97		24	216	41	14.73	0	24	40.30	1.583 042 38			
<b>Avril</b>	28	135	56	25.26	1	50	43.20	1.655 463 77	28	218	37	31.65	0	20	59.91	1.578 444 30				
	1	137	42	26.46	1	50	52.90	1.657 192 25	<b>Oct.</b>	2	220	34	29.62	0	17	16.77	1.573 764 11			
	5	139	28	15.00	1	50	56.28	1.658 768 10		6	222	32	9.72	0	13	31.07	1.569 006 77			
		9	141	13	52.07	1	50	53.37		1.660 190 10		10	224	30	33.04	0	9	43.04	1.564 177 40	
		13	142	59	18.87	1	50	44.20		1.661 457 17		14	226	29	40.62	0	5	52.88	1.559 281 32	
	17	144	44	36.58	1	50	28.81	1.662 568 36			18	228	29	33.49	0	2	0.83	1.554 324 02		
	21	146	29	46.40	1	50	7.24	1.663 522 83		22	230	30	12.65	-	0	1	52.85	1.549 311 17		
	25	148	14	49.54	1	49	39.52	1.664 319 85		26	232	31	39.05	-	0	5	47.92	1.544 248 60		
<b>Mai</b>	29	149	59	47.16	1	49	5.69	1.664 958 83	<b>Nov.</b>	30	234	33	53.63	-	0	9	44.10	1.539 142 35		
	3	151	44	40.48	1	48	25.80	1.665 439 28		3	236	36	57.28	-	0	13	41.12	1.533 998 61		
	7	153	29	30.68	1	47	39.87	1.665 760 85		7	238	40	50.84	-	0	17	38.67	1.528 823 75		
	11	155	14	18.95	1	46	47.96	1.665 923 28		11	240	45	35.12	-	0	21	36.45	1.523 624 33		
	15	156	59	6.49	1	45	50.11	1.665 926 45		15	242	51	10.86	-	0	25	34.13	1.518 407 05		
	19	158	43	54.48	1	44	46.35	1.665 770 36		19	244	57	38.77	-	0	29	31.39	1.513 178 81		
	23	160	28	44.12	1	43	36.73	1.665 455 11		23	247	4	59.47	-	0	33	27.87	1.507 946 63		
	27	162	13	36.61	1	42	21.30	1.664 980 93		27	249	13	13.55	-	0	37	23.21	1.502 717 72		
<b>Juin</b>	31	163	58	33.13	1	41	0.10	1.664 348 16	<b>Déc.</b>	1	251	22	21.52	-	0	41	17.04	1.497 499 42		
	4	165	43	34.88	1	39	33.18	1.663 557 28		5	253	32	23.81	-	0	45	8.97	1.492 299 21		
		8	167	28	43.05	1	38	0.60		1.662 608 84		9	255	43	20.78	-	0	48	58.60	1.487 124 69
		12	169	13	58.86	1	36	22.38		1.661 503 57		13	257	55	12.70	-	0	52	45.52	1.481 983 60
		16	170	59	23.48	1	34	38.60		1.660 242 27		17	260	7	59.78	-	0	56	29.31	1.476 883 79
	20	172	44	58.13	1	32	49.31	1.658 825 90		21	262	21	42.10	-	1	0	9.54	1.471 833 19		
	24	174	30	44.00	1	30	54.55	1.657 255 51		25	264	36	19.67	-	1	3	45.75	1.466 839 82		
	28	176	16	42.30	1	28	54.39	1.655 532 29		29	266	51	52.40	-	1	7	17.51	1.461 911 78		



## JUPITER, SATURNE, URANUS, NEPTUNE 2008 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

JUPITER				SATURNE																		
Date	longitude			latitude	rayon v.	Date	longitude			latitude	rayon v.											
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	ua									
Janv.	0	271	32	11.60	0	12	12.20	5.248	045	9	Janv.	0	153	4	58.04	1	34	52.27	9.265	877	4	
	16	272	50	33.65	0	10	26.31	5.242	273	8		16	153	38	56.15	1	36	0.32	9.270	067	1	
Févr.	1	274	9	6.09	0	8	39.87	5.236	474	2	Févr.	1	154	12	52.41	1	37	7.75	9.274	280	1	
	17	275	27	49.01	0	6	52.91	5.230	650	1		17	154	46	46.79	1	38	14.55	9.278	516	0	
Mars	4	276	46	42.49	0	5	5.49	5.224	804	3	Mars	4	155	20	39.30	1	39	20.71	9.282	774	4	
	20	278	5	46.60	0	3	17.68	5.218	939	7		20	155	54	29.92	1	40	26.23	9.287	055	1	
Avril	5	279	25	1.39	0	1	29.51	5.213	059	5	Avril	5	156	28	18.65	1	41	31.11	9.291	357	7	
	21	280	44	26.94	-	0	0	18.94	5.207	166	6		21	157	2	5.49	1	42	35.35	9.295	682	0
Mai	7	282	4	3.30	-	0	2	7.63	5.201	264	5	Mai	7	157	35	50.42	1	43	38.92	9.300	027	4
	23	283	23	50.51	-	0	3	56.50	5.195	356	5		23	158	9	33.46	1	44	41.84	9.304	393	4
	8	284	43	48.64	-	0	5	45.49	5.189	445	6	Juin	8	158	43	14.59	1	45	44.10	9.308	779	6
	24	286	3	57.73	-	0	7	34.54	5.183	535	1		24	159	16	53.80	1	46	45.69	9.313	185	3
Juill.	10	287	24	17.80	-	0	9	23.59	5.177	628	3	Juill.	10	159	50	31.09	1	47	46.60	9.317	610	3
	26	288	44	48.91	-	0	11	12.58	5.171	728	5		26	160	24	6.46	1	48	46.84	9.322	053	8
Août	11	290	5	31.07	-	0	13	1.45	5.165	838	9	Août	11	160	57	39.89	1	49	46.40	9.326	515	4
	27	291	26	24.30	-	0	14	50.14	5.159	962	6		27	161	31	11.39	1	50	45.28	9.330	994	7
Sept.	12	292	47	28.63	-	0	16	38.58	5.154	102	8	Sept.	12	162	4	40.93	1	51	43.47	9.335	491	4
	28	294	8	44.05	-	0	18	26.71	5.148	262	7		28	162	38	8.53	1	52	40.96	9.340	005	1
Oct.	14	295	30	10.55	-	0	20	14.47	5.142	445	6	Oct.	14	163	11	34.17	1	53	37.76	9.344	535	7
	30	296	51	48.11	-	0	22	1.79	5.136	654	8		30	163	44	57.85	1	54	33.86	9.349	082	7
	15	298	13	36.74	-	0	23	48.60	5.130	893	8	Nov.	15	164	18	19.57	1	55	29.26	9.353	645	6
Déc.	1	299	35	36.39	-	0	25	34.83	5.125	165	9	Déc.	1	164	51	39.34	1	56	23.95	9.358	224	1
	17	300	57	47.04	-	0	27	20.43	5.119	474	7		17	165	24	57.15	1	57	17.93	9.362	817	6

URANUS				NEPTUNE																			
Date	longitude			latitude	rayon v.	Date	longitude			latitude	rayon v.												
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	ua										
Janv.	0	347	47	48.45	-	0	46	12.86	20.095	350	9	Janv.	0	321	21	17.52	-	0	17	40.25	30.042	526	9
Févr.	1	348	8	19.83	-	0	46	11.72	20.095	847	9	Févr.	1	321	32	48.34	-	0	18	1.29	30.041	814	8
Mars	4	348	28	51.25	-	0	46	10.48	20.096	309	3	Mars	4	321	44	19.25	-	0	18	22.33	30.041	098	7
Avril	5	348	49	22.73	-	0	46	9.14	20.096	733	8	Avril	5	321	55	50.26	-	0	18	43.35	30.040	377	0
Mai	7	349	9	54.27	-	0	46	7.71	20.097	120	0	Mai	7	322	7	21.36	-	0	19	4.35	30.039	648	7
	8	349	30	25.86	-	0	46	6.17	20.097	467	8	Juin	8	322	18	52.54	-	0	19	25.35	30.038	914	2
Juill.	10	349	50	57.49	-	0	46	4.54	20.097	777	3	Juill.	10	322	30	23.80	-	0	19	46.34	30.038	173	5
Août	11	350	11	29.19	-	0	46	2.81	20.098	048	5	Août	11	322	41	55.14	-	0	20	7.31	30.037	426	7
Sept.	12	350	32	0.95	-	0	46	0.98	20.098	281	6	Sept.	12	322	53	26.57	-	0	20	28.27	30.036	673	5
Oct.	14	350	52	32.78	-	0	45	59.06	20.098	475	0	Oct.	14	323	4	58.07	-	0	20	49.22	30.035	912	3
	15	351	13	4.70	-	0	45	57.04	20.098	627	5	Nov.	15	323	16	29.65	-	0	21	10.16	30.035	142	3
Déc.	17	351	33	36.67	-	0	45	54.92	20.098	738	5	Déc.	17	323	28	1.29	-	0	21	31.08	30.034	363	6

## MERCURE 2008 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	19	13	21.836	-24	30	15.02	1.382 058 97	Févr.	15	20	43	51.749	-14	56	22.21	0.688 449 14
	1	19	20	26.402	-24	18	37.18	1.372 424 36		16	20	42	14.213	-15	13	54.45	0.700 057 76
	2	19	27	30.142	-24	5	26.20	1.362 063 20		17	20	41	8.641	-15	30	5.07	0.712 633 44
	3	19	34	32.737	-23	50	41.85	1.350 955 06		18	20	40	34.206	-15	44	47.89	0.726 016 19
	4	19	41	33.836	-23	34	24.16	1.339 078 61		19	20	40	29.692	-15	57	58.72	0.740 061 58
	5	19	48	33.047	-23	16	33.36	1.326 411 76		20	20	40	53.618	-16	9	34.83	0.754 640 76
	6	19	55	29.930	-22	57	10.01	1.312 931 90		21	20	41	44.344	-16	19	34.69	0.769 639 88
	7	20	2	23.991	-22	36	14.99	1.298 616 23		22	20	43	0.152	-16	27	57.57	0.784 959 20
	8	20	9	14.678	-22	13	49.59	1.283 442 18		23	20	44	39.308	-16	34	43.37	0.800 511 97
	9	20	16	1.363	-21	49	55.58	1.267 387 93		24	20	46	40.107	-16	39	52.40	0.816 223 20
	10	20	22	43.339	-21	24	35.28	1.250 433 09		25	20	49	0.900	-16	43	25.30	0.832 028 43
	11	20	29	19.805	-20	57	51.68	1.232 559 55		26	20	51	40.120	-16	45	22.90	0.847 872 57
	12	20	35	49.853	-20	29	48.56	1.213 752 52		27	20	54	36.290	-16	45	46.14	0.863 708 69
	13	20	42	12.454	-20	0	30.57	1.194 001 75		28	20	57	48.031	-16	44	36.07	0.879 497 09
14	20	48	26.442	-19	30	3.42	1.173 303 06	29	21	1	14.064	-16	41	53.75	0.895 204 26		
15	20	54	30.495	-18	58	34.03	1.151 660 06	Mars	1	21	4	53.210	-16	37	40.28	0.910 802 09	
16	21	0	23.120	-18	26	10.70	1.129 086 21		2	21	8	44.383	-16	31	56.75	0.926 267 10	
17	21	6	2.636	-17	53	3.26	1.105 607 07		3	21	12	46.590	-16	24	44.22	0.941 579 77	
18	21	11	27.163	-17	19	23.30	1.081 262 80		4	21	16	58.924	-16	16	3.77	0.956 723 97	
19	21	16	34.604	-16	45	24.27	1.056 110 85		5	21	21	20.559	-16	5	56.41	0.971 686 48	
20	21	21	22.651	-16	11	21.65	1.030 228 57		6	21	25	50.743	-15	54	23.17	0.986 456 51	
21	21	25	48.787	-15	37	33.04	1.003 715 85		7	21	30	28.797	-15	41	25.01	1.001 025 33	
22	21	29	50.308	-15	4	18.14	0.976 697 30		8	21	35	14.105	-15	27	2.89	1.015 385 97	
23	21	33	24.361	-14	31	58.73	0.949 323 96		9	21	40	6.115	-15	11	17.73	1.029 532 89	
24	21	36	27.999	-14	0	58.40	0.921 774 09		10	21	45	4.328	-14	54	10.43	1.043 461 74	
25	21	38	58.269	-13	31	42.26	0.894 252 87	11	21	50	8.301	-14	35	41.84	1.057 169 09		
26	21	40	52.320	-13	4	36.37	0.866 990 76	12	21	55	17.635	-14	15	52.83	1.070 652 19		
27	21	42	7.540	-12	40	7.02	0.840 240 15	13	22	0	31.976	-13	54	44.21	1.083 908 80		
28	21	42	41.732	-12	18	39.77	0.814 270 53	14	22	5	51.011	-13	32	16.79	1.096 936 92		
29	21	42	33.298	-12	0	38.36	0.789 361 89	15	22	11	14.464	-13	8	31.35	1.109 734 66		
30	21	41	41.450	-11	46	23.39	0.765 796 71	16	22	16	42.095	-12	43	28.64	1.122 300 02		
31	21	40	6.409	-11	36	10.99	0.743 850 75	17	22	22	13.699	-12	17	9.39	1.134 630 80		
Févr.	1	21	37	49.583	-11	30	11.46	0.723 783 13	18	22	27	49.100	-11	49	34.33	1.146 724 37	
	2	21	34	53.698	-11	28	28.16	0.705 826 29	19	22	33	28.154	-11	20	44.15	1.158 577 61	
	3	21	31	22.838	-11	30	56.71	0.690 176 42	20	22	39	10.746	-10	50	39.55	1.170 186 72	
	4	21	27	22.393	-11	37	24.73	0.676 985 17	21	22	44	56.785	-10	19	21.23	1.181 547 12	
	5	21	22	58.885	-11	47	32.19	0.666 353 50	22	22	50	46.207	-9	46	49.87	1.192 653 31	
	6	21	18	19.678	-12	0	52.48	0.658 328 14	23	22	56	38.969	-9	13	6.19	1.203 498 70	
	7	21	13	32.604	-12	16	54.01	0.652 901 26	24	23	2	35.053	-8	38	10.91	1.214 075 52	
	8	21	8	45.542	-12	35	2.20	0.650 013 37	25	23	8	34.459	-8	2	4.78	1.224 374 65	
	9	21	4	6.006	-12	54	41.62	0.649 559 09	26	23	14	37.208	-7	24	48.58	1.234 385 45	
	10	20	59	40.780	-13	15	17.96	0.651 395 23	27	23	20	43.341	-6	46	23.12	1.244 095 59	
	11	20	55	35.660	-13	36	19.50	0.655 350 13	28	23	26	52.917	-6	6	49.26	1.253 490 88	
	12	20	51	55.295	-13	57	18.30	0.661 233 31	29	23	33	6.010	-5	26	7.93	1.262 555 06	
	13	20	48	43.146	-14	17	50.61	0.668 844 62	30	23	39	22.715	-4	44	20.12	1.271 269 60	
	14	20	46	1.533	-14	37	37.02	0.677 982 25	31	23	45	43.140	-4	1	26.92	1.279 613 47	

## MERCURE 2008 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>Avril</b>	1	23 52 7.410	- 3 17 29.52	1.287 562 91	<b>Mai</b>	17	5 6 19.954	25 3 14.79	0.778 460 54
	2	23 58 35.661	- 2 32 29.24	1.295 091 21		18	5 9 32.736	25 0 27.98	0.759 318 69
	3	0 5 8.042	- 1 46 27.59	1.302 168 47		19	5 12 25.472	24 56 4.95	0.740 808 09
	4	0 11 44.715	- 0 59 26.22	1.308 761 40		20	5 14 57.842	24 50 9.73	0.722 961 90
	5	0 18 25.845	- 0 11 27.04	1.314 833 09		21	5 17 9.583	24 42 46.29	0.705 812 26
	6	0 25 11.607	0 37 27.79	1.320 342 85		22	5 19 0.500	24 33 58.53	0.689 390 69
	7	0 32 2.174	1 27 15.79	1.325 246 09		23	5 20 30.483	24 23 50.38	0.673 728 30
	8	0 38 57.717	2 17 54.11	1.329 494 24		24	5 21 39.518	24 12 25.82	0.658 856 01
	9	0 45 58.395	3 9 19.48	1.333 034 74		25	5 22 27.708	23 59 48.95	0.644 804 65
	10	0 53 4.352	4 1 28.12	1.335 811 15		26	5 22 55.292	23 46 4.08	0.631 604 95
	11	1 0 15.710	4 54 15.70	1.337 763 39		27	5 23 2.661	23 31 15.81	0.619 287 51
	12	1 7 32.558	5 47 37.25	1.338 828 22		28	5 22 50.379	23 15 29.10	0.607 882 62
	13	1 14 54.944	6 41 27.10	1.338 939 87		29	5 22 19.193	22 58 49.41	0.597 420 04
	14	1 22 22.868	7 35 38.80	1.338 031 02		30	5 21 30.054	22 41 22.77	0.587 928 68
	15	1 29 56.264	8 30 5.09	1.336 034 12		31	5 20 24.117	22 23 15.86	0.579 436 24
16	1 37 34.990	9 24 37.82	1.332 882 99	<b>Juin</b>	1	5 19 2.747	22 4 36.10	0.571 968 78	
17	1 45 18.814	10 19 7.96	1.328 514 81		2	5 17 27.519	21 45 31.67	0.565 550 27	
18	1 53 7.405	11 13 25.59	1.322 872 38		3	5 15 40.198	21 26 11.53	0.560 202 18	
19	2 1 0.315	12 7 19.95	1.315 906 70		4	5 13 42.727	21 6 45.35	0.555 942 96	
20	2 8 56.981	13 0 39.55	1.307 579 51		5	5 11 37.202	20 47 23.46	0.552 787 70	
21	2 16 56.712	13 53 12.33	1.297 865 97		6	5 9 25.837	20 28 16.70	0.550 747 70	
22	2 24 58.693	14 44 45.82	1.286 756 94		7	5 7 10.937	20 9 36.25	0.549 830 17	
23	2 33 1.996	15 35 7.42	1.274 260 85		8	5 4 54.846	19 51 33.40	0.550 037 96	
24	2 41 5.585	16 24 4.70	1.260 404 89		9	5 2 39.911	19 34 19.34	0.551 369 46	
25	2 49 8.336	17 11 25.62	1.245 235 32		10	5 0 28.437	19 18 4.91	0.553 818 62	
26	2 57 9.062	17 56 58.92	1.228 816 89	11	4 58 22.638	19 3 0.32	0.557 375 03		
27	3 5 6.531	18 40 34.34	1.211 231 29	12	4 56 24.609	18 49 14.92	0.562 024 27		
28	3 12 59.496	19 22 2.83	1.192 574 80	13	4 54 36.286	18 36 57.01	0.567 748 20		
29	3 20 46.720	20 1 16.76	1.172 955 37	14	4 52 59.430	18 26 13.66	0.574 525 47		
30	3 28 26.993	20 38 9.98	1.152 489 24	15	4 51 35.608	18 17 10.61	0.582 331 99		
<b>Mai</b>	1	3 35 59.152	21 12 37.88	1.131 297 57	16	4 50 26.191	18 9 52.18	0.591 141 45	
	2	3 43 22.096	21 44 37.32	1.109 503 16	17	4 49 32.346	18 4 21.28	0.600 925 82	
	3	3 50 34.790	22 14 6.60	1.087 227 58	18	4 48 55.050	18 0 39.44	0.611 655 86	
	4	3 57 36.270	22 41 5.26	1.064 588 72	19	4 48 35.101	17 58 46.83	0.623 301 50	
	5	4 4 25.641	23 5 34.00	1.041 698 99	20	4 48 33.129	17 58 42.43	0.635 832 23	
	6	4 11 2.075	23 27 34.48	1.018 664 02	21	4 48 49.618	18 0 24.05	0.649 217 37	
	7	4 17 24.801	23 47 9.15	0.995 581 89	22	4 49 24.923	18 3 48.49	0.663 426 27	
	8	4 23 33.102	24 4 21.11	0.972 542 77	23	4 50 19.292	18 8 51.67	0.678 428 45	
	9	4 29 26.309	24 19 13.94	0.949 628 99	24	4 51 32.880	18 15 28.73	0.694 193 65	
	10	4 35 3.794	24 31 51.58	0.926 915 25	25	4 53 5.774	18 23 34.12	0.710 691 71	
	11	4 40 24.965	24 42 18.24	0.904 469 13	26	4 54 58.004	18 33 1.74	0.727 892 57	
	12	4 45 29.264	24 50 38.27	0.882 351 65	27	4 57 9.559	18 43 44.96	0.745 765 96	
	13	4 50 16.160	24 56 56.13	0.860 618 01	28	4 59 40.399	18 55 36.74	0.764 281 20	
	14	4 54 45.147	25 1 16.29	0.839 318 24	29	5 2 30.466	19 8 29.65	0.783 406 87	
	15	4 58 55.743	25 3 43.21	0.818 497 97	30	5 5 39.689	19 22 15.94	0.803 110 37	
16	5 2 47.489	25 4 21.27	0.798 199 12	<b>Juill.</b>	1	5 9 7.993	19 36 47.51	0.823 357 50	

## MERCURE 2008 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.	2	5	12	55.300	19	51	55.95	0.844 111 94	Août	17	10	53	3.228	8	5	39.35	1.271 554 22	
	3	5	17	1.533	20	7	32.52	0.865 334 64		18	10	59	4.510	7	21	23.53	1.262 359 22	
	4	5	21	26.617	20	23	28.19	0.886 983 17		19	11	4	58.897	6	37	10.50	1.252 822 43	
	5	5	26	10.478	20	39	33.53	0.909 011 00		20	11	10	46.598	5	53	3.32	1.242 960 65	
	6	5	31	13.036	20	55	38.81	0.931 366 76		21	11	16	27.810	5	9	4.90	1.232 788 51	
	7	5	36	34.197	21	11	33.93	0.953 993 45		22	11	22	2.712	4	25	18.01	1.222 318 70	
	8	5	42	13.847	21	27	8.39	0.976 827 68		23	11	27	31.463	3	41	45.30	1.211 562 13	
	9	5	48	11.832	21	42	11.36	0.999 799 04		24	11	32	54.206	2	58	29.34	1.200 528 13	
	10	5	54	27.943	21	56	31.64	1.022 829 52		25	11	38	11.060	2	15	32.60	1.189 224 66	
	11	6	1	1.903	22	9	57.71	1.045 833 11		26	11	43	22.120	1	32	57.53	1.177 658 45	
	12	6	7	53.344	22	22	17.83	1.068 715 76		27	11	48	27.462	0	50	46.55	1.165 835 20	
	13	6	15	1.787	22	33	20.06	1.091 375 52		28	11	53	27.132	0	9	2.05	1.153 759 73	
	14	6	22	26.626	22	42	52.46	1.113 703 23		29	11	58	21.156	-	0	32	13.56	1.141 436 19
	15	6	30	7.108	22	50	43.24	1.135 583 62		30	12	3	9.531	-	1	12	57.87	1.128 868 18
	16	6	38	2.320	22	56	40.96	1.156 896 98		31	12	7	52.227	-	1	53	8.41	1.116 058 94
	17	6	46	11.179	23	0	34.78	1.177 521 35		Sept.	1	12	12	29.185	-	2	32	42.67
18	6	54	32.434	23	2	14.75	1.197 335 31	2	12		17	0.314	-	3	11	38.04	1.089 728 78	
19	7	3	4.667	23	1	32.03	1.216 221 03	3	12		21	25.488	-	3	49	51.82	1.076 213 82	
20	7	11	46.315	22	58	19.23	1.234 067 72	4	12		25	44.546	-	4	27	21.17	1.062 469 89	
21	7	20	35.695	22	52	30.57	1.250 774 95	5	12		29	57.285	-	5	4	3.11	1.048 500 62	
22	7	29	31.038	22	44	2.13	1.266 255 81	6	12		34	3.460	-	5	39	54.46	1.034 310 23	
23	7	38	30.528	22	32	51.94	1.280 439 45	7	12		38	2.782	-	6	14	51.83	1.019 903 68	
24	7	47	32.352	22	18	59.97	1.293 272 97	8	12		41	54.910	-	6	48	51.58	1.005 286 93	
25	7	56	34.741	22	2	28.17	1.304 722 37	9	12		45	39.451	-	7	21	49.77	0.990 467 16	
26	8	5	36.013	21	43	20.22	1.314 772 54	10	12		49	15.955	-	7	53	42.17	0.975 453 07	
27	8	14	34.606	21	21	41.44	1.323 426 43	11	12	52	43.908	-	8	24	24.14	0.960 255 18		
28	8	23	29.109	20	57	38.47	1.330 703 41	12	12	56	2.732	-	8	53	50.63	0.944 886 18		
29	8	32	18.278	20	31	19.01	1.336 637 10	13	12	59	11.779	-	9	21	56.12	0.929 361 36		
30	8	41	1.045	20	2	51.56	1.341 272 88	14	13	2	10.324	-	9	48	34.54	0.913 699 03		
31	8	49	36.521	19	32	25.13	1.344 665 30	15	13	4	57.567	-	10	13	39.24	0.897 921 08		
Août	1	8	58	3.993	19	0	8.98	1.346 875 48	16	13	7	32.624	-	10	37	2.90	0.882 053 50	
	2	9	6	22.908	18	26	12.44	1.347 968 78	17	13	9	54.528	-	10	58	37.46	0.866 127 07	
	3	9	14	32.865	17	50	44.72	1.348 012 67	18	13	12	2.229	-	11	18	14.09	0.850 178 07	
	4	9	22	33.596	17	13	54.78	1.347 075 00	19	13	13	54.593	-	11	35	43.04	0.834 249 14	
	5	9	30	24.946	16	35	51.25	1.345 222 53	20	13	15	30.409	-	11	50	53.67	0.818 390 22	
	6	9	38	6.860	15	56	42.34	1.342 519 85	21	13	16	48.399	-	12	3	34.37	0.802 659 53	
	7	9	45	39.359	15	16	35.79	1.339 028 56	22	13	17	47.240	-	12	13	32.56	0.787 124 78	
	8	9	53	2.533	14	35	38.89	1.334 806 72	23	13	18	25.583	-	12	20	34.77	0.771 864 25	
	9	10	0	16.521	13	53	58.45	1.329 908 47	24	13	18	42.099	-	12	24	26.76	0.756 968 11	
	10	10	7	21.500	13	11	40.80	1.324 383 93	25	13	18	35.526	-	12	24	53.80	0.742 539 50	
	11	10	14	17.677	12	28	51.83	1.318 279 10	26	13	18	4.737	-	12	21	41.01	0.728 695 61	
	12	10	21	5.281	11	45	36.99	1.311 635 99	27	13	17	8.824	-	12	14	33.96	0.715 568 49	
	13	10	27	44.550	11	2	1.33	1.304 492 69	28	13	15	47.195	-	12	3	19.45	0.703 305 34	
	14	10	34	15.732	10	18	9.55	1.296 883 59	29	13	13	59.695	-	11	47	46.58	0.692 068 34	
	15	10	40	39.076	9	34	5.98	1.288 839 57	30	13	11	46.729	-	11	27	48.01	0.682 033 45	
16	10	46	54.827	8	49	54.66	1.280 388 26	Oct.	1	13	9	9.394	-	11	3	21.48	0.673 388 24	

## MERCURE 2008 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.	2	13	6	9.598	-10	34	31.52	0.666 328 26	Nov.	17	15	10	30.485	-17	22	21.48	1.417 387 42
	3	13	2	50.147	-10	1	31.02	0.661 051 97		18	15	16	52.124	-17	54	19.87	1.423 578 40
	4	12	59	14.796	-9	24	42.64	0.657 754 14		19	15	23	15.154	-18	25	26.81	1.429 110 58
	5	12	55	28.220	-8	44	39.65	0.656 617 86		20	15	29	39.605	-18	55	40.46	1.433 998 19
	6	12	51	35.918	-8	2	5.96	0.657 805 62		21	15	36	5.514	-19	24	59.06	1.438 254 16
	7	12	47	44.021	-7	17	55.08	0.661 450 07		22	15	42	32.915	-19	53	20.94	1.441 890 13
	8	12	43	59.030	-6	33	8.06	0.667 645 38		23	15	49	1.843	-20	20	44.51	1.444 916 50
	9	12	40	27.503	-5	48	50.39	0.676 439 97		24	15	55	32.329	-20	47	8.23	1.447 342 44
	10	12	37	15.715	-5	6	8.38	0.687 831 51		25	16	2	4.402	-21	12	30.61	1.449 175 95
	11	12	34	29.346	-4	26	5.32	0.701 764 64		26	16	8	38.084	-21	36	50.19	1.450 423 83
	12	12	32	13.212	-3	49	38.05	0.718 131 77		27	16	15	13.392	-22	0	5.53	1.451 091 77
13	12	30	31.084	-3	17	34.29	0.736 776 61	28	16	21	50.335	-22	22	15.23	1.451 184 28		
14	12	29	25.591	-2	50	30.93	0.757 500 21	29	16	28	28.918	-22	43	17.88	1.450 704 83		
15	12	28	58.212	-2	28	53.39	0.780 068 78	30	16	35	9.133	-23	3	12.10	1.449 655 74		
16	12	29	9.344	-2	12	55.85	0.804 222 64	Déc.	1	16	41	50.966	-23	21	56.50	1.448 038 29	
17	12	29	58.422	-2	2	42.21	0.829 685 79	2	16	48	34.394	-23	39	29.72	1.445 852 69		
18	12	31	24.083	-1	58	7.48	0.856 175 29	3	16	55	19.382	-23	55	50.40	1.443 098 06		
19	12	33	24.340	-1	58	59.40	0.883 410 19	4	17	2	5.885	-24	10	57.16	1.439 772 51		
20	12	35	56.761	-2	5	0.13	0.911 119 37	5	17	8	53.848	-24	24	48.67	1.435 873 07		
21	12	38	58.631	-2	15	47.82	0.939 048 18	6	17	15	43.200	-24	37	23.56	1.431 395 76		
22	12	42	27.102	-2	30	58.09	0.966 963 46	7	17	22	33.860	-24	48	40.52	1.426 335 53		
23	12	46	19.312	-2	50	5.20	0.994 657 10	8	17	29	25.730	-24	58	38.24	1.420 686 31		
24	12	50	32.478	-3	12	43.09	1.021 947 93	9	17	36	18.700	-25	7	15.41	1.414 440 99		
25	12	55	3.967	-3	38	26.15	1.048 682 29	10	17	43	12.639	-25	14	30.79	1.407 591 40		
26	12	59	51.344	-4	6	49.78	1.074 733 43	11	17	50	7.401	-25	20	23.14	1.400 128 31		
27	13	4	52.394	-4	37	30.79	1.099 999 92	12	17	57	2.814	-25	24	51.29	1.392 041 40		
28	13	10	5.140	-5	10	7.69	1.124 403 52	13	18	3	58.687	-25	27	54.09	1.383 319 26		
29	13	15	27.836	-5	44	20.75	1.147 886 57	14	18	10	54.800	-25	29	30.44	1.373 949 37		
30	13	20	58.962	-6	19	52.09	1.170 409 30	15	18	17	50.908	-25	29	39.34	1.363 918 11		
31	13	26	37.210	-6	56	25.62	1.191 947 09	16	18	24	46.735	-25	28	19.82	1.353 210 87		
Nov.	1	13	32	21.461	-7	33	46.94	1.212 487 91	17	18	31	41.972	-25	25	31.05	1.341 812 10	
	2	13	38	10.772	-8	11	43.26	1.232 029 89	18	18	38	36.275	-25	21	12.33	1.329 705 45	
	3	13	44	4.353	-8	50	3.26	1.250 579 29	19	18	45	29.256	-25	15	23.12	1.316 873 94	
	4	13	50	1.549	-9	28	36.94	1.268 148 60	20	18	52	20.479	-25	8	3.08	1.303 300 15	
	5	13	56	1.821	-10	7	15.46	1.284 754 99	21	18	59	9.455	-24	59	12.10	1.288 966 48	
	6	14	2	4.731	-10	45	51.08	1.300 419 03	22	19	5	55.630	-24	48	50.35	1.273 855 42	
	7	14	8	9.928	-11	24	16.96	1.315 163 57	23	19	12	38.382	-24	36	58.32	1.257 949 96	
	8	14	14	17.133	-12	2	27.07	1.329 012 91	24	19	19	17.010	-24	23	36.88	1.241 234 06	
	9	14	20	26.130	-12	40	16.11	1.341 992 06	25	19	25	50.721	-24	8	47.38	1.223 693 22	
	10	14	26	36.757	-13	17	39.38	1.354 126 19	26	19	32	18.620	-23	52	31.68	1.205 315 29	
	11	14	32	48.892	-13	54	32.72	1.365 440 19	27	19	38	39.693	-23	34	52.26	1.186 091 29	
12	14	39	2.455	-14	30	52.44	1.375 958 32	28	19	44	52.796	-23	15	52.36	1.166 016 58		
13	14	45	17.390	-15	6	35.23	1.385 703 96	29	19	50	56.634	-22	55	36.04	1.145 092 19		
14	14	51	33.667	-15	41	38.12	1.394 699 35	30	19	56	49.745	-22	34	8.38	1.123 326 36		
15	14	57	51.273	-16	15	58.40	1.402 965 51	31	20	2	30.480	-22	11	35.57	1.100 736 44		
16	15	4	10.208	-16	49	33.62	1.410 522 10	32	20	7	56.984	-21	48	5.11	1.077 351 02		

## VÉNUS 2008 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	15	54	20.897	-18	11	45.72	1.144 011 45	Févr.	15	19	54	50.334	-20	46	47.60	1.409 879 55
	1	15	59	18.948	-18	28	10.32	1.150 454 16		16	20	0	3.393	-20	35	11.79	1.414 934 85
	2	16	4	18.208	-18	44	7.69	1.156 868 56		17	20	5	15.655	-20	22	59.62	1.419 959 33
	3	16	9	18.661	-18	59	37.09	1.163 254 37		18	20	10	27.086	-20	10	11.51	1.424 953 05
	4	16	14	20.288	-19	14	37.80	1.169 611 32		19	20	15	37.656	-19	56	47.92	1.429 916 00
	5	16	19	23.068	-19	29	9.12	1.175 939 22		20	20	20	47.338	-19	42	49.32	1.434 848 09
	6	16	24	26.977	-19	43	10.35	1.182 237 86		21	20	25	56.107	-19	28	16.17	1.439 749 14
	7	16	29	31.988	-19	56	40.84	1.188 507 12		22	20	31	3.941	-19	13	8.99	1.444 618 94
	8	16	34	38.071	-20	9	39.91	1.194 746 90		23	20	36	10.821	-18	57	28.29	1.449 457 20
	9	16	39	45.197	-20	22	6.94	1.200 957 14		24	20	41	16.729	-18	41	14.61	1.454 263 60
	10	16	44	53.332	-20	34	1.29	1.207 137 85		25	20	46	21.651	-18	24	28.50	1.459 037 82
	11	16	50	2.441	-20	45	22.36	1.213 289 08		26	20	51	25.571	-18	7	10.55	1.463 779 50
	12	16	55	12.490	-20	56	9.58	1.219 410 93		27	20	56	28.478	-17	49	21.35	1.468 488 31
	13	17	0	23.442	-21	6	22.38	1.225 503 52		28	21	1	30.359	-17	31	1.52	1.473 163 89
14	17	5	35.261	-21	16	0.24	1.231 567 04	29	21	6	31.206	-17	12	11.70	1.477 805 91		
15	17	10	47.909	-21	25	2.65	1.237 601 67	Mars	1	21	11	31.010	-16	52	52.51	1.482 414 04	
16	17	16	1.350	-21	33	29.13	1.243 607 60		2	21	16	29.765	-16	33	4.62	1.486 987 94	
17	17	21	15.543	-21	41	19.25	1.249 585 01		3	21	21	27.467	-16	12	48.69	1.491 527 30	
18	17	26	30.449	-21	48	32.58	1.255 534 05		4	21	26	24.113	-15	52	5.39	1.496 031 80	
19	17	31	46.023	-21	55	8.72	1.261 454 80		5	21	31	19.702	-15	30	55.42	1.500 501 17	
20	17	37	2.220	-22	1	7.31	1.267 347 30		6	21	36	14.235	-15	9	19.46	1.504 935 14	
21	17	42	18.994	-22	6	27.97	1.273 211 48		7	21	41	7.715	-14	47	18.21	1.509 333 51	
22	17	47	36.295	-22	11	10.38	1.279 047 20		8	21	46	0.148	-14	24	52.37	1.513 696 13	
23	17	52	54.074	-22	15	14.20	1.284 854 22		9	21	50	51.545	-14	2	2.64	1.518 022 92	
24	17	58	12.281	-22	18	39.13	1.290 632 25		10	21	55	41.915	-13	38	49.73	1.522 313 90	
25	18	3	30.864	-22	21	24.92	1.296 380 96	11	22	0	31.274	-13	15	14.35	1.526 569 14		
26	18	8	49.771	-22	23	31.32	1.302 100 00	12	22	5	19.636	-12	51	17.22	1.530 788 77		
27	18	14	8.951	-22	24	58.13	1.307 789 00	13	22	10	7.018	-12	26	59.07	1.534 972 94		
28	18	19	28.347	-22	25	45.19	1.313 447 63	14	22	14	53.438	-12	2	20.60	1.539 121 82		
29	18	24	47.906	-22	25	52.37	1.319 075 57	15	22	19	38.914	-11	37	22.55	1.543 235 55		
30	18	30	7.571	-22	25	19.58	1.324 672 53	16	22	24	23.468	-11	12	5.63	1.547 314 23		
31	18	35	27.284	-22	24	6.75	1.330 238 22	17	22	29	7.123	-10	46	30.54	1.551 357 88		
Févr.	1	18	40	46.988	-22	22	13.87	1.335 772 40	18	22	33	49.903	-10	20	37.98	1.555 366 51	
	2	18	46	6.625	-22	19	40.93	1.341 274 85	19	22	38	31.836	-9	54	28.65	1.559 340 01	
	3	18	51	26.136	-22	16	27.98	1.346 745 36	20	22	43	12.952	-9	28	3.23	1.563 278 24	
	4	18	56	45.463	-22	12	35.09	1.352 183 74	21	22	47	53.281	-9	1	22.42	1.567 180 97	
	5	19	2	4.547	-22	8	2.37	1.357 589 86	22	22	52	32.856	-8	34	26.91	1.571 047 94	
	6	19	7	23.332	-22	2	49.93	1.362 963 60	23	22	57	11.711	-8	7	17.39	1.574 878 81	
	7	19	12	41.761	-21	56	57.96	1.368 304 91	24	23	1	49.878	-7	39	54.55	1.578 673 22	
	8	19	17	59.779	-21	50	26.63	1.373 613 79	25	23	6	27.393	-7	12	19.09	1.582 430 77	
	9	19	23	17.333	-21	43	16.17	1.378 890 30	26	23	11	4.288	-6	44	31.73	1.586 151 04	
	10	19	28	34.375	-21	35	26.83	1.384 134 57	27	23	15	40.597	-6	16	33.16	1.589 833 59	
	11	19	33	50.857	-21	26	58.87	1.389 346 78	28	23	20	16.356	-5	48	24.10	1.593 477 96	
	12	19	39	6.736	-21	17	52.62	1.394 527 14	29	23	24	51.599	-5	20	5.26	1.597 083 69	
	13	19	44	21.968	-21	8	8.41	1.399 675 90	30	23	29	26.359	-4	51	37.36	1.600 650 30	
	14	19	49	36.513	-20	57	46.61	1.404 793 29	31	23	34	0.674	-4	23	1.11	1.604 177 32	

## VÉNUS 2008 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>Avril</b>	1	23 38 34.577	- 3 54 17.23	1.607 664 26	<b>Mai</b>	17	3 12 2.723	17 0 22.19	1.720 018 46
	2	23 43 8.104	- 3 25 26.43	1.611 110 62		18	3 16 58.462	17 21 42.55	1.721 303 66
	3	23 47 41.291	- 2 56 29.45	1.614 515 92		19	3 21 55.314	17 42 36.23	1.722 535 95
	4	23 52 14.176	- 2 27 26.99	1.617 879 70		20	3 26 53.283	18 3 2.51	1.723 715 10
	5	23 56 46.796	- 1 58 19.77	1.621 201 55		21	3 31 52.374	18 23 0.71	1.724 840 85
	6	0 1 19.189	- 1 29 8.51	1.624 481 11		22	3 36 52.590	18 42 30.13	1.725 912 89
	7	0 5 51.394	- 0 59 53.91	1.627 718 12		23	3 41 53.930	19 1 30.09	1.726 930 91
	8	0 10 23.450	- 0 30 36.69	1.630 912 40		24	3 46 56.390	19 19 59.90	1.727 894 56
	9	0 14 55.394	- 0 1 17.56	1.634 063 89		25	3 51 59.966	19 37 58.88	1.728 803 45
	10	0 19 27.264	0 28 2.76	1.637 172 56		26	3 57 4.649	19 55 26.37	1.729 657 19
	11	0 23 59.096	0 57 23.56	1.640 238 45		27	4 2 10.429	20 12 21.68	1.730 455 35
	12	0 28 30.928	1 26 44.13	1.643 261 61		28	4 7 17.294	20 28 44.18	1.731 197 47
	13	0 33 2.798	1 56 3.76	1.646 242 06		29	4 12 25.230	20 44 33.20	1.731 883 09
	14	0 37 34.746	2 25 21.75	1.649 179 79		30	4 17 34.219	20 59 48.14	1.732 511 71
	15	0 42 6.812	2 54 37.41	1.652 074 74		31	4 22 44.243	21 14 28.36	1.733 082 83
16	0 46 39.038	3 23 50.06	1.654 926 81	<b>Juin</b>	1	4 27 55.280	21 28 33.27	1.733 595 94	
17	0 51 11.467	3 52 59.01	1.657 735 84		2	4 33 7.303	21 42 2.31	1.734 050 59	
18	0 55 44.141	4 22 3.58	1.660 501 61		3	4 38 20.283	21 54 54.93	1.734 446 38	
19	1 0 17.102	4 51 3.10	1.663 223 86		4	4 43 34.185	22 7 10.58	1.734 783 00	
20	1 4 50.394	5 19 56.87	1.665 902 28		5	4 48 48.969	22 18 48.76	1.735 060 27	
21	1 9 24.057	5 48 44.21	1.668 536 52		6	4 54 4.595	22 29 48.96	1.735 278 12	
22	1 13 58.131	6 17 24.42	1.671 126 19		7	4 59 21.018	22 40 10.68	1.735 436 59	
23	1 18 32.657	6 45 56.81	1.673 670 87		8	5 4 38.196	22 49 53.47	1.735 535 80	
24	1 23 7.672	7 14 20.67	1.676 170 09		9	5 9 56.085	22 58 56.87	1.735 575 90	
25	1 27 43.215	7 42 35.29	1.678 623 40		10	5 15 14.642	23 7 20.50	1.735 557 07	
26	1 32 19.322	8 10 39.96	1.681 030 28	11	5 20 33.822	23 15 3.95	1.735 479 47		
27	1 36 56.029	8 38 33.95	1.683 390 21	12	5 25 53.579	23 22 6.90	1.735 343 28		
28	1 41 33.371	9 6 16.54	1.685 702 66	13	5 31 13.865	23 28 29.00	1.735 148 62		
29	1 46 11.382	9 33 47.01	1.687 967 07	14	5 36 34.632	23 34 9.98	1.734 895 62		
30	1 50 50.096	10 1 4.61	1.690 182 87	15	5 41 55.827	23 39 9.56	1.734 584 39		
<b>Mai</b>	1	1 55 29.547	10 28 8.62	1.692 349 47	16	5 47 17.399	23 43 27.51	1.734 215 02	
	2	2 0 9.766	10 54 58.29	1.694 466 29	17	5 52 39.294	23 47 3.61	1.733 787 56	
	3	2 4 50.784	11 21 32.89	1.696 532 74	18	5 58 1.456	23 49 57.69	1.733 302 07	
	4	2 9 32.633	11 47 51.69	1.698 548 31	19	6 3 23.829	23 52 9.58	1.732 758 56	
	5	2 14 15.342	12 13 53.94	1.700 512 51	20	6 8 46.355	23 53 39.15	1.732 157 06	
	6	2 18 58.936	12 39 38.93	1.702 424 99	21	6 14 8.978	23 54 26.30	1.731 497 51	
	7	2 23 43.440	13 5 5.90	1.704 285 46	22	6 19 31.639	23 54 30.96	1.730 779 88	
	8	2 28 28.873	13 30 14.11	1.706 093 78	23	6 24 54.280	23 53 53.08	1.730 004 07	
	9	2 33 15.256	13 55 2.82	1.707 849 88	24	6 30 16.844	23 52 32.63	1.729 169 96	
	10	2 38 2.606	14 19 31.29	1.709 553 75	25	6 35 39.273	23 50 29.62	1.728 277 40	
	11	2 42 50.943	14 43 38.76	1.711 205 43	26	6 41 1.512	23 47 44.11	1.727 326 21	
	12	2 47 40.286	15 7 24.51	1.712 804 93	27	6 46 23.505	23 44 16.15	1.726 316 17	
	13	2 52 30.654	15 30 47.80	1.714 352 24	28	6 51 45.196	23 40 5.87	1.725 247 03	
	14	2 57 22.065	15 53 47.93	1.715 847 34	29	6 57 6.531	23 35 13.42	1.724 118 53	
	15	3 2 14.536	16 16 24.17	1.717 290 15	30	7 2 27.454	23 29 38.96	1.722 930 41	
16	3 7 8.084	16 38 35.83	1.718 680 57	<b>Juill.</b>	1	7 7 47.908	23 23 22.74	1.721 682 43	

## VÉNUS 2008 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.	2	7	13	7.837	23	16	25.00	1.720 374 41	Août	17	11	0	35.054	7	51	39.20	1.599 868 74
	3	7	18	27.183	23	8	46.02	1.719 006 27		18	11	5	7.985	7	22	28.13	1.596 050 41
	4	7	23	45.889	23	0	26.12	1.717 578 03		19	11	9	40.245	6	53	5.25	1.592 188 04
	5	7	29	3.900	22	51	25.62	1.716 089 83		20	11	14	11.874	6	23	31.25	1.588 282 07
	6	7	34	21.167	22	41	44.86	1.714 541 89		21	11	18	42.914	5	53	46.82	1.584 332 86
	7	7	39	37.642	22	31	24.23	1.712 934 56		22	11	23	13.406	5	23	52.66	1.580 340 68
	8	7	44	53.282	22	20	24.12	1.711 268 20		23	11	27	43.392	4	53	49.44	1.576 305 76
	9	7	50	8.048	22	8	44.97	1.709 543 22		24	11	32	12.915	4	23	37.89	1.572 228 27
	10	7	55	21.901	21	56	27.22	1.707 760 05		25	11	36	42.015	3	53	18.70	1.568 108 32
	11	8	0	34.806	21	43	31.36	1.705 919 11		26	11	41	10.731	3	22	52.60	1.563 945 98
	12	8	5	46.729	21	29	57.88	1.704 020 82		27	11	45	39.102	2	52	20.31	1.559 741 31
	13	8	10	57.641	21	15	47.30	1.702 065 60		28	11	50	7.166	2	21	42.57	1.555 494 39
	14	8	16	7.511	21	1	0.16	1.700 053 85		29	11	54	34.964	1	51	0.09	1.551 205 30
	15	8	21	16.315	20	45	37.01	1.697 985 98		30	11	59	2.534	1	20	13.62	1.546 874 19
	16	8	26	24.027	20	29	38.41	1.695 862 39		31	12	3	29.916	0	49	23.88	1.542 501 28
	17	8	31	30.626	20	13	4.95	1.693 683 44		Sept.	1	12	7	57.153	0	18	31.58
18	8	36	36.093	19	55	57.21	1.691 449 50	2	12		12	24.286	-	0	12	22.54	1.533 631 21
19	8	41	40.413	19	38	15.81	1.689 160 92	3	12		16	51.356	-	0	43	17.78	1.529 134 83
20	8	46	43.571	19	20	1.35	1.686 818 00	4	12		21	18.405	-	1	14	13.41	1.524 598 15
21	8	51	45.557	19	1	14.45	1.684 421 02	5	12		25	45.474	-	1	45	8.71	1.520 021 66
22	8	56	46.365	18	41	55.74	1.681 970 21	6	12		30	12.604	-	2	16	2.95	1.515 405 91
23	9	1	45.989	18	22	5.86	1.679 465 76	7	12		34	39.836	-	2	46	55.42	1.510 751 43
24	9	6	44.429	18	1	45.44	1.676 907 81	8	12		39	7.209	-	3	17	45.40	1.506 058 79
25	9	11	41.685	17	40	55.15	1.674 296 45	9	12		43	34.765	-	3	48	32.15	1.501 328 55
26	9	16	37.761	17	19	35.66	1.671 631 73	10	12		48	2.544	-	4	19	14.96	1.496 561 29
27	9	21	32.660	16	57	47.65	1.668 913 66	11	12		52	30.586	-	4	49	53.11	1.491 757 61
28	9	26	26.389	16	35	31.82	1.666 142 21	12	12		56	58.931	-	5	20	25.87	1.486 918 10
29	9	31	18.951	16	12	48.89	1.663 317 36	13	13		1	27.622	-	5	50	52.53	1.482 043 37
30	9	36	10.354	15	49	39.58	1.660 439 11	14	13		5	56.698	-	6	21	12.36	1.477 134 01
31	9	41	0.603	15	26	4.63	1.657 507 48	15	13		10	26.202	-	6	51	24.66	1.472 190 62
Août	1	9	45	49.706	15	2	4.78	1.654 522 58	16		13	14	56.178	-	7	21	28.72
	2	9	50	37.673	14	37	40.75	1.651 484 61	17	13	19	26.668	-	7	51	23.83	1.462 203 91
	3	9	55	24.519	14	12	53.29	1.648 393 85	18	13	23	57.716	-	8	21	9.29	1.457 161 54
	4	10	0	10.259	13	47	43.13	1.645 250 70	19	13	28	29.366	-	8	50	44.39	1.452 086 99
	5	10	4	54.913	13	22	10.99	1.642 055 61	20	13	33	1.657	-	9	20	8.43	1.446 980 54
	6	10	9	38.501	12	56	17.62	1.638 809 09	21	13	37	34.631	-	9	49	20.68	1.441 842 38
	7	10	14	21.047	12	30	3.75	1.635 511 70	22	13	42	8.323	-	10	18	20.40	1.436 672 62
	8	10	19	2.575	12	3	30.11	1.632 164 01	23	13	46	42.769	-	10	47	6.85	1.431 471 33
	9	10	23	43.109	11	36	37.46	1.628 766 60	24	13	51	18.004	-	11	15	39.26	1.426 238 52
	10	10	28	22.677	11	9	26.51	1.625 320 07	25	13	55	54.061	-	11	43	56.87	1.420 974 18
	11	10	33	1.305	10	41	58.01	1.621 825 01	26	14	0	30.973	-	12	11	58.91	1.415 678 32
	12	10	37	39.023	10	14	12.69	1.618 282 02	27	14	5	8.770	-	12	39	44.61	1.410 350 95
	13	10	42	15.862	9	46	11.28	1.614 691 69	28	14	9	47.485	-	13	7	13.20	1.404 992 12
	14	10	46	51.850	9	17	54.51	1.611 054 61	29	14	14	27.145	-	13	34	23.90	1.399 601 91
	15	10	51	27.023	8	49	23.09	1.607 371 38	30	14	19	7.780	-	14	1	15.95	1.394 180 47
	16	10	56	1.412	8	20	37.75	1.603 642 57	Oct.	1	14	23	49.413	-	14	27	48.58



## VÉNUS 2008 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.	2	14	28	32.070	-14	54	1.01	1.383 244 68	Nov.	17	18	23	5.213	-25	32	23.03	1.103 042 42	
	3	14	33	15.770	-15	19	52.46	1.377 730 86		18	18	28	22.292	-25	30	35.14	1.096 421 96	
	4	14	38	0.535	-15	45	22.17	1.372 186 83		19	18	33	38.906	-25	28	3.30	1.089 782 87	
	5	14	42	46.379	-16	10	29.36	1.366 612 95		20	18	38	54.985	-25	24	47.64	1.083 125 10	
	6	14	47	33.320	-16	35	13.26	1.361 009 58		21	18	44	10.463	-25	20	48.31	1.076 448 56	
	7	14	52	21.371	-16	59	33.08	1.355 377 13		22	18	49	25.270	-25	16	5.50	1.069 753 14	
	8	14	57	10.544	-17	23	28.07	1.349 716 01		23	18	54	39.340	-25	10	39.44	1.063 038 72	
	9	15	2	0.848	-17	46	57.45	1.344 026 66		24	18	59	52.605	-25	4	30.40	1.056 305 20	
	10	15	6	52.293	-18	10	0.45	1.338 309 54		25	19	5	4.997	-24	57	38.69	1.049 552 49	
	11	15	11	44.885	-18	32	36.32	1.332 565 13		26	19	10	16.450	-24	50	4.65	1.042 780 52	
	12	15	16	38.629	-18	54	44.30	1.326 793 95		27	19	15	26.897	-24	41	48.66	1.035 989 23	
	13	15	21	33.531	-19	16	23.66	1.320 996 51		28	19	20	36.272	-24	32	51.12	1.029 178 62	
	14	15	26	29.594	-19	37	33.65	1.315 173 35		29	19	25	44.511	-24	23	12.48	1.022 348 69	
	15	15	31	26.820	-19	58	13.56	1.309 324 96		30	19	30	51.551	-24	12	53.20	1.015 499 48	
	16	15	36	25.210	-20	18	22.69	1.303 451 82		Déc.	1	19	35	57.330	-24	1	53.78	1.008 631 09
	17	15	41	24.760	-20	38	0.34	1.297 554 31			2	19	41	1.788	-23	50	14.74	1.001 743 63
18	15	46	25.466	-20	57	5.83	1.291 632 75	3	19		46	4.869	-23	37	56.64	0.994 837 25		
19	15	51	27.318	-21	15	38.47	1.285 687 32	4	19		51	6.517	-23	25	0.04	0.987 912 14		
20	15	56	30.302	-21	33	37.56	1.279 718 14	5	19		56	6.680	-23	11	25.54	0.980 968 55		
21	16	1	34.402	-21	51	2.43	1.273 725 23	6	20		1	5.309	-22	57	13.76	0.974 006 75		
22	16	6	39.598	-22	7	52.39	1.267 708 55	7	20		6	2.357	-22	42	25.33	0.967 027 08		
23	16	11	45.870	-22	24	6.77	1.261 668 02	8	20		10	57.781	-22	27	0.92	0.960 029 92		
24	16	16	53.191	-22	39	44.93	1.255 603 55	9	20		15	51.542	-22	11	1.21	0.953 015 73		
25	16	22	1.536	-22	54	46.22	1.249 515 04	10	20		20	43.601	-21	54	26.89	0.945 985 01		
26	16	27	10.873	-23	9	10.02	1.243 402 39	11	20		25	33.925	-21	37	18.67	0.938 938 32		
27	16	32	21.168	-23	22	55.76	1.237 265 55	12	20		30	22.482	-21	19	37.29	0.931 876 26		
28	16	37	32.383	-23	36	2.85	1.231 104 46	13	20		35	9.242	-21	1	23.48	0.924 799 39		
29	16	42	44.477	-23	48	30.75	1.224 919 13	14	20		39	54.179	-20	42	37.98	0.917 708 24		
30	16	47	57.403	-24	0	18.94	1.218 709 58	15	20		44	37.268	-20	23	21.53	0.910 603 25		
31	16	53	11.113	-24	11	26.92	1.212 475 89	16	20		49	18.488	-20	3	34.84	0.903 484 77		
Nov.	1	16	58	25.554	-24	21	54.21	1.206 218 16	17	20	53	57.823	-19	43	18.67	0.896 353 02		
	2	17	3	40.672	-24	31	40.37	1.199 936 55	18	20	58	35.258	-19	22	33.73	0.889 208 16		
	3	17	8	56.407	-24	40	44.98	1.193 631 23	19	21	3	10.781	-19	1	20.80	0.882 050 29		
	4	17	14	12.700	-24	49	7.63	1.187 302 40	20	21	7	44.380	-18	39	40.62	0.874 879 46		
	5	17	19	29.488	-24	56	47.97	1.180 950 32	21	21	12	16.045	-18	17	33.99	0.867 695 72		
	6	17	24	46.706	-25	3	45.66	1.174 575 24	22	21	16	45.765	-17	55	1.70	0.860 499 11		
	7	17	30	4.290	-25	10	0.39	1.168 177 48	23	21	21	13.530	-17	32	4.55	0.853 289 68		
	8	17	35	22.171	-25	15	31.89	1.161 757 38	24	21	25	39.328	-17	8	43.36	0.846 067 49		
	9	17	40	40.281	-25	20	19.93	1.155 315 32	25	21	30	3.151	-16	44	58.95	0.838 832 62		
	10	17	45	58.553	-25	24	24.30	1.148 851 73	26	21	34	24.986	-16	20	52.15	0.831 585 16		
	11	17	51	16.918	-25	27	44.84	1.142 367 06	27	21	38	44.826	-15	56	23.80	0.824 325 25		
	12	17	56	35.308	-25	30	21.41	1.135 861 82	28	21	43	2.658	-15	31	34.75	0.817 053 05		
	13	18	1	53.654	-25	32	13.94	1.129 336 49	29	21	47	18.474	-15	6	25.84	0.809 768 72		
	14	18	7	11.889	-25	33	22.37	1.122 791 54	30	21	51	32.263	-14	40	57.93	0.802 472 51		
	15	18	12	29.941	-25	33	46.69	1.116 227 36	31	21	55	44.016	-14	15	11.86	0.795 164 69		
	16	18	17	47.739	-25	33	26.90	1.109 644 25	32	21	59	53.723	-13	49	8.50	0.787 845 57		

## MARS 2008 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	6	1	5.841	26	55	31.40	0.604 601 00	Févr.	15	5	39	32.854	26	28	17.30	0.895 069 87
	1	5	59	27.500	26	56	27.55	0.607 247 04		16	5	40	19.999	26	27	30.43	0.903 981 94
	2	5	57	51.014	26	57	14.32	0.610 101 43		17	5	41	9.685	26	26	43.68	0.912 953 21
	3	5	56	16.572	26	57	52.00	0.613 162 59		18	5	42	1.850	26	25	56.94	0.921 981 26
	4	5	54	44.354	26	58	20.93	0.616 428 68		19	5	42	56.429	26	25	10.06	0.931 063 81
	5	5	53	14.533	26	58	41.46	0.619 897 64		20	5	43	53.363	26	24	22.90	0.940 198 73
	6	5	51	47.270	26	58	53.99	0.623 567 16		21	5	44	52.595	26	23	35.32	0.949 384 03
	7	5	50	22.716	26	58	58.92	0.627 434 70		22	5	45	54.070	26	22	47.16	0.958 617 78
	8	5	49	1.014	26	58	56.69	0.631 497 49		23	5	46	57.736	26	21	58.28	0.967 898 14
	9	5	47	42.293	26	58	47.72	0.635 752 54		24	5	48	3.546	26	21	8.53	0.977 223 32
	10	5	46	26.673	26	58	32.48	0.640 196 67		25	5	49	11.450	26	20	17.77	0.986 591 53
	11	5	45	14.263	26	58	11.40	0.644 826 47		26	5	50	21.404	26	19	25.85	0.996 001 04
	12	5	44	5.160	26	57	44.93	0.649 638 36		27	5	51	33.361	26	18	32.62	1.005 450 07
	13	5	42	59.450	26	57	13.53	0.654 628 58		28	5	52	47.278	26	17	37.93	1.014 936 90
14	5	41	57.207	26	56	37.64	0.659 793 26	29	5	54	3.110	26	16	41.64	1.024 459 78		
15	5	40	58.493	26	55	57.71	0.665 128 42	Mars	1	5	55	20.814	26	15	43.59	1.034 016 96	
16	5	40	3.361	26	55	14.16	0.670 629 99		2	5	56	40.348	26	14	43.63	1.043 606 70	
17	5	39	11.848	26	54	27.45	0.676 293 89		3	5	58	1.669	26	13	41.59	1.053 227 26	
18	5	38	23.982	26	53	37.97	0.682 116 07		4	5	59	24.738	26	12	37.31	1.062 876 85	
19	5	37	39.778	26	52	46.14	0.688 092 49		5	6	0	49.514	26	11	30.62	1.072 553 70	
20	5	36	59.240	26	51	52.33	0.694 219 24		6	6	2	15.958	26	10	21.36	1.082 255 97	
21	5	36	22.366	26	50	56.89	0.700 492 49		7	6	3	44.031	26	9	9.36	1.091 981 79	
22	5	35	49.143	26	50	0.15	0.706 908 56		8	6	5	13.696	26	7	54.43	1.101 729 27	
23	5	35	19.559	26	49	2.38	0.713 463 90		9	6	6	44.917	26	6	36.42	1.111 496 47	
24	5	34	53.595	26	48	3.87	0.720 155 04		10	6	8	17.658	26	5	15.16	1.121 281 46	
25	5	34	31.231	26	47	4.85	0.726 978 63	11	6	9	51.880	26	3	50.52	1.131 082 32		
26	5	34	12.447	26	46	5.55	0.733 931 33	12	6	11	27.544	26	2	22.35	1.140 897 22		
27	5	33	57.217	26	45	6.18	0.741 009 87	13	6	13	4.611	26	0	50.52	1.150 724 40		
28	5	33	45.517	26	44	6.93	0.748 210 95	14	6	14	43.037	25	59	14.92	1.160 562 23		
29	5	33	37.315	26	43	7.97	0.755 531 32	15	6	16	22.780	25	57	35.41	1.170 409 21		
30	5	33	32.581	26	42	9.46	0.762 967 71	16	6	18	3.798	25	55	51.85	1.180 263 97		
31	5	33	31.277	26	41	11.52	0.770 516 84	17	6	19	46.051	25	54	4.12	1.190 125 25		
Févr.	1	5	33	33.367	26	40	14.26	0.778 175 47	18	6	21	29.500	25	52	12.08	1.199 991 92	
	2	5	33	38.808	26	39	17.77	0.785 940 33	19	6	23	14.109	25	50	15.59	1.209 862 93	
	3	5	33	47.560	26	38	22.12	0.793 808 19	20	6	24	59.845	25	48	14.53	1.219 737 31	
	4	5	33	59.575	26	37	27.34	0.801 775 80	21	6	26	46.676	25	46	8.76	1.229 614 17	
	5	5	34	14.809	26	36	33.48	0.809 839 90	22	6	28	34.573	25	43	58.18	1.239 492 62	
	6	5	34	33.211	26	35	40.52	0.817 997 25	23	6	30	23.509	25	41	42.66	1.249 371 83	
	7	5	34	54.734	26	34	48.45	0.826 244 56	24	6	32	13.455	25	39	22.09	1.259 250 97	
	8	5	35	19.325	26	33	57.24	0.834 578 55	25	6	34	4.387	25	36	56.38	1.269 129 19	
	9	5	35	46.933	26	33	6.83	0.842 995 92	26	6	35	56.278	25	34	25.41	1.279 005 67	
	10	5	36	17.504	26	32	17.16	0.851 493 38	27	6	37	49.104	25	31	49.10	1.288 879 52	
	11	5	36	50.986	26	31	28.16	0.860 067 64	28	6	39	42.840	25	29	7.33	1.298 749 88	
	12	5	37	27.321	26	30	39.76	0.868 715 51	29	6	41	37.462	25	26	20.00	1.308 615 86	
	13	5	38	6.452	26	29	51.87	0.877 433 83	30	6	43	32.945	25	23	27.03	1.318 476 54	
	14	5	38	48.317	26	29	4.41	0.886 219 58	31	6	45	29.268	25	20	28.30	1.328 330 97	

## MARS 2008 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>Avril</b>	1	6	47	26.407	25	17	23.72	1.338 178 19	<b>Mai</b>	17	8	26	24.256	20	53	39.69	1.768 134 23
	2	6	49	24.340	25	14	13.18	1.348 017 17		18	8	28	39.670	20	45	7.19	1.776 736 54
	3	6	51	23.047	25	10	56.59	1.357 846 85		19	8	30	55.174	20	36	27.59	1.785 299 29
	4	6	53	22.508	25	7	33.83	1.367 666 10		20	8	33	10.762	20	27	40.94	1.793 822 34
	5	6	55	22.703	25	4	4.82	1.377 473 74		21	8	35	26.427	20	18	47.27	1.802 305 54
	6	6	57	23.614	25	0	29.45	1.387 268 52		22	8	37	42.163	20	9	46.60	1.810 748 71
	7	6	59	25.222	24	56	47.65	1.397 049 16		23	8	39	57.964	20	0	38.97	1.819 151 69
	8	7	1	27.507	24	52	59.36	1.406 814 36		24	8	42	13.824	19	51	24.40	1.827 514 27
	9	7	3	30.447	24	49	4.53	1.416 562 89		25	8	44	29.738	19	42	2.91	1.835 836 22
	10	7	5	34.017	24	45	3.10	1.426 293 58		26	8	46	45.702	19	32	34.54	1.844 117 26
	11	7	7	38.190	24	40	55.04	1.436 005 39		27	8	49	1.711	19	22	59.31	1.852 357 09
	12	7	9	42.942	24	36	40.31	1.445 697 38		28	8	51	17.763	19	13	17.22	1.860 555 34
	13	7	11	48.246	24	32	18.86	1.455 368 75		29	8	53	33.854	19	3	28.31	1.868 711 62
	14	7	13	54.078	24	27	50.63	1.465 018 79		30	8	55	49.983	18	53	32.57	1.876 825 43
	15	7	16	0.416	24	23	15.58	1.474 646 89		31	8	58	6.149	18	43	30.05	1.884 896 22
16	7	18	7.241	24	18	33.65	1.484 252 52	<b>Juin</b>	1	9	0	22.352	18	33	20.75	1.892 923 36	
17	7	20	14.535	24	13	44.81	1.493 835 19		2	9	2	38.591	18	23	4.71	1.900 906 15	
18	7	22	22.279	24	8	49.01	1.503 394 47		3	9	4	54.862	18	12	41.99	1.908 843 84	
19	7	24	30.459	24	3	46.21	1.512 929 95		4	9	7	11.161	18	2	12.64	1.916 735 68	
20	7	26	39.059	23	58	36.39	1.522 441 24		5	9	9	27.480	17	51	36.75	1.924 580 95	
21	7	28	48.065	23	53	19.51	1.531 927 95		6	9	11	43.812	17	40	54.37	1.932 379 02	
22	7	30	57.462	23	47	55.55	1.541 389 68		7	9	14	0.147	17	30	5.58	1.940 129 37	
23	7	33	7.237	23	42	24.48	1.550 826 04		8	9	16	16.479	17	19	10.43	1.947 831 59	
24	7	35	17.376	23	36	46.28	1.560 236 61		9	9	18	32.801	17	8	8.99	1.955 485 40	
25	7	37	27.865	23	31	0.93	1.569 620 94		10	9	20	49.112	16	57	1.31	1.963 090 60	
26	7	39	38.691	23	25	8.41	1.578 978 57	11	9	23	5.407	16	45	47.43	1.970 647 08		
27	7	41	49.841	23	19	8.68	1.588 309 02	12	9	25	21.685	16	34	27.43	1.978 154 76		
28	7	44	1.304	23	13	1.73	1.597 611 75	13	9	27	37.944	16	23	1.35	1.985 613 61		
29	7	46	13.068	23	6	47.52	1.606 886 20	14	9	29	54.182	16	11	29.25	1.993 023 61		
30	7	48	25.121	23	0	26.03	1.616 131 77	15	9	32	10.399	15	59	51.19	2.000 384 76		
<b>Mai</b>	1	7	50	37.454	22	53	57.24	1.625 347 79	16	9	34	26.593	15	48	7.24	2.007 697 09	
	2	7	52	50.057	22	47	21.10	1.634 533 53	17	9	36	42.762	15	36	17.45	2.014 960 60	
	3	7	55	2.922	22	40	37.59	1.643 688 18	18	9	38	58.907	15	24	21.89	2.022 175 33	
	4	7	57	16.041	22	33	46.70	1.652 810 88	19	9	41	15.025	15	12	20.61	2.029 341 27	
	5	7	59	29.407	22	26	48.41	1.661 900 68	20	9	43	31.117	15	0	13.67	2.036 458 42	
	6	8	1	43.008	22	19	42.74	1.670 956 64	21	9	45	47.181	14	48	1.12	2.043 526 78	
	7	8	3	56.834	22	12	29.70	1.679 977 79	22	9	48	3.219	14	35	43.03	2.050 546 28	
	8	8	6	10.868	22	5	9.32	1.688 963 27	23	9	50	19.231	14	23	19.43	2.057 516 84	
	9	8	8	25.097	21	57	41.64	1.697 912 28	24	9	52	35.218	14	10	50.37	2.064 438 33	
	10	8	10	39.502	21	50	6.68	1.706 824 18	25	9	54	51.183	13	58	15.89	2.071 310 58	
11	8	12	54.070	21	42	24.46	1.715 698 43	26	9	57	7.129	13	45	36.03	2.078 133 35		
12	8	15	8.787	21	34	35.00	1.724 534 59	27	9	59	23.059	13	32	50.84	2.084 906 32		
13	8	17	23.642	21	26	38.32	1.733 332 32	28	10	1	38.979	13	20	0.35	2.091 629 13		
14	8	19	38.624	21	18	34.42	1.742 091 36	29	10	3	54.892	13	7	4.61	2.098 301 33		
15	8	21	53.726	21	10	23.34	1.750 811 48	30	10	6	10.802	12	54	3.69	2.104 922 37		
16	8	24	8.939	21	2	5.09	1.759 492 49	<b>Juill.</b>	1	10	8	26.710	12	40	57.64	2.111 491 70	

## MARS 2008 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>	2	10	10	42.616	12	27	46.55	2.118 008 70	<b>Août</b>	17	11	55	23.891	1	12	25.63	2.358 959 12	
	3	10	12	58.518	12	14	30.51	2.124 472 78		18	11	57	42.549	0	56	44.00	2.362 892 93	
	4	10	15	14.413	12	1	9.60	2.130 883 41		19	12	0	1.374	0	41	1.13	2.366 772 07	
	5	10	17	30.299	11	47	43.93	2.137 240 15		20	12	2	20.375	0	25	17.07	2.370 596 66	
	6	10	19	46.175	11	34	13.55	2.143 542 68		21	12	4	39.560	0	9	31.90	2.374 366 74	
	7	10	22	2.041	11	20	38.56	2.149 790 79		22	12	6	58.939	-	0	6	14.31	2.378 082 27
	8	10	24	17.898	11	6	59.02	2.155 984 34		23	12	9	18.520	-	0	22	1.50	2.381 743 13
	9	10	26	33.748	10	53	15.01	2.162 123 31		24	12	11	38.313	-	0	37	49.58	2.385 349 13
	10	10	28	49.594	10	39	26.59	2.168 207 72		25	12	13	58.323	-	0	53	38.46	2.388 900 01
	11	10	31	5.438	10	25	33.85	2.174 237 62		26	12	16	18.556	-	1	9	28.05	2.392 395 45
	12	10	33	21.282	10	11	36.86	2.180 213 11		27	12	18	39.016	-	1	25	18.24	2.395 835 11
	13	10	35	37.129	9	57	35.70	2.186 134 29		28	12	20	59.708	-	1	41	8.92	2.399 218 63
	14	10	37	52.980	9	43	30.44	2.192 001 29		29	12	23	20.636	-	1	56	59.96	2.402 545 68
	15	10	40	8.839	9	29	21.16	2.197 814 23		30	12	25	41.805	-	2	12	51.27	2.405 815 99
	16	10	42	24.707	9	15	7.94	2.203 573 27		31	12	28	3.220	-	2	28	42.73	2.409 029 34
	17	10	44	40.587	9	0	50.84	2.209 278 53		<b>Sept.</b>	1	12	30	24.888	-	2	44	34.24
18	10	46	56.481	8	46	29.95	2.214 930 17	2	12		32	46.815	-	3	0	25.69	2.415 284 78	
19	10	49	12.394	8	32	5.34	2.220 528 29	3	12		35	9.007	-	3	16	16.98	2.418 326 87	
20	10	51	28.329	8	17	37.06	2.226 073 00	4	12		37	31.470	-	3	32	8.01	2.421 312 01	
21	10	53	44.289	8	3	5.18	2.231 564 37	5	12		39	54.211	-	3	47	58.66	2.424 240 35	
22	10	56	0.281	7	48	29.77	2.237 002 43	6	12		42	17.233	-	4	3	48.82	2.427 112 13	
23	10	58	16.312	7	33	50.86	2.242 387 13	7	12		44	40.542	-	4	19	38.40	2.429 927 58	
24	11	0	32.387	7	19	8.52	2.247 718 38	8	12		47	4.144	-	4	35	27.26	2.432 686 98	
25	11	2	48.514	7	4	22.80	2.252 996 02	9	12		49	28.043	-	4	51	15.30	2.435 390 64	
26	11	5	4.701	6	49	33.75	2.258 219 81	10	12		51	52.245	-	5	7	2.42	2.438 038 87	
27	11	7	20.953	6	34	41.44	2.263 389 43	11	12		54	16.754	-	5	22	48.48	2.440 632 03	
28	11	9	37.278	6	19	45.94	2.268 504 50	12	12		56	41.577	-	5	38	33.39	2.443 170 46	
29	11	11	53.679	6	4	47.32	2.273 564 57	13	12		59	6.720	-	5	54	17.03	2.445 654 53	
30	11	14	10.159	5	49	45.69	2.278 569 19	14	13		1	32.190	-	6	9	59.29	2.448 084 63	
31	11	16	26.719	5	34	41.13	2.283 517 87	15	13		3	57.995	-	6	25	40.08	2.450 461 09	
<b>Août</b>	1	11	18	43.361	5	19	33.76	2.288 410 18	16		13	6	24.144	-	6	41	19.29	2.452 784 26
	2	11	21	0.088	5	4	23.66	2.293 245 76	17	13	8	50.647	-	6	56	56.83	2.455 054 39	
	3	11	23	16.900	4	49	10.93	2.298 024 33	18	13	11	17.514	-	7	12	32.62	2.457 271 69	
	4	11	25	33.804	4	33	55.65	2.302 745 73	19	13	13	44.756	-	7	28	6.55	2.459 436 25	
	5	11	27	50.803	4	18	37.92	2.307 409 87	20	13	16	12.381	-	7	43	38.54	2.461 548 11	
	6	11	30	7.902	4	3	17.82	2.312 016 77	21	13	18	40.397	-	7	59	8.48	2.463 607 19	
	7	11	32	25.106	3	47	55.43	2.316 566 50	22	13	21	8.810	-	8	14	36.24	2.465 613 34	
	8	11	34	42.419	3	32	30.84	2.321 059 18	23	13	23	37.626	-	8	30	1.70	2.467 566 36	
	9	11	36	59.846	3	17	4.15	2.325 494 98	24	13	26	6.851	-	8	45	24.73	2.469 466 04	
	10	11	39	17.392	3	1	35.44	2.329 874 07	25	13	28	36.489	-	9	0	45.19	2.471 312 14	
	11	11	41	35.060	2	46	4.81	2.334 196 68	26	13	31	6.546	-	9	16	2.95	2.473 104 43	
	12	11	43	52.855	2	30	32.35	2.338 463 00	27	13	33	37.029	-	9	31	17.87	2.474 842 76	
	13	11	46	10.781	2	14	58.14	2.342 673 30	28	13	36	7.944	-	9	46	29.81	2.476 526 99	
	14	11	48	28.842	1	59	22.27	2.346 827 81	29	13	38	39.298	-	10	1	38.64	2.478 157 06	
	15	11	50	47.044	1	43	44.84	2.350 926 78	30	13	41	11.098	-	10	16	44.24	2.479 733 00	
	16	11	53	5.392	1	28	5.94	2.354 970 47	<b>Oct.</b>	1	13	43	43.349	-	10	31	46.47	2.481 254 89

## MARS 2008 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.	2	13	46	16.057	-10	46	45.20	2.482 722 89	Nov.	17	15	52	57.233	-20	31	16.49	2.497 020 84	
	3	13	48	49.226	-11	1	40.30	2.484 137 22		18	15	55	56.208	-20	40	44.96	2.496 276 89	
	4	13	51	22.862	-11	16	31.62	2.485 498 13		19	15	58	55.779	-20	50	2.64	2.495 493 32	
	5	13	53	56.968	-11	31	19.02	2.486 805 94		20	16	1	55.943	-20	59	9.35	2.494 670 11	
	6	13	56	31.548	-11	46	2.37	2.488 061 00		21	16	4	56.699	-21	8	4.93	2.493 807 28	
	7	13	59	6.607	-12	0	41.52	2.489 263 67		22	16	7	58.045	-21	16	49.22	2.492 904 83	
	8	14	1	42.148	-12	15	16.33	2.490 414 37		23	16	10	59.977	-21	25	22.05	2.491 962 83	
	9	14	4	18.176	-12	29	46.65	2.491 513 51		24	16	14	2.492	-21	33	43.27	2.490 981 40	
	10	14	6	54.697	-12	44	12.33	2.492 561 56		25	16	17	5.584	-21	41	52.73	2.489 960 70	
	11	14	9	31.714	-12	58	33.24	2.493 559 00		26	16	20	9.248	-21	49	50.28	2.488 900 92	
	12	14	12	9.235	-13	12	49.23	2.494 506 31		27	16	23	13.477	-21	57	35.77	2.487 802 32	
	13	14	14	47.265	-13	27	0.17	2.495 404 01		28	16	26	18.263	-22	5	9.05	2.486 665 22	
	14	14	17	25.814	-13	41	5.93	2.496 252 57		29	16	29	23.598	-22	12	29.98	2.485 489 96	
	15	14	20	4.890	-13	55	6.38	2.497 052 44		30	16	32	29.472	-22	19	38.39	2.484 276 95	
	16	14	22	44.502	-14	9	1.40	2.497 804 00		Déc.	1	16	35	35.877	-22	26	34.16	2.483 026 64
	17	14	25	24.656	-14	22	50.86	2.498 507 52			2	16	38	42.802	-22	33	17.12	2.481 739 51
18	14	28	5.361	-14	36	34.65	2.499 163 19	3	16		41	50.238	-22	39	47.13	2.480 416 10		
19	14	30	46.621	-14	50	12.61	2.499 771 07	4	16		44	58.176	-22	46	4.05	2.479 056 97		
20	14	33	28.439	-15	3	44.60	2.500 331 17	5	16		48	6.606	-22	52	7.73	2.477 662 71		
21	14	36	10.820	-15	17	10.45	2.500 843 39	6	16		51	15.520	-22	57	58.04	2.476 233 98		
22	14	38	53.768	-15	30	30.00	2.501 307 64	7	16		54	24.910	-23	3	34.85	2.474 771 43		
23	14	41	37.285	-15	43	43.08	2.501 723 78	8	16		57	34.767	-23	8	58.02	2.473 275 77		
24	14	44	21.377	-15	56	49.54	2.502 091 74	9	17		0	45.085	-23	14	7.44	2.471 747 72		
25	14	47	6.048	-16	9	49.20	2.502 411 43	10	17		3	55.856	-23	19	3.00	2.470 187 99		
26	14	49	51.302	-16	22	41.91	2.502 682 83	11	17		7	7.072	-23	23	44.60	2.468 597 30		
27	14	52	37.143	-16	35	27.51	2.502 905 97	12	17		10	18.725	-23	28	12.12	2.466 976 26		
28	14	55	23.574	-16	48	5.84	2.503 080 95	13	17		13	30.805	-23	32	25.49	2.465 325 42		
29	14	58	10.598	-17	0	36.75	2.503 207 90	14	17		16	43.300	-23	36	24.57	2.463 645 19		
30	15	0	58.217	-17	13	0.07	2.503 287 03	15	17		19	56.197	-23	40	9.27	2.461 935 87		
31	15	3	46.430	-17	25	15.65	2.503 318 62	16	17		23	9.486	-23	43	39.45	2.460 197 62		
Nov.	1	15	6	35.239	-17	37	23.32	2.503 302 98	17	17	26	23.155	-23	46	55.00	2.458 430 57		
	2	15	9	24.642	-17	49	22.92	2.503 240 48	18	17	29	37.195	-23	49	55.80	2.456 634 76		
	3	15	12	14.641	-18	1	14.27	2.503 131 52	19	17	32	51.595	-23	52	41.75	2.454 810 26		
	4	15	15	5.234	-18	12	57.22	2.502 976 54	20	17	36	6.344	-23	55	12.75	2.452 957 15		
	5	15	17	56.420	-18	24	31.60	2.502 776 02	21	17	39	21.431	-23	57	28.73	2.451 075 53		
	6	15	20	48.200	-18	35	57.23	2.502 530 47	22	17	42	36.843	-23	59	29.60	2.449 165 55		
	7	15	23	40.574	-18	47	13.95	2.502 240 44	23	17	45	52.565	-24	1	15.28	2.447 227 39		
	8	15	26	33.541	-18	58	21.59	2.501 906 49	24	17	49	8.582	-24	2	45.72	2.445 261 28		
	9	15	29	27.103	-19	9	19.99	2.501 529 23	25	17	52	24.880	-24	4	0.84	2.443 267 49		
	10	15	32	21.261	-19	20	8.99	2.501 109 28	26	17	55	41.442	-24	5	0.58	2.441 246 32		
	11	15	35	16.017	-19	30	48.45	2.500 647 27	27	17	58	58.251	-24	5	44.89	2.439 198 13		
	12	15	38	11.376	-19	41	18.20	2.500 143 80	28	18	2	15.290	-24	6	13.71	2.437 123 30		
	13	15	41	7.338	-19	51	38.11	2.499 599 44	29	18	5	32.542	-24	6	26.99	2.435 022 28		
	14	15	44	3.906	-20	1	48.05	2.499 014 66	30	18	8	49.989	-24	6	24.69	2.432 895 53		
	15	15	47	1.080	-20	11	47.86	2.498 389 82	31	18	12	7.615	-24	6	6.74	2.430 743 59		
	16	15	49	58.856	-20	21	37.40	2.497 725 17	32	18	15	25.404	-24	5	33.12	2.428 567 00		

## JUPITER 2008 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	18	12	7.908	-23	14	25.30	6.224 695 27	Févr.	15	18	55	32.799	-22	43	19.23	5.911 650 59
	1	18	13	7.671	-23	14	12.64	6.222 498 27		16	18	56	23.823	-22	42	16.28	5.900 458 32
	2	18	14	7.393	-23	13	58.54	6.220 085 50		17	18	57	14.506	-22	41	12.80	5.889 106 82
	3	18	15	7.067	-23	13	43.00	6.217 457 01		18	18	58	4.837	-22	40	8.83	5.877 598 22
	4	18	16	6.688	-23	13	26.05	6.214 612 94		19	18	58	54.811	-22	39	4.40	5.865 934 61
	5	18	17	6.249	-23	13	7.70	6.211 553 50		20	18	59	44.419	-22	37	59.52	5.854 118 01
	6	18	18	5.742	-23	12	47.95	6.208 278 96		21	19	0	33.657	-22	36	54.21	5.842 150 39
	7	18	19	5.159	-23	12	26.83	6.204 789 70		22	19	1	22.519	-22	35	48.48	5.830 033 67
	8	18	20	4.493	-23	12	4.35	6.201 086 14		23	19	2	11.000	-22	34	42.37	5.817 769 80
	9	18	21	3.734	-23	11	40.52	6.197 168 85		24	19	2	59.096	-22	33	35.89	5.805 360 70
	10	18	22	2.874	-23	11	15.35	6.193 038 46		25	19	3	46.801	-22	32	29.09	5.792 808 35
	11	18	23	1.906	-23	10	48.83	6.188 695 75		26	19	4	34.111	-22	31	22.00	5.780 114 77
	12	18	24	0.822	-23	10	20.98	6.184 141 58		27	19	5	21.018	-22	30	14.65	5.767 282 03
	13	18	24	59.615	-23	9	51.79	6.179 376 92		28	19	6	7.516	-22	29	7.09	5.754 312 29
14	18	25	58.281	-23	9	21.28	6.174 402 86	29	19	6	53.598	-22	27	59.36	5.741 207 75		
15	18	26	56.813	-23	8	49.45	6.169 220 55	Mars	1	19	7	39.255	-22	26	51.50	5.727 970 68	
16	18	27	55.209	-23	8	16.31	6.163 831 20		2	19	8	24.480	-22	25	43.56	5.714 603 43	
17	18	28	53.464	-23	7	41.91	6.158 236 10		3	19	9	9.264	-22	24	35.57	5.701 108 42	
18	18	29	51.572	-23	7	6.25	6.152 436 51		4	19	9	53.597	-22	23	27.57	5.687 488 18	
19	18	30	49.528	-23	6	29.37	6.146 433 71		5	19	10	37.472	-22	22	19.60	5.673 745 30	
20	18	31	47.324	-23	5	51.31	6.140 228 93		6	19	11	20.879	-22	21	11.68	5.659 882 51	
21	18	32	44.953	-23	5	12.07	6.133 823 33		7	19	12	3.811	-22	20	3.85	5.645 902 64	
22	18	33	42.407	-23	4	31.68	6.127 217 99		8	19	12	46.261	-22	18	56.13	5.631 808 66	
23	18	34	39.678	-23	3	50.15	6.120 413 93		9	19	13	28.223	-22	17	48.56	5.617 603 65	
24	18	35	36.760	-23	3	7.47	6.113 412 09		10	19	14	9.692	-22	16	41.16	5.603 290 78	
25	18	36	33.648	-23	2	23.66	6.106 213 37	11	19	14	50.663	-22	15	33.97	5.588 873 31		
26	18	37	30.337	-23	1	38.71	6.098 818 68	12	19	15	31.132	-22	14	27.05	5.574 354 54		
27	18	38	26.822	-23	0	52.65	6.091 228 94	13	19	16	11.092	-22	13	20.45	5.559 737 74		
28	18	39	23.100	-23	0	5.49	6.083 445 10	14	19	16	50.536	-22	12	14.22	5.545 026 16		
29	18	40	19.165	-22	59	17.26	6.075 468 16	15	19	17	29.456	-22	11	8.40	5.530 223 00		
30	18	41	15.011	-22	58	27.97	6.067 299 20	16	19	18	7.844	-22	10	3.04	5.515 331 39		
31	18	42	10.632	-22	57	37.67	6.058 939 35	17	19	18	45.692	-22	8	58.16	5.500 354 38		
Févr.	1	18	43	6.022	-22	56	46.38	6.050 389 80	18	19	19	22.993	-22	7	53.79	5.485 294 96	
	2	18	44	1.172	-22	55	54.13	6.041 651 82	19	19	19	59.742	-22	6	49.96	5.470 156 09	
	3	18	44	56.075	-22	55	0.94	6.032 726 76	20	19	20	35.933	-22	5	46.69	5.454 940 67	
	4	18	45	50.723	-22	54	6.86	6.023 616 04	21	19	21	11.560	-22	4	44.00	5.439 651 58	
	5	18	46	45.107	-22	53	11.90	6.014 321 15	22	19	21	46.620	-22	3	41.93	5.424 291 70	
	6	18	47	39.218	-22	52	16.10	6.004 843 72	23	19	22	21.108	-22	2	40.51	5.408 863 93	
	7	18	48	33.049	-22	51	19.47	5.995 185 45	24	19	22	55.017	-22	1	39.77	5.393 371 18	
	8	18	49	26.591	-22	50	22.03	5.985 348 18	25	19	23	28.343	-22	0	39.77	5.377 816 43	
	9	18	50	19.837	-22	49	23.80	5.975 333 84	26	19	24	1.079	-21	59	40.54	5.362 202 69	
	10	18	51	12.781	-22	48	24.80	5.965 144 51	27	19	24	33.217	-21	58	42.13	5.346 533 06	
	11	18	52	5.417	-22	47	25.05	5.954 782 35	28	19	25	4.750	-21	57	44.58	5.330 810 67	
	12	18	52	57.743	-22	46	24.58	5.944 249 58	29	19	25	35.670	-21	56	47.94	5.315 038 75	
	13	18	53	49.752	-22	45	23.43	5.933 548 50	30	19	26	5.969	-21	55	52.25	5.299 220 58	
	14	18	54	41.439	-22	44	21.63	5.922 681 41	31	19	26	35.638	-21	54	57.55	5.283 359 52	

## JUPITER 2008 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>Avril</b>	1	19	27	4.669	-21	54	3.87	5.267 459 02	<b>Mai</b>	17	19	36	18.033	-21	39	37.30	4.561 425 89
	2	19	27	33.054	-21	53	11.25	5.251 522 64		18	19	36	11.737	-21	40	0.21	4.548 175 02
	3	19	28	0.784	-21	52	19.73	5.235 554 02		19	19	36	4.656	-21	40	24.94	4.535 080 63
	4	19	28	27.853	-21	51	29.32	5.219 556 92		20	19	35	56.792	-21	40	51.47	4.522 146 68
	5	19	28	54.255	-21	50	40.05	5.203 535 25		21	19	35	48.148	-21	41	19.80	4.509 377 11
	6	19	29	19.985	-21	49	51.96	5.187 493 02		22	19	35	38.726	-21	41	49.91	4.496 775 87
	7	19	29	45.038	-21	49	5.07	5.171 434 33		23	19	35	28.530	-21	42	21.80	4.484 346 96
	8	19	30	9.411	-21	48	19.44	5.155 363 37		24	19	35	17.562	-21	42	55.45	4.472 094 37
	9	19	30	33.099	-21	47	35.09	5.139 284 34		25	19	35	5.825	-21	43	30.83	4.460 022 13
	10	19	30	56.096	-21	46	52.10	5.123 201 40		26	19	34	53.323	-21	44	7.94	4.448 134 30
	11	19	31	18.395	-21	46	10.49	5.107 118 66		27	19	34	40.060	-21	44	46.72	4.436 434 97
	12	19	31	39.987	-21	45	30.30	5.091 040 14		28	19	34	26.042	-21	45	27.17	4.424 928 28
	13	19	32	0.868	-21	44	51.57	5.074 969 78		29	19	34	11.275	-21	46	9.23	4.413 618 38
	14	19	32	21.030	-21	44	14.30	5.058 911 42		30	19	33	55.767	-21	46	52.87	4.402 509 48
	15	19	32	40.469	-21	43	38.52	5.042 868 86		31	19	33	39.527	-21	47	38.06	4.391 605 83
16	19	32	59.182	-21	43	4.23	5.026 845 84	<b>Juin</b>	1	19	33	22.565	-21	48	24.75	4.380 911 69	
17	19	33	17.164	-21	42	31.46	5.010 846 05		2	19	33	4.893	-21	49	12.93	4.370 431 34	
18	19	33	34.413	-21	42	0.22	4.994 873 20		3	19	32	46.522	-21	50	2.56	4.360 169 00	
19	19	33	50.926	-21	41	30.53	4.978 930 98		4	19	32	27.461	-21	50	53.62	4.350 128 83	
20	19	34	6.698	-21	41	2.43	4.963 023 09		5	19	32	7.720	-21	51	46.09	4.340 314 80	
21	19	34	21.727	-21	40	35.93	4.947 153 26		6	19	31	47.308	-21	52	39.92	4.330 730 72	
22	19	34	36.008	-21	40	11.06	4.931 325 25		7	19	31	26.237	-21	53	35.08	4.321 380 20	
23	19	34	49.536	-21	39	47.87	4.915 542 88		8	19	31	4.517	-21	54	31.48	4.312 266 62	
24	19	35	2.306	-21	39	26.36	4.899 810 00		9	19	30	42.164	-21	55	29.08	4.303 393 19	
25	19	35	14.313	-21	39	6.59	4.884 130 54		10	19	30	19.193	-21	56	27.81	4.294 762 98	
26	19	35	25.551	-21	38	48.56	4.868 508 47	11	19	29	55.621	-21	57	27.60	4.286 378 94		
27	19	35	36.014	-21	38	32.32	4.852 947 83	12	19	29	31.462	-21	58	28.40	4.278 243 89		
28	19	35	45.697	-21	38	17.86	4.837 452 73	13	19	29	6.735	-21	59	30.16	4.270 360 59		
29	19	35	54.594	-21	38	5.22	4.822 027 37	14	19	28	41.455	-22	0	32.84	4.262 731 72		
30	19	36	2.701	-21	37	54.40	4.806 676 00	15	19	28	15.639	-22	1	36.38	4.255 359 88		
<b>Mai</b>	1	19	36	10.013	-21	37	45.41	4.791 402 99	16	19	27	49.303	-22	2	40.74	4.248 247 62	
	2	19	36	16.528	-21	37	38.27	4.776 212 79	17	19	27	22.462	-22	3	45.87	4.241 397 40	
	3	19	36	22.244	-21	37	32.96	4.761 109 96	18	19	26	55.134	-22	4	51.73	4.234 811 66	
	4	19	36	27.160	-21	37	29.50	4.746 099 16	19	19	26	27.333	-22	5	58.27	4.228 492 76	
	5	19	36	31.277	-21	37	27.91	4.731 185 12	20	19	25	59.076	-22	7	5.45	4.222 443 01	
	6	19	36	34.594	-21	37	28.19	4.716 372 62	21	19	25	30.379	-22	8	13.20	4.216 664 70	
	7	19	36	37.110	-21	37	30.38	4.701 666 41	22	19	25	1.259	-22	9	21.48	4.211 160 06	
	8	19	36	38.823	-21	37	34.49	4.687 071 18	23	19	24	31.734	-22	10	30.23	4.205 931 28	
	9	19	36	39.732	-21	37	40.54	4.672 591 51	24	19	24	1.822	-22	11	39.39	4.200 980 54	
	10	19	36	39.833	-21	37	48.52	4.658 231 85	25	19	23	31.542	-22	12	48.89	4.196 309 95	
	11	19	36	39.127	-21	37	58.43	4.643 996 52	26	19	23	0.915	-22	13	58.68	4.191 921 61	
	12	19	36	37.614	-21	38	10.25	4.629 889 72	27	19	22	29.964	-22	15	8.69	4.187 817 55	
	13	19	36	35.295	-21	38	23.95	4.615 915 57	28	19	21	58.711	-22	16	18.87	4.183 999 76	
	14	19	36	32.175	-21	38	39.52	4.602 078 13	29	19	21	27.179	-22	17	29.17	4.180 470 16	
	15	19	36	28.255	-21	38	56.94	4.588 381 39	30	19	20	55.392	-22	18	39.54	4.177 230 56	
	16	19	36	23.540	-21	39	16.21	4.574 829 33	<b>Juill.</b> 1	19	20	23.373	-22	19	49.94	4.174 282 65	

## JUPITER 2008 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>	2	19	19	51.143	-22	21	0.34	4.171 627 91	<b>Août</b>	17	18	57	56.654	-23	2	42.44	4.358 304 66
	3	19	19	18.725	-22	22	10.68	4.169 267 62		18	18	57	39.373	-23	3	11.99	4.368 386 04
	4	19	18	46.140	-22	23	20.91	4.167 202 79		19	18	57	22.817	-23	3	40.33	4.378 675 13
	5	19	18	13.410	-22	24	30.97	4.165 434 13		20	18	57	6.995	-23	4	7.47	4.389 168 37
	6	19	17	40.560	-22	25	40.79	4.163 962 14		21	18	56	51.920	-23	4	33.41	4.399 862 19
	7	19	17	7.615	-22	26	50.30	4.162 787 06		22	18	56	37.600	-23	4	58.14	4.410 753 02
	8	19	16	34.601	-22	27	59.43	4.161 908 94		23	18	56	24.046	-23	5	21.70	4.421 837 25
	9	19	16	1.545	-22	29	8.13	4.161 327 67		24	18	56	11.267	-23	5	44.08	4.433 111 20
	10	19	15	28.472	-22	30	16.36	4.161 043 00		25	18	55	59.270	-23	6	5.31	4.444 571 12
	11	19	14	55.406	-22	31	24.07	4.161 054 59		26	18	55	48.061	-23	6	25.39	4.456 213 12
	12	19	14	22.374	-22	32	31.21	4.161 361 95		27	18	55	37.645	-23	6	44.33	4.468 033 20
	13	19	13	49.397	-22	33	37.76	4.161 964 53		28	18	55	28.027	-23	7	2.14	4.480 027 21
	14	19	13	16.500	-22	34	43.69	4.162 861 66		29	18	55	19.211	-23	7	18.80	4.492 190 85
	15	19	12	43.705	-22	35	48.96	4.164 052 60		30	18	55	11.203	-23	7	34.30	4.504 519 71
	16	19	12	11.033	-22	36	53.53	4.165 536 50		31	18	55	4.009	-23	7	48.62	4.517 009 25
	17	19	11	38.507	-22	37	57.39	4.167 312 46		<b>Sept.</b>	1	18	54	57.635	-23	8	1.75
18	19	11	6.146	-22	39	0.50	4.169 379 49	2	18		54	52.087	-23	8	13.70	4.542 451 82	
19	19	10	33.973	-22	40	2.82	4.171 736 57	3	18		54	47.369	-23	8	24.47	4.555 395 51	
20	19	10	2.007	-22	41	4.32	4.174 382 58	4	18		54	43.485	-23	8	34.05	4.568 481 23	
21	19	9	30.271	-22	42	4.97	4.177 316 40	5	18		54	40.436	-23	8	42.47	4.581 704 32	
22	19	8	58.787	-22	43	4.72	4.180 536 82	6	18		54	38.225	-23	8	49.74	4.595 060 16	
23	19	8	27.575	-22	44	3.55	4.184 042 62	7	18		54	36.850	-23	8	55.86	4.608 544 18	
24	19	7	56.661	-22	45	1.43	4.187 832 50	8	18		54	36.312	-23	9	0.84	4.622 151 82	
25	19	7	26.067	-22	45	58.32	4.191 905 10	9	18		54	36.609	-23	9	4.69	4.635 878 61	
26	19	6	55.816	-22	46	54.21	4.196 258 98	10	18		54	37.739	-23	9	7.42	4.649 720 10	
27	19	6	25.931	-22	47	49.08	4.200 892 60	11	18	54	39.699	-23	9	9.02	4.663 671 90		
28	19	5	56.434	-22	48	42.93	4.205 804 30	12	18	54	42.487	-23	9	9.50	4.677 729 69		
29	19	5	27.345	-22	49	35.75	4.210 992 25	13	18	54	46.100	-23	9	8.85	4.691 889 21		
30	19	4	58.684	-22	50	27.53	4.216 454 43	14	18	54	50.535	-23	9	7.06	4.706 146 29		
31	19	4	30.470	-22	51	18.26	4.222 188 60	15	18	54	55.790	-23	9	4.14	4.720 496 84		
<b>Août</b>	1	19	4	2.720	-22	52	7.91	4.228 192 30	16	18	55	1.865	-23	9	0.06	4.734 936 86	
	2	19	3	35.454	-22	52	56.45	4.234 462 82	17	18	55	8.757	-23	8	54.82	4.749 462 40	
	3	19	3	8.691	-22	53	43.85	4.240 997 25	18	18	55	16.468	-23	8	48.43	4.764 069 59	
	4	19	2	42.452	-22	54	30.09	4.247 792 49	19	18	55	24.995	-23	8	40.88	4.778 754 57	
	5	19	2	16.757	-22	55	15.14	4.254 845 33	20	18	55	34.337	-23	8	32.19	4.793 513 47	
	6	19	1	51.625	-22	55	59.00	4.262 152 41	21	18	55	44.490	-23	8	22.37	4.808 342 39	
	7	19	1	27.074	-22	56	41.65	4.269 710 33	22	18	55	55.451	-23	8	11.42	4.823 237 35	
	8	19	1	3.120	-22	57	23.09	4.277 515 62	23	18	56	7.215	-23	7	59.35	4.838 194 29	
	9	19	0	39.780	-22	58	3.34	4.285 564 75	24	18	56	19.776	-23	7	46.14	4.853 209 07	
	10	19	0	17.067	-22	58	42.38	4.293 854 17	25	18	56	33.130	-23	7	31.78	4.868 277 45	
	11	18	59	54.995	-22	59	20.23	4.302 380 30	26	18	56	47.273	-23	7	16.25	4.883 395 12	
	12	18	59	33.576	-22	59	56.90	4.311 139 53	27	18	57	2.200	-23	6	59.53	4.898 557 68	
	13	18	59	12.822	-23	0	32.37	4.320 128 22	28	18	57	17.910	-23	6	41.60	4.913 760 72	
	14	18	58	52.742	-23	1	6.67	4.329 342 72	29	18	57	34.400	-23	6	22.44	4.928 999 80	
	15	18	58	33.348	-23	1	39.78	4.338 779 38	30	18	57	51.665	-23	6	2.05	4.944 270 46	
	16	18	58	14.649	-23	2	11.70	4.348 434 57	<b>Oct.</b>	1	18	58	9.703	-23	5	40.43	4.959 568 31



## JUPITER 2008 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.	2	18	58	28.507	-23	5	17.56	4.974 888 98	Nov.	17	19	24	37.108	-22	23	4.85	5.640 943 68	
	3	18	58	48.073	-23	4	53.45	4.990 228 16		18	19	25	23.693	-22	21	33.83	5.653 360 69	
	4	18	59	8.393	-23	4	28.11	5.005 581 64		19	19	26	10.683	-22	20	1.14	5.665 645 96	
	5	18	59	29.460	-23	4	1.52	5.020 945 24		20	19	26	58.072	-22	18	26.78	5.677 796 92	
	6	18	59	51.266	-23	3	33.70	5.036 314 88		21	19	27	45.854	-22	16	50.71	5.689 810 93	
	7	19	0	13.802	-23	3	4.63	5.051 686 57		22	19	28	34.024	-22	15	12.91	5.701 685 35	
	8	19	0	37.062	-23	2	34.31	5.067 056 37		23	19	29	22.577	-22	13	33.39	5.713 417 57	
	9	19	1	1.035	-23	2	2.73	5.082 420 43		24	19	30	11.507	-22	11	52.13	5.725 004 97	
	10	19	1	25.714	-23	1	29.87	5.097 775 00		25	19	31	0.807	-22	10	9.13	5.736 445 00	
	11	19	1	51.091	-23	0	55.73	5.113 116 42		26	19	31	50.470	-22	8	24.39	5.747 735 15	
	12	19	2	17.158	-23	0	20.27	5.128 441 12		27	19	32	40.488	-22	6	37.93	5.758 872 98	
	13	19	2	43.908	-22	59	43.50	5.143 745 64		28	19	33	30.855	-22	4	49.73	5.769 856 11	
	14	19	3	11.337	-22	59	5.39	5.159 026 65		29	19	34	21.559	-22	2	59.81	5.780 682 24	
	15	19	3	39.437	-22	58	25.92	5.174 280 86		30	19	35	12.594	-22	1	8.18	5.791 349 16	
	16	19	4	8.205	-22	57	45.10	5.189 505 11		Déc.	1	19	36	3.950	-21	59	14.82	5.801 854 72
	17	19	4	37.636	-22	57	2.92	5.204 696 23			2	19	36	55.617	-21	57	19.75	5.812 196 88
18	19	5	7.721	-22	56	19.39	5.219 851 06	3	19		37	47.587	-21	55	22.97	5.822 373 68		
19	19	5	38.453	-22	55	34.51	5.234 966 39	4	19		38	39.852	-21	53	24.46	5.832 383 25		
20	19	6	9.823	-22	54	48.28	5.250 038 92	5	19		39	32.403	-21	51	24.23	5.842 223 82		
21	19	6	41.823	-22	54	0.68	5.265 065 29	6	19		40	25.234	-21	49	22.26	5.851 893 69		
22	19	7	14.444	-22	53	11.69	5.280 042 05	7	19		41	18.336	-21	47	18.56	5.861 391 30		
23	19	7	47.679	-22	52	21.28	5.294 965 67	8	19		42	11.705	-21	45	13.12	5.870 715 17		
24	19	8	21.523	-22	51	29.44	5.309 832 58	9	19		43	5.334	-21	43	5.94	5.879 863 91		
25	19	8	55.968	-22	50	36.14	5.324 639 18	10	19		43	59.219	-21	40	57.03	5.888 836 26		
26	19	9	31.009	-22	49	41.35	5.339 381 87	11	19		44	53.354	-21	38	46.39	5.897 630 99		
27	19	10	6.641	-22	48	45.06	5.354 057 03	12	19		45	47.732	-21	36	34.04	5.906 246 96		
28	19	10	42.857	-22	47	47.27	5.368 661 09	13	19		46	42.346	-21	34	20.00	5.914 682 98		
29	19	11	19.652	-22	46	47.95	5.383 190 53	14	19		47	37.186	-21	32	4.29	5.922 937 81		
30	19	11	57.016	-22	45	47.12	5.397 641 88	15	19		48	32.244	-21	29	46.90	5.931 010 15		
31	19	12	34.943	-22	44	44.77	5.412 011 73	16	19		49	27.511	-21	27	27.84	5.938 898 57		
Nov.	1	19	13	13.422	-22	43	40.90	5.426 296 76	17	19	50	22.983	-21	25	7.08	5.946 601 54		
	2	19	13	52.446	-22	42	35.50	5.440 493 73	18	19	51	18.652	-21	22	44.62	5.954 117 48		
	3	19	14	32.003	-22	41	28.57	5.454 599 47	19	19	52	14.516	-21	20	20.44	5.961 444 78		
	4	19	15	12.086	-22	40	20.09	5.468 610 91	20	19	53	10.570	-21	17	54.55	5.968 581 81		
	5	19	15	52.684	-22	39	10.08	5.482 525 05	21	19	54	6.808	-21	15	26.96	5.975 526 99		
	6	19	16	33.787	-22	37	58.50	5.496 339 00	22	19	55	3.227	-21	12	57.66	5.982 278 76		
	7	19	17	15.388	-22	36	45.35	5.510 049 94	23	19	55	59.819	-21	10	26.67	5.988 835 62		
	8	19	17	57.477	-22	35	30.61	5.523 655 15	24	19	56	56.578	-21	7	54.01	5.995 196 13		
	9	19	18	40.046	-22	34	14.27	5.537 152 02	25	19	57	53.497	-21	5	19.70	6.001 358 89		
	10	19	19	23.089	-22	32	56.31	5.550 538 06	26	19	58	50.568	-21	2	43.75	6.007 322 61		
	11	19	20	6.599	-22	31	36.72	5.563 810 85	27	19	59	47.785	-21	0	6.18	6.013 086 05		
	12	19	20	50.570	-22	30	15.49	5.576 968 10	28	20	0	45.137	-20	57	27.00	6.018 648 05		
	13	19	21	34.997	-22	28	52.61	5.590 007 60	29	20	1	42.618	-20	54	46.23	6.024 007 54		
	14	19	22	19.872	-22	27	28.11	5.602 927 13	30	20	2	40.220	-20	52	3.88	6.029 163 53		
	15	19	23	5.189	-22	26	1.98	5.615 724 51	31	20	3	37.934	-20	49	19.96	6.034 115 13		
	16	19	23	50.938	-22	24	34.22	5.628 397 48	32	20	4	35.754	-20	46	34.49	6.038 861 55		

## SATURNE 2008 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	10	42	52.494	9	57	32.06	8.728 679 22	Févr.	15	10	33	31.997	11	2	29.59	8.304 908 54
	1	10	42	47.935	9	58	15.06	8.714 477 27		16	10	33	14.287	11	4	20.95	8.302 161 58
	2	10	42	42.969	9	59	0.41	8.700 432 02		17	10	32	56.484	11	6	12.52	8.299 725 79
	3	10	42	37.601	9	59	48.09	8.686 548 66		18	10	32	38.596	11	8	4.26	8.297 601 67
	4	10	42	31.833	10	0	38.09	8.672 832 35		19	10	32	20.630	11	9	56.11	8.295 789 63
	5	10	42	25.667	10	1	30.38	8.659 288 25		20	10	32	2.596	11	11	48.03	8.294 290 03
	6	10	42	19.106	10	2	24.94	8.645 921 52		21	10	31	44.503	11	13	39.94	8.293 103 22
	7	10	42	12.153	10	3	21.75	8.632 737 25		22	10	31	26.362	11	15	31.78	8.292 229 51
	8	10	42	4.810	10	4	20.80	8.619 740 54		23	10	31	8.183	11	17	23.48	8.291 669 17
	9	10	41	57.079	10	5	22.05	8.606 936 38		24	10	30	49.978	11	19	14.97	8.291 422 42
	10	10	41	48.964	10	6	25.48	8.594 329 72		25	10	30	31.758	11	21	6.20	8.291 489 45
	11	10	41	40.467	10	7	31.06	8.581 925 40		26	10	30	13.534	11	22	57.09	8.291 870 31
	12	10	41	31.594	10	8	38.76	8.569 728 16		27	10	29	55.317	11	24	47.59	8.292 565 02
	13	10	41	22.350	10	9	48.52	8.557 742 58		28	10	29	37.117	11	26	37.64	8.293 573 44
14	10	41	12.741	10	11	0.29	8.545 973 13	29	10	29	18.944	11	28	27.19	8.294 895 34		
15	10	41	2.774	10	12	14.03	8.534 424 09	Mars	1	10	29	0.808	11	30	16.18	8.296 530 38	
16	10	40	52.456	10	13	29.68	8.523 099 57		2	10	28	42.719	11	32	4.57	8.298 478 08	
17	10	40	41.796	10	14	47.20	8.512 003 55		3	10	28	24.685	11	33	52.28	8.300 737 83	
18	10	40	30.799	10	16	6.54	8.501 139 82		4	10	28	6.717	11	35	39.29	8.303 308 88	
19	10	40	19.471	10	17	27.66	8.490 512 06		5	10	27	48.823	11	37	25.51	8.306 190 36	
20	10	40	7.818	10	18	50.54	8.480 123 81		6	10	27	31.013	11	39	10.91	8.309 381 19	
21	10	39	55.843	10	20	15.15	8.469 978 57		7	10	27	13.298	11	40	55.41	8.312 880 13	
22	10	39	43.550	10	21	41.46	8.460 079 77		8	10	26	55.688	11	42	38.95	8.316 685 73	
23	10	39	30.943	10	23	9.43	8.450 430 84		9	10	26	38.195	11	44	21.45	8.320 796 29	
24	10	39	18.027	10	24	39.02	8.441 035 23		10	10	26	20.832	11	46	2.85	8.325 209 91	
25	10	39	4.809	10	26	10.18	8.431 896 41	11	10	26	3.611	11	47	43.08	8.329 924 44		
26	10	38	51.297	10	27	42.85	8.423 017 85	12	10	25	46.543	11	49	22.08	8.334 937 53		
27	10	38	37.498	10	29	16.98	8.414 403 03	13	10	25	29.639	11	50	59.82	8.340 246 66		
28	10	38	23.422	10	30	52.51	8.406 055 40	14	10	25	12.906	11	52	36.25	8.345 849 17		
29	10	38	9.076	10	32	29.38	8.397 978 36	15	10	24	56.351	11	54	11.35	8.351 742 32		
30	10	37	54.468	10	34	7.56	8.390 175 26	16	10	24	39.983	11	55	45.07	8.357 923 31		
31	10	37	39.608	10	35	46.97	8.382 649 37	17	10	24	23.806	11	57	17.38	8.364 389 28		
Févr.	1	10	37	24.502	10	37	27.58	8.375 403 88	18	10	24	7.829	11	58	48.25	8.371 137 38	
	2	10	37	9.159	10	39	9.32	8.368 441 89	19	10	23	52.058	12	0	17.62	8.378 164 73	
	3	10	36	53.586	10	40	52.16	8.361 766 39	20	10	23	36.503	12	1	45.46	8.385 468 46	
	4	10	36	37.792	10	42	36.03	8.355 380 29	21	10	23	21.172	12	3	11.72	8.393 045 69	
	5	10	36	21.784	10	44	20.89	8.349 286 36	22	10	23	6.074	12	4	36.34	8.400 893 51	
	6	10	36	5.570	10	46	6.68	8.343 487 25	23	10	22	51.218	12	5	59.29	8.409 009 01	
	7	10	35	49.158	10	47	53.34	8.337 985 45	24	10	22	36.612	12	7	20.53	8.417 389 23	
	8	10	35	32.558	10	49	40.82	8.332 783 29	25	10	22	22.265	12	8	40.03	8.426 031 19	
	9	10	35	15.779	10	51	29.03	8.327 882 88	26	10	22	8.183	12	9	57.74	8.434 931 81	
	10	10	34	58.832	10	53	17.90	8.323 286 13	27	10	21	54.375	12	11	13.64	8.444 087 99	
	11	10	34	41.729	10	55	7.36	8.318 994 74	28	10	21	40.845	12	12	27.70	8.453 496 52	
	12	10	34	24.483	10	56	57.32	8.315 010 15	29	10	21	27.602	12	13	39.89	8.463 154 12	
	13	10	34	7.105	10	58	47.72	8.311 333 60	30	10	21	14.650	12	14	50.20	8.473 057 45	
	14	10	33	49.606	11	0	38.50	8.307 966 12	31	10	21	1.995	12	15	58.58	8.483 203 05	

## SATURNE 2008 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>Avril</b>	1	10	20	49.643	12	17	5.02	8.493 587 40	<b>Mai</b>	17	10	17	59.861	12	28	0.29	9.153 388 90
	2	10	20	37.599	12	18	9.49	8.504 206 87		18	10	18	5.457	12	27	20.85	9.169 953 99
	3	10	20	25.869	12	19	11.95	8.515 057 69		19	10	18	11.445	12	26	39.21	9.186 539 30
	4	10	20	14.460	12	20	12.37	8.526 135 99		20	10	18	17.822	12	25	55.37	9.203 140 66
	5	10	20	3.378	12	21	10.71	8.537 437 72		21	10	18	24.587	12	25	9.36	9.219 753 94
	6	10	19	52.631	12	22	6.92	8.548 958 68		22	10	18	31.736	12	24	21.20	9.236 375 03
	7	10	19	42.229	12	23	0.98	8.560 694 48		23	10	18	39.268	12	23	30.90	9.252 999 86
	8	10	19	32.176	12	23	52.85	8.572 640 56		24	10	18	47.178	12	22	38.48	9.269 624 36
	9	10	19	22.481	12	24	42.52	8.584 792 24		25	10	18	55.464	12	21	43.96	9.286 244 45
	10	10	19	13.145	12	25	29.97	8.597 144 75		26	10	19	4.123	12	20	47.35	9.302 856 07
	11	10	19	4.172	12	26	15.22	8.609 693 28		27	10	19	13.152	12	19	48.67	9.319 455 13
	12	10	18	55.564	12	26	58.25	8.622 433 05		28	10	19	22.548	12	18	47.91	9.336 037 52
	13	10	18	47.321	12	27	39.07	8.635 359 28		29	10	19	32.311	12	17	45.09	9.352 599 12
	14	10	18	39.446	12	28	17.67	8.648 467 29		30	10	19	42.439	12	16	40.21	9.369 135 72
	15	10	18	31.941	12	28	54.03	8.661 752 42		31	10	19	52.930	12	15	33.26	9.385 643 08
16	10	18	24.809	12	29	28.14	8.675 210 12	<b>Juin</b>	1	10	20	3.787	12	14	24.26	9.402 116 88	
17	10	18	18.055	12	29	59.99	8.688 835 84		2	10	20	15.006	12	13	13.20	9.418 552 71	
18	10	18	11.681	12	30	29.55	8.702 625 13		3	10	20	26.587	12	12	0.10	9.434 946 13	
19	10	18	5.691	12	30	56.81	8.716 573 55		4	10	20	38.527	12	10	45.00	9.451 292 65	
20	10	18	0.088	12	31	21.77	8.730 676 69		5	10	20	50.819	12	9	27.94	9.467 587 80	
21	10	17	54.876	12	31	44.42	8.744 930 19		6	10	21	3.458	12	8	8.93	9.483 827 20	
22	10	17	50.057	12	32	4.76	8.759 329 66		7	10	21	16.437	12	6	48.02	9.500 006 60	
23	10	17	45.633	12	32	22.77	8.773 870 75		8	10	21	29.753	12	5	25.23	9.516 121 88	
24	10	17	41.604	12	32	38.47	8.788 549 08		9	10	21	43.400	12	4	0.56	9.532 169 11	
25	10	17	37.973	12	32	51.86	8.803 360 26		10	10	21	57.376	12	2	34.04	9.548 144 47	
26	10	17	34.740	12	33	2.93	8.818 299 88	11	10	22	11.678	12	1	5.67	9.564 044 28		
27	10	17	31.905	12	33	11.70	8.833 363 52	12	10	22	26.305	11	59	35.46	9.579 864 98		
28	10	17	29.468	12	33	18.16	8.848 546 71	13	10	22	41.253	11	58	3.44	9.595 603 09		
29	10	17	27.430	12	33	22.30	8.863 844 94	14	10	22	56.521	11	56	29.61	9.611 255 21		
30	10	17	25.792	12	33	24.14	8.879 253 68	15	10	23	12.104	11	54	53.99	9.626 818 01		
<b>Mai</b>	1	10	17	24.555	12	33	23.66	8.894 768 31	16	10	23	27.999	11	53	16.62	9.642 288 20	
	2	10	17	23.720	12	33	20.84	8.910 384 16	17	10	23	44.203	11	51	37.51	9.657 662 58	
	3	10	17	23.289	12	33	15.68	8.926 096 44	18	10	24	0.711	11	49	56.68	9.672 937 95	
	4	10	17	23.265	12	33	8.17	8.941 900 26	19	10	24	17.519	11	48	14.16	9.688 111 19	
	5	10	17	23.652	12	32	58.29	8.957 790 63	20	10	24	34.622	11	46	29.97	9.703 179 17	
	6	10	17	24.450	12	32	46.05	8.973 762 45	21	10	24	52.017	11	44	44.14	9.718 138 80	
	7	10	17	25.660	12	32	31.46	8.989 810 54	22	10	25	9.698	11	42	56.69	9.732 987 00	
	8	10	17	27.280	12	32	14.54	9.005 929 72	23	10	25	27.662	11	41	7.63	9.747 720 67	
	9	10	17	29.307	12	31	55.32	9.022 114 86	24	10	25	45.904	11	39	16.98	9.762 336 73	
	10	10	17	31.736	12	31	33.82	9.038 360 90	25	10	26	4.422	11	37	24.74	9.776 832 04	
11	10	17	34.565	12	31	10.06	9.054 662 92	26	10	26	23.214	11	35	30.93	9.791 203 45		
12	10	17	37.792	12	30	44.04	9.071 016 10	27	10	26	42.278	11	33	35.55	9.805 447 77		
13	10	17	41.416	12	30	15.78	9.087 415 75	28	10	27	1.611	11	31	38.61	9.819 561 75		
14	10	17	45.435	12	29	45.26	9.103 857 29	29	10	27	21.213	11	29	40.12	9.833 542 09		
15	10	17	49.849	12	29	12.51	9.120 336 25	30	10	27	41.081	11	27	40.09	9.847 385 44		
16	10	17	54.658	12	28	37.51	9.136 848 23	<b>Juill.</b>	1	10	28	1.211	11	25	38.56	9.861 088 41	

## SATURNE 2008 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>	2	10	28	21.599	11	23	35.55	9.874 647 61	<b>août</b>	17	10	47	23.449	9	29	18.78	10.300 973 16
	3	10	28	42.238	11	21	31.11	9.888 059 69		18	10	47	51.229	9	26	31.95	10.305 239 90
	4	10	29	3.121	11	19	25.27	9.901 321 41		19	10	48	19.071	9	23	44.74	10.309 272 99
	5	10	29	24.241	11	17	18.06	9.914 429 63		20	10	48	46.972	9	20	57.14	10.313 071 54
	6	10	29	45.594	11	15	9.50	9.927 381 39		21	10	49	14.931	9	18	9.18	10.316 634 62
	7	10	30	7.176	11	12	59.62	9.940 173 89		22	10	49	42.946	9	15	20.86	10.319 961 22
	8	10	30	28.984	11	10	48.41	9.952 804 48		23	10	50	11.015	9	12	32.21	10.323 050 34
	9	10	30	51.015	11	8	35.90	9.965 270 63		24	10	50	39.134	9	9	43.24	10.325 900 91
	10	10	31	13.266	11	6	22.10	9.977 569 93		25	10	51	7.299	9	6	53.99	10.328 511 87
	11	10	31	35.733	11	4	7.03	9.989 700 04		26	10	51	35.505	9	4	4.50	10.330 882 18
	12	10	31	58.415	11	1	50.72	10.001 658 71		27	10	52	3.746	9	1	14.80	10.333 010 85
	13	10	32	21.306	10	59	33.18	10.013 443 74		28	10	52	32.016	8	58	24.93	10.334 896 95
	14	10	32	44.403	10	57	14.44	10.025 053 00		29	10	53	0.308	8	55	34.93	10.336 539 70
	15	10	33	7.701	10	54	54.53	10.036 484 40		30	10	53	28.619	8	52	44.81	10.337 938 41
	16	10	33	31.195	10	52	33.47	10.047 735 89		31	10	53	56.943	8	49	54.62	10.339 092 56
	17	10	33	54.882	10	50	11.29	10.058 805 44		<b>Sept.</b>	1	10	54	25.279	8	47	4.35
18	10	34	18.755	10	47	48.02	10.069 691 09	2	10		54	53.623	8	44	14.03	10.340 665 84	
19	10	34	42.810	10	45	23.67	10.080 390 85	3	10		55	21.973	8	41	23.68	10.341 084 62	
20	10	35	7.044	10	42	58.28	10.090 902 77	4	10		55	50.325	8	38	33.32	10.341 258 13	
21	10	35	31.451	10	40	31.85	10.101 224 86	5	10		56	18.675	8	35	42.98	10.341 186 45	
22	10	35	56.028	10	38	4.41	10.111 355 14	6	10		56	47.021	8	32	52.68	10.340 869 73	
23	10	36	20.773	10	35	35.95	10.121 291 58	7	10		57	15.357	8	30	2.47	10.340 308 18	
24	10	36	45.684	10	33	6.50	10.131 032 12	8	10		57	43.678	8	27	12.36	10.339 502 08	
25	10	37	10.759	10	30	36.05	10.140 574 66	9	10		58	11.981	8	24	22.39	10.338 451 72	
26	10	37	35.996	10	28	4.63	10.149 917 03	10	10		58	40.260	8	21	32.60	10.337 157 47	
27	10	38	1.392	10	25	32.24	10.159 057 04	11	10		59	8.510	8	18	43.00	10.335 619 72	
28	10	38	26.945	10	22	58.91	10.167 992 46	12	10		59	36.727	8	15	53.63	10.333 838 88	
29	10	38	52.649	10	20	24.68	10.176 721 07	13	11		0	4.906	8	13	4.52	10.331 815 40	
30	10	39	18.499	10	17	49.58	10.185 240 64	14	11		0	33.043	8	10	15.68	10.329 549 72	
31	10	39	44.489	10	15	13.65	10.193 549 01	15	11		1	1.136	8	7	27.14	10.327 042 27	
<b>août</b>	1	10	40	10.611	10	12	36.93	10.201 644 14	16		11	1	29.181	8	4	38.91	10.324 293 44
	2	10	40	36.861	10	9	59.44	10.209 524 08	17	11	1	57.178	8	1	50.99	10.321 303 60	
	3	10	41	3.234	10	7	21.20	10.217 187 07	18	11	2	25.124	7	59	3.41	10.318 073 04	
	4	10	41	29.726	10	4	42.23	10.224 631 50	19	11	2	53.017	7	56	16.17	10.314 602 01	
	5	10	41	56.334	10	2	2.55	10.231 855 89	20	11	3	20.854	7	53	29.31	10.310 890 73	
	6	10	42	23.057	9	59	22.17	10.238 858 89	21	11	3	48.631	7	50	42.87	10.306 939 40	
	7	10	42	49.890	9	56	41.10	10.245 639 28	22	11	4	16.343	7	47	56.86	10.302 748 24	
	8	10	43	16.831	9	53	59.38	10.252 195 90	23	11	4	43.983	7	45	11.35	10.298 317 53	
	9	10	43	43.876	9	51	17.03	10.258 527 66	24	11	5	11.545	7	42	26.37	10.293 647 62	
	10	10	44	11.021	9	48	34.08	10.264 633 54	25	11	5	39.024	7	39	41.94	10.288 738 99	
	11	10	44	38.262	9	45	50.54	10.270 512 57	26	11	6	6.414	7	36	58.12	10.283 592 20	
	12	10	45	5.593	9	43	6.46	10.276 163 81	27	11	6	33.711	7	34	14.91	10.278 208 00	
	13	10	45	33.011	9	40	21.85	10.281 586 38	28	11	7	0.913	7	31	32.35	10.272 587 26	
	14	10	46	0.510	9	37	36.76	10.286 779 42	29	11	7	28.015	7	28	50.45	10.266 730 98	
	15	10	46	28.085	9	34	51.20	10.291 742 10	30	11	7	55.014	7	26	9.24	10.260 640 34	
	16	10	46	55.733	9	32	5.20	10.296 473 62	<b>Oct.</b>	1	11	8	21.908	7	23	28.74	10.254 316 59

## SATURNE 2008 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.	2	11	8	48.693	7	20	48.98	10.247 761 13	Nov.	17	11	26	9.520	5	39	53.78	9.728 642 28	
	3	11	9	15.365	7	18	9.98	10.240 975 42		18	11	26	26.444	5	38	20.65	9.713 568 81	
	4	11	9	41.919	7	15	31.79	10.233 961 00		19	11	26	43.056	5	36	49.61	9.698 383 57	
	5	11	10	8.350	7	12	54.43	10.226 719 50		20	11	26	59.354	5	35	20.68	9.683 090 16	
	6	11	10	34.654	7	10	17.93	10.219 252 57		21	11	27	15.335	5	33	53.88	9.667 692 35	
	7	11	11	0.825	7	7	42.34	10.211 561 92		22	11	27	30.994	5	32	29.23	9.652 194 03	
	8	11	11	26.859	7	5	7.68	10.203 649 33		23	11	27	46.331	5	31	6.75	9.636 599 24	
	9	11	11	52.751	7	2	33.99	10.195 516 58		24	11	28	1.341	5	29	46.46	9.620 912 13	
	10	11	12	18.495	7	0	1.28	10.187 165 53		25	11	28	16.022	5	28	28.36	9.605 136 98	
	11	11	12	44.088	6	57	29.60	10.178 598 01		26	11	28	30.370	5	27	12.50	9.589 278 13	
	12	11	13	9.526	6	54	58.96	10.169 815 90		27	11	28	44.382	5	25	58.89	9.573 340 05	
	13	11	13	34.806	6	52	29.38	10.160 821 05		28	11	28	58.053	5	24	47.56	9.557 327 25	
	14	11	13	59.926	6	50	0.87	10.151 615 29		29	11	29	11.380	5	23	38.53	9.541 244 32	
	15	11	14	24.884	6	47	33.45	10.142 200 40		30	11	29	24.358	5	22	31.83	9.525 095 89	
	16	11	14	49.679	6	45	7.13	10.132 578 10		Déc.	1	11	29	36.983	5	21	27.49	9.508 886 65
	17	11	15	14.306	6	42	41.94	10.122 750 06			2	11	29	49.250	5	20	25.53	9.492 621 31
18	11	15	38.763	6	40	17.90	10.112 717 91	3	11		30	1.157	5	19	25.97	9.476 304 61		
19	11	16	3.044	6	37	55.06	10.102 483 28	4	11		30	12.699	5	18	28.83	9.459 941 29		
20	11	16	27.143	6	35	33.45	10.092 047 88	5	11		30	23.874	5	17	34.12	9.443 536 12		
21	11	16	51.054	6	33	13.13	10.081 413 45	6	11		30	34.680	5	16	41.85	9.427 093 86		
22	11	17	14.769	6	30	54.14	10.070 581 88	7	11		30	45.114	5	15	52.03	9.410 619 25		
23	11	17	38.284	6	28	36.49	10.059 555 18	8	11		30	55.177	5	15	4.67	9.394 117 01		
24	11	18	1.595	6	26	20.23	10.048 335 52	9	11		31	4.867	5	14	19.75	9.377 591 79		
25	11	18	24.698	6	24	5.37	10.036 925 18	10	11		31	14.183	5	13	37.30	9.361 048 20		
26	11	18	47.589	6	21	51.95	10.025 326 63	11	11		31	23.126	5	12	57.30	9.344 490 74		
27	11	19	10.266	6	19	39.97	10.013 542 44	12	11		31	31.693	5	12	19.78	9.327 923 87		
28	11	19	32.724	6	17	29.47	10.001 575 32	13	11		31	39.880	5	11	44.75	9.311 351 97		
29	11	19	54.961	6	15	20.47	9.989 428 11	14	11		31	47.683	5	11	12.25	9.294 779 41		
30	11	20	16.973	6	13	13.01	9.977 103 73	15	11		31	55.097	5	10	42.31	9.278 210 61		
31	11	20	38.754	6	11	7.10	9.964 605 20	16	11		32	2.116	5	10	14.95	9.261 650 08		
Nov.	1	11	21	0.300	6	9	2.80	9.951 935 63	17	11	32	8.740	5	9	50.18	9.245 102 47		
	2	11	21	21.606	6	7	0.12	9.939 098 16	18	11	32	14.965	5	9	28.01	9.228 572 55		
	3	11	21	42.667	6	4	59.11	9.926 096 03	19	11	32	20.791	5	9	8.45	9.212 065 26		
	4	11	22	3.478	6	2	59.79	9.912 932 49	20	11	32	26.218	5	8	51.48	9.195 585 62		
	5	11	22	24.033	6	1	2.20	9.899 610 86	21	11	32	31.245	5	8	37.11	9.179 138 79		
	6	11	22	44.330	5	59	6.36	9.886 134 49	22	11	32	35.871	5	8	25.35	9.162 730 00		
	7	11	23	4.362	5	57	12.31	9.872 506 75	23	11	32	40.095	5	8	16.20	9.146 364 54		
	8	11	23	24.126	5	55	20.06	9.858 731 04	24	11	32	43.916	5	8	9.67	9.130 047 76		
	9	11	23	43.619	5	53	29.64	9.844 810 76	25	11	32	47.332	5	8	5.75	9.113 785 05		
	10	11	24	2.839	5	51	41.05	9.830 749 31	26	11	32	50.341	5	8	4.47	9.097 581 82		
	11	11	24	21.783	5	49	54.31	9.816 550 05	27	11	32	52.943	5	8	5.81	9.081 443 53		
	12	11	24	40.450	5	48	9.43	9.802 216 30	28	11	32	55.135	5	8	9.80	9.065 375 61		
	13	11	24	58.839	5	46	26.43	9.787 751 30	29	11	32	56.915	5	8	16.42	9.049 383 53		
	14	11	25	16.945	5	44	45.33	9.773 158 23	30	11	32	58.284	5	8	25.69	9.033 472 72		
	15	11	25	34.765	5	43	6.16	9.758 440 26	31	11	32	59.240	5	8	37.59	9.017 648 59		
	16	11	25	52.292	5	41	28.96	9.743 600 54	32	11	32	59.784	5	8	52.13	9.001 916 53		

## URANUS 2008 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	23	7	10.809	- 6	28	36.38	20.468 329 9	Févr.	15	23	14	38.335	- 5	40	22.11	21.010 334 9
	1	23	7	17.524	- 6	27	52.01	20.484 143 4		16	23	14	50.379	- 5	39	5.02	21.016 758 2
	2	23	7	24.405	- 6	27	6.62	20.499 836 3		17	23	15	2.480	- 5	37	47.60	21.022 916 2
	3	23	7	31.450	- 6	26	20.21	20.515 403 6		18	23	15	14.636	- 5	36	29.85	21.028 807 9
	4	23	7	38.658	- 6	25	32.79	20.530 840 9		19	23	15	26.840	- 5	35	11.83	21.034 432 2
	5	23	7	46.027	- 6	24	44.38	20.546 143 5		20	23	15	39.090	- 5	33	53.53	21.039 788 2
	6	23	7	53.555	- 6	23	54.98	20.561 306 6		21	23	15	51.383	- 5	32	34.97	21.044 874 8
	7	23	8	1.240	- 6	23	4.63	20.576 325 6		22	23	16	3.718	- 5	31	16.17	21.049 691 1
	8	23	8	9.078	- 6	22	13.33	20.591 196 1		23	23	16	16.093	- 5	29	57.13	21.054 236 1
	9	23	8	17.068	- 6	21	21.10	20.605 913 5		24	23	16	28.507	- 5	28	37.85	21.058 508 6
	10	23	8	25.204	- 6	20	27.97	20.620 473 4		25	23	16	40.959	- 5	27	18.34	21.062 507 6
	11	23	8	33.485	- 6	19	33.95	20.634 871 4		26	23	16	53.448	- 5	25	58.62	21.066 232 3
	12	23	8	41.908	- 6	18	39.06	20.649 103 2		27	23	17	5.971	- 5	24	38.69	21.069 681 4
	13	23	8	50.471	- 6	17	43.29	20.663 164 8		28	23	17	18.526	- 5	23	18.58	21.072 854 2
14	23	8	59.173	- 6	16	46.67	20.677 052 1	29	23	17	31.111	- 5	21	58.30	21.075 749 8		
15	23	9	8.013	- 6	15	49.19	20.690 761 4	Mars	1	23	17	43.722	- 5	20	37.87	21.078 367 2	
16	23	9	16.991	- 6	14	50.86	20.704 289 0		2	23	17	56.355	- 5	19	17.32	21.080 705 8	
17	23	9	26.106	- 6	13	51.68	20.717 631 3		3	23	18	9.007	- 5	17	56.68	21.082 764 9	
18	23	9	35.357	- 6	12	51.66	20.730 785 1		4	23	18	21.675	- 5	16	35.96	21.084 543 7	
19	23	9	44.740	- 6	11	50.84	20.743 747 0		5	23	18	34.354	- 5	15	15.18	21.086 041 9	
20	23	9	54.253	- 6	10	49.23	20.756 514 0		6	23	18	47.041	- 5	13	54.38	21.087 258 8	
21	23	10	3.890	- 6	9	46.86	20.769 083 1		7	23	18	59.733	- 5	12	33.56	21.088 194 3	
22	23	10	13.648	- 6	8	43.76	20.781 451 3		8	23	19	12.427	- 5	11	12.74	21.088 848 1	
23	23	10	23.522	- 6	7	39.94	20.793 615 6		9	23	19	25.123	- 5	9	51.93	21.089 220 3	
24	23	10	33.510	- 6	6	35.44	20.805 573 0		10	23	19	37.819	- 5	8	31.13	21.089 311 0	
25	23	10	43.610	- 6	5	30.24	20.817 320 5	11	23	19	50.514	- 5	7	10.35	21.089 120 5		
26	23	10	53.821	- 6	4	24.36	20.828 855 1	12	23	20	3.207	- 5	5	49.60	21.088 649 5		
27	23	11	4.142	- 6	3	17.79	20.840 173 6	13	23	20	15.895	- 5	4	28.91	21.087 898 7		
28	23	11	14.573	- 6	2	10.55	20.851 272 9	14	23	20	28.574	- 5	3	8.30	21.086 868 8		
29	23	11	25.111	- 6	1	2.64	20.862 150 1	15	23	20	41.240	- 5	1	47.80	21.085 560 9		
30	23	11	35.756	- 5	59	54.06	20.872 802 0	16	23	20	53.889	- 5	0	27.44	21.083 975 9		
31	23	11	46.507	- 5	58	44.85	20.883 225 6	17	23	21	6.515	- 4	59	7.24	21.082 114 8		
Févr.	1	23	11	57.359	- 5	57	35.01	20.893 417 9	18	23	21	19.117	- 4	57	47.23	21.079 978 6	
	2	23	12	8.311	- 5	56	24.55	20.903 376 1	19	23	21	31.690	- 4	56	27.42	21.077 568 4	
	3	23	12	19.361	- 5	55	13.51	20.913 097 2	20	23	21	44.233	- 4	55	7.81	21.074 885 1	
	4	23	12	30.503	- 5	54	1.90	20.922 578 4	21	23	21	56.745	- 4	53	48.42	21.071 929 8	
	5	23	12	41.735	- 5	52	49.75	20.931 817 1	22	23	22	9.225	- 4	52	29.25	21.068 703 4	
	6	23	12	53.053	- 5	51	37.07	20.940 810 4	23	23	22	21.672	- 4	51	10.30	21.065 207 0	
	7	23	13	4.452	- 5	50	23.90	20.949 555 9	24	23	22	34.084	- 4	49	51.59	21.061 441 5	
	8	23	13	15.931	- 5	49	10.25	20.958 051 1	25	23	22	46.460	- 4	48	33.13	21.057 407 9	
	9	23	13	27.486	- 5	47	56.13	20.966 293 7	26	23	22	58.798	- 4	47	14.94	21.053 107 2	
	10	23	13	39.115	- 5	46	41.55	20.974 281 4	27	23	23	11.095	- 4	45	57.02	21.048 540 5	
	11	23	13	50.818	- 5	45	26.53	20.982 012 4	28	23	23	23.348	- 4	44	39.40	21.043 709 0	
	12	23	14	2.593	- 5	44	11.06	20.989 484 8	29	23	23	35.554	- 4	43	22.11	21.038 613 7	
	13	23	14	14.438	- 5	42	55.15	20.996 697 0	30	23	23	47.710	- 4	42	5.16	21.033 255 9	
	14	23	14	26.353	- 5	41	38.83	21.003 647 4	31	23	23	59.813	- 4	40	48.58	21.027 636 9	

## URANUS 2008 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>Avril</b>	1	23	24	11.858	- 4	39	32.38	21.021 758 0	<b>Mai</b>	17	23	31	46.080	- 3	52	9.46	20.512 154 4
	2	23	24	23.842	- 4	38	16.60	21.015 620 7		18	23	31	53.029	- 3	51	26.90	20.497 024 9
	3	23	24	35.763	- 4	37	1.23	21.009 226 5		19	23	31	59.828	- 3	50	45.30	20.481 781 2
	4	23	24	47.618	- 4	35	46.31	21.002 577 1		20	23	32	6.477	- 3	50	4.68	20.466 427 3
	5	23	24	59.405	- 4	34	31.84	20.995 674 1		21	23	32	12.975	- 3	49	25.06	20.450 967 1
	6	23	25	11.124	- 4	33	17.82	20.988 519 7		22	23	32	19.320	- 3	48	46.44	20.435 404 3
	7	23	25	22.775	- 4	32	4.26	20.981 115 8		23	23	32	25.508	- 3	48	8.83	20.419 742 9
	8	23	25	34.356	- 4	30	51.17	20.973 464 8		24	23	32	31.539	- 3	47	32.26	20.403 986 7
	9	23	25	45.865	- 4	29	38.55	20.965 569 3		25	23	32	37.409	- 3	46	56.73	20.388 139 6
	10	23	25	57.300	- 4	28	26.44	20.957 431 7		26	23	32	43.118	- 3	46	22.26	20.372 205 7
	11	23	26	8.655	- 4	27	14.86	20.949 055 0		27	23	32	48.662	- 3	45	48.86	20.356 188 9
	12	23	26	19.927	- 4	26	3.85	20.940 441 8		28	23	32	54.041	- 3	45	16.54	20.340 093 3
	13	23	26	31.111	- 4	24	53.42	20.931 595 0		29	23	32	59.254	- 3	44	45.30	20.323 923 0
	14	23	26	42.205	- 4	23	43.60	20.922 517 2		30	23	33	4.300	- 3	44	15.13	20.307 682 4
	15	23	26	53.205	- 4	22	34.40	20.913 211 4		31	23	33	9.180	- 3	43	46.05	20.291 375 8
16	23	27	4.110	- 4	21	25.82	20.903 680 2	<b>Juin</b>	1	23	33	13.895	- 3	43	18.04	20.275 007 6	
17	23	27	14.919	- 4	20	17.88	20.893 926 3		2	23	33	18.445	- 3	42	51.10	20.258 582 5	
18	23	27	25.632	- 4	19	10.57	20.883 952 4		3	23	33	22.830	- 3	42	25.23	20.242 105 2	
19	23	27	36.248	- 4	18	3.90	20.873 761 3		4	23	33	27.048	- 3	42	0.46	20.225 580 7	
20	23	27	46.765	- 4	16	57.88	20.863 355 4		5	23	33	31.096	- 3	41	36.79	20.209 013 9	
21	23	27	57.184	- 4	15	52.51	20.852 737 6		6	23	33	34.969	- 3	41	14.27	20.192 409 8	
22	23	28	7.501	- 4	14	47.80	20.841 910 5		7	23	33	38.667	- 3	40	52.89	20.175 773 4	
23	23	28	17.716	- 4	13	43.78	20.830 876 7		8	23	33	42.185	- 3	40	32.66	20.159 109 6	
24	23	28	27.825	- 4	12	40.45	20.819 638 9		9	23	33	45.526	- 3	40	13.60	20.142 423 2	
25	23	28	37.827	- 4	11	37.84	20.808 200 0		10	23	33	48.687	- 3	39	55.68	20.125 718 9	
26	23	28	47.717	- 4	10	35.96	20.796 562 7	11	23	33	51.672	- 3	39	38.91	20.109 001 4		
27	23	28	57.494	- 4	9	34.83	20.784 729 8	12	23	33	54.481	- 3	39	23.28	20.092 275 3		
28	23	29	7.155	- 4	8	34.47	20.772 704 2	13	23	33	57.115	- 3	39	8.77	20.075 545 0		
29	23	29	16.695	- 4	7	34.90	20.760 488 8	14	23	33	59.574	- 3	38	55.38	20.058 815 1		
30	23	29	26.114	- 4	6	36.13	20.748 086 7	15	23	34	1.859	- 3	38	43.12	20.042 089 9		
<b>Mai</b>	1	23	29	35.409	- 4	5	38.18	20.735 501 0	16	23	34	3.970	- 3	38	31.98	20.025 373 8	
	2	23	29	44.577	- 4	4	41.05	20.722 734 8	17	23	34	5.906	- 3	38	21.97	20.008 671 3	
	3	23	29	53.620	- 4	3	44.75	20.709 791 6	18	23	34	7.667	- 3	38	13.09	19.991 986 7	
	4	23	30	2.536	- 4	2	49.28	20.696 674 7	19	23	34	9.251	- 3	38	5.35	19.975 324 4	
	5	23	30	11.326	- 4	1	54.63	20.683 387 9	20	23	34	10.658	- 3	37	58.76	19.958 688 6	
	6	23	30	19.989	- 4	1	0.83	20.669 934 9	21	23	34	11.886	- 3	37	53.31	19.942 083 8	
	7	23	30	28.522	- 4	0	7.87	20.656 319 8	22	23	34	12.934	- 3	37	49.03	19.925 514 3	
	8	23	30	36.923	- 3	59	15.79	20.642 546 6	23	23	34	13.802	- 3	37	45.91	19.908 984 4	
	9	23	30	45.188	- 3	58	24.62	20.628 619 6	24	23	34	14.489	- 3	37	43.94	19.892 498 7	
	10	23	30	53.311	- 3	57	34.38	20.614 542 8	25	23	34	14.995	- 3	37	43.14	19.876 061 5	
	11	23	31	1.290	- 3	56	45.08	20.600 320 4	26	23	34	15.321	- 3	37	43.49	19.859 677 4	
	12	23	31	9.123	- 3	55	56.74	20.585 956 5	27	23	34	15.469	- 3	37	44.98	19.843 351 0	
	13	23	31	16.809	- 3	55	9.36	20.571 455 2	28	23	34	15.441	- 3	37	47.60	19.827 087 1	
	14	23	31	24.348	- 3	54	22.95	20.556 820 4	29	23	34	15.237	- 3	37	51.34	19.810 890 3	
	15	23	31	31.740	- 3	53	37.49	20.542 056 1	30	23	34	14.859	- 3	37	56.20	19.794 765 5	
16	23	31	38.984	- 3	52	53.00	20.527 166 1	<b>Juill.</b>	1	23	34	14.308	- 3	38	2.17	19.778 717 8	

## URANUS 2008 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.	2 23 34 13.582	- 3 38 9.27	19.762 752 2	Août	17 23 30 47.526	- 4 1 43.49	19.192 641 3
	3 23 34 12.679	- 3 38 17.50	19.746 873 8		18 23 30 39.973	- 4 2 33.17	19.185 265 6
	4 23 34 11.597	- 3 38 26.88	19.731 087 7		19 23 30 32.326	- 4 3 23.41	19.178 153 7
	5 23 34 10.334	- 3 38 37.41	19.715 398 8		20 23 30 24.590	- 4 4 14.17	19.171 307 8
	6 23 34 8.892	- 3 38 49.09	19.699 812 0		21 23 30 16.770	- 4 5 5.42	19.164 730 3
	7 23 34 7.272	- 3 39 1.90	19.684 332 1		22 23 30 8.869	- 4 5 57.14	19.158 423 7
	8 23 34 5.476	- 3 39 15.83	19.668 963 7		23 23 30 0.891	- 4 6 49.29	19.152 390 3
	9 23 34 3.506	- 3 39 30.85	19.653 711 3		24 23 29 52.841	- 4 7 41.87	19.146 632 7
	10 23 34 1.366	- 3 39 46.96	19.638 579 4		25 23 29 44.720	- 4 8 34.86	19.141 153 2
	11 23 33 59.057	- 3 40 4.13	19.623 572 2		26 23 29 36.530	- 4 9 28.24	19.135 954 2
	12 23 33 56.581	- 3 40 22.36	19.608 694 0		27 23 29 28.273	- 4 10 22.00	19.131 038 0
	13 23 33 53.940	- 3 40 41.63	19.593 949 0		28 23 29 19.950	- 4 11 16.15	19.126 406 8
	14 23 33 51.134	- 3 41 1.94	19.579 341 3		29 23 29 11.562	- 4 12 10.66	19.122 062 8
	15 23 33 48.165	- 3 41 23.29	19.564 874 9		30 23 29 3.114	- 4 13 5.50	19.118 007 7
	16 23 33 45.032	- 3 41 45.67	19.550 554 0		31 23 28 54.609	- 4 14 0.65	19.114 243 5
	17 23 33 41.737	- 3 42 9.08	19.536 382 5		Sept.	1 23 28 46.052	- 4 14 56.07
18 23 33 38.279	- 3 42 33.51	19.522 364 4	2 23 28 37.449	- 4 15 51.72		19.107 593 2	
19 23 33 34.659	- 3 42 58.97	19.508 503 5	3 23 28 28.806	- 4 16 47.58		19.104 709 6	
20 23 33 30.878	- 3 43 25.44	19.494 803 8	4 23 28 20.126	- 4 17 43.62		19.102 121 9	
21 23 33 26.935	- 3 43 52.93	19.481 269 3	5 23 28 11.414	- 4 18 39.79		19.099 830 7	
22 23 33 22.834	- 3 44 21.41	19.467 903 8	6 23 28 2.674	- 4 19 36.09	19.097 836 9		
23 23 33 18.576	- 3 44 50.87	19.454 711 2	7 23 27 53.910	- 4 20 32.49	19.096 141 1		
24 23 33 14.164	- 3 45 21.29	19.441 695 7	8 23 27 45.124	- 4 21 28.98	19.094 743 7		
25 23 33 9.601	- 3 45 52.66	19.428 861 3	9 23 27 36.319	- 4 22 25.53	19.093 645 2		
26 23 33 4.891	- 3 46 24.94	19.416 211 9	10 23 27 27.498	- 4 23 22.12	19.092 845 8		
27 23 33 0.035	- 3 46 58.13	19.403 751 9	11 23 27 18.664	- 4 24 18.75	19.092 345 7		
28 23 32 55.036	- 3 47 32.22	19.391 485 3	12 23 27 9.819	- 4 25 15.39	19.092 145 0		
29 23 32 49.895	- 3 48 7.20	19.379 416 4	13 23 27 0.966	- 4 26 12.02	19.092 243 8		
30 23 32 44.611	- 3 48 43.06	19.367 549 4	14 23 26 52.109	- 4 27 8.62	19.092 642 1		
31 23 32 39.185	- 3 49 19.81	19.355 888 6	15 23 26 43.252	- 4 28 5.17	19.093 339 7		
Août	1 23 32 33.617	- 3 49 57.45	19.344 438 0	16 23 26 34.399	- 4 29 1.62	19.094 336 6	
	2 23 32 27.907	- 3 50 35.97	19.333 201 6	17 23 26 25.555	- 4 29 57.96	19.095 632 8	
	3 23 32 22.058	- 3 51 15.35	19.322 183 4	18 23 26 16.726	- 4 30 54.14	19.097 228 1	
	4 23 32 16.074	- 3 51 55.55	19.311 386 9	19 23 26 7.916	- 4 31 50.14	19.099 122 4	
	5 23 32 9.958	- 3 52 36.56	19.300 815 6	20 23 25 59.130	- 4 32 45.94	19.101 315 8	
	6 23 32 3.716	- 3 53 18.34	19.290 473 0	21 23 25 50.370	- 4 33 41.51	19.103 808 1	
	7 23 31 57.351	- 3 54 0.87	19.280 362 3	22 23 25 41.639	- 4 34 36.85	19.106 599 1	
	8 23 31 50.866	- 3 54 44.12	19.270 486 5	23 23 25 32.939	- 4 35 31.94	19.109 688 6	
	9 23 31 44.264	- 3 55 28.08	19.260 848 6	24 23 25 24.270	- 4 36 26.78	19.113 076 3	
	10 23 31 37.549	- 3 56 12.74	19.251 451 5	25 23 25 15.637	- 4 37 21.34	19.116 761 7	
	11 23 31 30.722	- 3 56 58.06	19.242 298 1	26 23 25 7.041	- 4 38 15.60	19.120 744 0	
	12 23 31 23.785	- 3 57 44.05	19.233 391 0	27 23 24 58.487	- 4 39 9.54	19.125 022 5	
	13 23 31 16.741	- 3 58 30.69	19.224 733 0	28 23 24 49.980	- 4 40 3.12	19.129 596 0	
	14 23 31 9.592	- 3 59 17.96	19.216 326 5	29 23 24 41.525	- 4 40 56.30	19.134 463 4	
	15 23 31 2.338	- 4 0 5.87	19.208 174 1	30 23 24 33.128	- 4 41 49.05	19.139 623 1	
	16 23 30 54.981	- 4 0 54.38	19.200 278 2	Oct.	1 23 24 24.794	- 4 42 41.35	19.145 073 6



## URANUS 2008 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.	2 23 24 16.527	- 4 43 33.16	19.150 813 1	Nov.	17 23 19 59.799	- 5 9 21.99	19.679 737 0
	3 23 24 8.331	- 4 44 24.45	19.156 839 7		18 23 19 57.841	- 5 9 31.92	19.695 631 5
	4 23 24 0.209	- 4 45 15.22	19.163 151 4		19 23 19 56.060	- 5 9 40.70	19.711 644 1
	5 23 23 52.165	- 4 46 5.44	19.169 746 0		20 23 19 54.459	- 5 9 48.33	19.727 769 9
	6 23 23 44.201	- 4 46 55.10	19.176 621 2		21 23 19 53.038	- 5 9 54.80	19.744 004 0
	7 23 23 36.320	- 4 47 44.18	19.183 774 7		22 23 19 51.801	- 5 10 0.07	19.760 341 6
	8 23 23 28.524	- 4 48 32.67	19.191 204 1		23 23 19 50.750	- 5 10 4.15	19.776 777 3
	9 23 23 20.815	- 4 49 20.56	19.198 906 9		24 23 19 49.888	- 5 10 7.02	19.793 306 1
	10 23 23 13.197	- 4 50 7.81	19.206 880 4		25 23 19 49.215	- 5 10 8.66	19.809 922 5
	11 23 23 5.671	- 4 50 54.43	19.215 122 0		26 23 19 48.733	- 5 10 9.08	19.826 621 2
	12 23 22 58.242	- 4 51 40.38	19.223 629 0		27 23 19 48.444	- 5 10 8.27	19.843 396 8
13 23 22 50.912	- 4 52 25.65	19.232 398 7	28 23 19 48.346	- 5 10 6.23	19.860 243 7		
14 23 22 43.687	- 4 53 10.19	19.241 428 4	29 23 19 48.441	- 5 10 2.97	19.877 156 6		
15 23 22 36.571	- 4 53 54.00	19.250 715 3	30 23 19 48.726	- 5 9 58.48	19.894 129 7		
16 23 22 29.568	- 4 54 37.03	19.260 256 7	Déc.	1 23 19 49.203	- 5 9 52.79	19.911 157 7	
17 23 22 22.683	- 4 55 19.27	19.270 050 2		2 23 19 49.869	- 5 9 45.88	19.928 235 0	
18 23 22 15.918	- 4 56 0.70	19.280 092 9		3 23 19 50.724	- 5 9 37.78	19.945 356 0	
19 23 22 9.274	- 4 56 41.32	19.290 382 2		4 23 19 51.768	- 5 9 28.47	19.962 515 3	
20 23 22 2.753	- 4 57 21.13	19.300 915 4		5 23 19 53.000	- 5 9 17.96	19.979 707 4	
21 23 21 56.354	- 4 58 0.12	19.311 689 7		6 23 19 54.422	- 5 9 6.25	19.996 926 9	
22 23 21 50.080	- 4 58 38.28	19.322 702 0	7 23 19 56.032	- 5 8 53.33	20.014 168 5		
23 23 21 43.932	- 4 59 15.59	19.333 949 4	8 23 19 57.832	- 5 8 39.20	20.031 426 8		
24 23 21 37.914	- 4 59 52.04	19.345 428 4	9 23 19 59.823	- 5 8 23.86	20.048 696 6		
25 23 21 32.029	- 5 0 27.59	19.357 135 6	10 23 20 2.007	- 5 8 7.29	20.065 972 9		
26 23 21 26.282	- 5 1 2.23	19.369 067 4	11 23 20 4.384	- 5 7 49.50	20.083 250 7		
27 23 21 20.676	- 5 1 35.92	19.381 220 0	12 23 20 6.953	- 5 7 30.50	20.100 525 1		
28 23 21 15.217	- 5 2 8.64	19.393 589 5	13 23 20 9.712	- 5 7 10.30	20.117 791 4		
29 23 21 9.906	- 5 2 40.37	19.406 171 8	14 23 20 12.658	- 5 6 48.92	20.135 044 9		
30 23 21 4.748	- 5 3 11.09	19.418 962 7	15 23 20 15.788	- 5 6 26.38	20.152 280 8		
31 23 20 59.744	- 5 3 40.80	19.431 958 0	16 23 20 19.099	- 5 6 2.71	20.169 494 5		
Nov.	1 23 20 54.897	- 5 4 9.49	19.445 153 2	17 23 20 22.591	- 5 5 37.89	20.186 680 9	
	2 23 20 50.207	- 5 4 37.14	19.458 543 9	18 23 20 26.264	- 5 5 11.92	20.203 835 2	
	3 23 20 45.676	- 5 5 3.75	19.472 125 7	19 23 20 30.118	- 5 4 44.80	20.220 952 3	
	4 23 20 41.305	- 5 5 29.31	19.485 893 9	20 23 20 34.155	- 5 4 16.52	20.238 027 1	
	5 23 20 37.095	- 5 5 53.82	19.499 843 9	21 23 20 38.375	- 5 3 47.08	20.255 054 3	
	6 23 20 33.048	- 5 6 17.28	19.513 971 1	22 23 20 42.779	- 5 3 16.47	20.272 028 8	
	7 23 20 29.164	- 5 6 39.67	19.528 270 8	23 23 20 47.366	- 5 2 44.71	20.288 945 2	
	8 23 20 25.445	- 5 7 0.98	19.542 738 3	24 23 20 52.135	- 5 2 11.79	20.305 798 4	
	9 23 20 21.894	- 5 7 21.20	19.557 369 0	25 23 20 57.086	- 5 1 37.73	20.322 583 0	
	10 23 20 18.512	- 5 7 40.31	19.572 158 1	26 23 21 2.216	- 5 1 2.54	20.339 293 9	
	11 23 20 15.303	- 5 7 58.30	19.587 101 0	27 23 21 7.524	- 5 0 26.24	20.355 925 9	
12 23 20 12.270	- 5 8 15.14	19.602 193 2	28 23 21 13.007	- 4 59 48.84	20.372 473 7		
13 23 20 9.415	- 5 8 30.83	19.617 430 1	29 23 21 18.663	- 4 59 10.35	20.388 932 2		
14 23 20 6.741	- 5 8 45.35	19.632 807 3	30 23 21 24.489	- 4 58 30.79	20.405 296 4		
15 23 20 4.248	- 5 8 58.71	19.648 320 4	31 23 21 30.484	- 4 57 50.17	20.421 561 2		
16 23 20 1.934	- 5 9 10.92	19.663 965 1	32 23 21 36.645	- 4 57 8.50	20.437 721 8		

## NEPTUNE 2008 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	21 30 53.869	-15 1 1.30	30.774 018 5	Févr.	15	21 37 19.956	-14 29 52.59	31.026 793 2
	1	21 31 1.055	-15 0 26.81	30.785 354 8		16	21 37 28.880	-14 29 9.02	31.025 664 7
	2	21 31 8.325	-14 59 51.90	30.796 467 0		17	21 37 37.794	-14 28 25.51	31.024 248 1
	3	21 31 15.677	-14 59 16.58	30.807 351 8		18	21 37 46.694	-14 27 42.07	31.022 544 2
	4	21 31 23.110	-14 58 40.85	30.818 005 8		19	21 37 55.576	-14 26 58.71	31.020 553 9
	5	21 31 30.622	-14 58 4.73	30.828 425 5		20	21 38 4.437	-14 26 15.45	31.018 278 2
	6	21 31 38.212	-14 57 28.24	30.838 607 7		21	21 38 13.275	-14 25 32.29	31.015 717 8
	7	21 31 45.876	-14 56 51.38	30.848 549 3		22	21 38 22.089	-14 24 49.23	31.012 873 7
	8	21 31 53.612	-14 56 14.18	30.858 247 1		23	21 38 30.878	-14 24 6.25	31.009 746 7
	9	21 32 1.416	-14 55 36.65	30.867 698 1		24	21 38 39.643	-14 23 23.37	31.006 337 6
	10	21 32 9.284	-14 54 58.80	30.876 899 4		25	21 38 48.381	-14 22 40.60	31.002 647 3
	11	21 32 17.215	-14 54 20.64	30.885 848 4		26	21 38 57.094	-14 21 57.93	30.998 676 7
	12	21 32 25.206	-14 53 42.18	30.894 542 4		27	21 39 5.779	-14 21 15.38	30.994 426 8
	13	21 32 33.254	-14 53 3.41	30.902 978 9		28	21 39 14.434	-14 20 32.96	30.989 898 8
14	21 32 41.359	-14 52 24.34	30.911 155 9	29	21 39 23.058	-14 19 50.70	30.985 093 6		
15	21 32 49.521	-14 51 44.97	30.919 071 0	Mars	1	21 39 31.647	-14 19 8.60	30.980 012 6	
16	21 32 57.739	-14 51 5.29	30.926 722 5		2	21 39 40.200	-14 18 26.68	30.974 657 0	
17	21 33 6.013	-14 50 25.32	30.934 108 5		3	21 39 48.713	-14 17 44.96	30.969 028 3	
18	21 33 14.342	-14 49 45.07	30.941 227 5		4	21 39 57.183	-14 17 3.45	30.963 127 8	
19	21 33 22.723	-14 49 4.56	30.948 077 9		5	21 40 5.607	-14 16 22.17	30.956 957 3	
20	21 33 31.154	-14 48 23.81	30.954 658 2		6	21 40 13.981	-14 15 41.13	30.950 518 5	
21	21 33 39.630	-14 47 42.85	30.960 967 2		7	21 40 22.304	-14 15 0.32	30.943 813 2	
22	21 33 48.147	-14 47 1.69	30.967 003 4		8	21 40 30.574	-14 14 19.76	30.936 843 5	
23	21 33 56.702	-14 46 20.35	30.972 765 3		9	21 40 38.791	-14 13 39.44	30.929 611 7	
24	21 34 5.290	-14 45 38.83	30.978 251 7		10	21 40 46.954	-14 12 59.35	30.922 120 1	
25	21 34 13.912	-14 44 57.13	30.983 461 0	11	21 40 55.064	-14 12 19.51	30.914 371 4		
26	21 34 22.566	-14 44 15.24	30.988 391 8	12	21 41 3.120	-14 11 39.92	30.906 368 2		
27	21 34 31.251	-14 43 33.17	30.993 042 6	13	21 41 11.121	-14 11 0.61	30.898 113 3		
28	21 34 39.968	-14 42 50.92	30.997 412 0	14	21 41 19.064	-14 10 21.59	30.889 609 8		
29	21 34 48.715	-14 42 8.49	31.001 498 6	15	21 41 26.945	-14 9 42.89	30.880 860 5		
30	21 34 57.492	-14 41 25.90	31.005 301 1	16	21 41 34.760	-14 9 4.53	30.871 868 3		
31	21 35 6.296	-14 40 43.15	31.008 818 2	17	21 41 42.507	-14 8 26.53	30.862 636 1		
Févr.	1	21 35 15.126	-14 40 0.26	31.012 048 8	18	21 41 50.182	-14 7 48.88	30.853 167 0	
	2	21 35 23.980	-14 39 17.25	31.014 991 8	19	21 41 57.784	-14 7 11.59	30.843 463 6	
	3	21 35 32.854	-14 38 34.13	31.017 646 2	20	21 42 5.311	-14 6 34.66	30.833 528 9	
	4	21 35 41.746	-14 37 50.92	31.020 011 1	21	21 42 12.764	-14 5 58.09	30.823 365 7	
	5	21 35 50.653	-14 37 7.63	31.022 085 6	22	21 42 20.141	-14 5 21.87	30.812 976 7	
	6	21 35 59.570	-14 36 24.29	31.023 869 2	23	21 42 27.443	-14 4 46.01	30.802 364 9	
	7	21 36 8.495	-14 35 40.90	31.025 361 3	24	21 42 34.670	-14 4 10.52	30.791 532 9	
	8	21 36 17.424	-14 34 57.47	31.026 561 5	25	21 42 41.820	-14 3 35.40	30.780 483 7	
	9	21 36 26.356	-14 34 14.01	31.027 469 5	26	21 42 48.893	-14 3 0.66	30.769 220 3	
	10	21 36 35.289	-14 33 30.50	31.028 085 4	27	21 42 55.887	-14 2 26.32	30.757 745 4	
	11	21 36 44.223	-14 32 46.97	31.028 409 2	28	21 43 2.800	-14 1 52.39	30.746 062 2	
	12	21 36 53.158	-14 32 3.40	31.028 441 4	29	21 43 9.630	-14 1 18.88	30.734 173 7	
	13	21 37 2.092	-14 31 19.80	31.028 182 3	30	21 43 16.374	-14 0 45.82	30.722 083 1	
	14	21 37 11.025	-14 30 36.19	31.027 632 7	31	21 43 23.029	-14 0 13.20	30.709 793 5	

## NEPTUNE 2008 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>Avril</b>	1	21	43	29.594	-13	59	41.05	30.697 308 4	<b>Mai</b>	17	21	46	34.798	-13	44	54.84	29.982 795 0
	2	21	43	36.065	-13	59	9.38	30.684 631 1		18	21	46	35.988	-13	44	50.09	29.965 889 0
	3	21	43	42.441	-13	58	38.18	30.671 765 2		19	21	46	37.053	-13	44	45.97	29.948 999 5
	4	21	43	48.719	-13	58	7.47	30.658 714 2		20	21	46	37.994	-13	44	42.49	29.932 131 1
	5	21	43	54.900	-13	57	37.22	30.645 482 0		21	21	46	38.810	-13	44	39.65	29.915 288 0
	6	21	44	0.985	-13	57	7.45	30.632 072 5		22	21	46	39.502	-13	44	37.47	29.898 474 9
	7	21	44	6.973	-13	56	38.15	30.618 489 8		23	21	46	40.067	-13	44	35.94	29.881 696 2
	8	21	44	12.865	-13	56	9.32	30.604 738 2		24	21	46	40.506	-13	44	35.07	29.864 956 4
	9	21	44	18.661	-13	55	40.98	30.590 822 1		25	21	46	40.817	-13	44	34.87	29.848 260 0
	10	21	44	24.359	-13	55	13.15	30.576 745 9		26	21	46	41.000	-13	44	35.34	29.831 611 6
	11	21	44	29.956	-13	54	45.85	30.562 514 1		27	21	46	41.053	-13	44	36.47	29.815 015 7
	12	21	44	35.448	-13	54	19.10	30.548 131 0		28	21	46	40.976	-13	44	38.25	29.798 477 0
	13	21	44	40.832	-13	53	52.92	30.533 601 1		29	21	46	40.772	-13	44	40.69	29.782 000 1
	14	21	44	46.107	-13	53	27.30	30.518 928 6		30	21	46	40.439	-13	44	43.77	29.765 589 9
	15	21	44	51.270	-13	53	2.24	30.504 117 8		31	21	46	39.981	-13	44	47.48	29.749 251 1
16	21	44	56.321	-13	52	37.75	30.489 173 0	<b>Juin</b>	1	21	46	39.399	-13	44	51.80	29.732 988 7	
17	21	45	1.260	-13	52	13.82	30.474 098 3		2	21	46	38.697	-13	44	56.74	29.716 807 7	
18	21	45	6.088	-13	51	50.44	30.458 897 8		3	21	46	37.875	-13	45	2.29	29.700 713 3	
19	21	45	10.805	-13	51	27.62	30.443 575 5		4	21	46	36.932	-13	45	8.47	29.684 710 4	
20	21	45	15.411	-13	51	5.35	30.428 135 7		5	21	46	35.868	-13	45	15.30	29.668 804 1	
21	21	45	19.906	-13	50	43.63	30.412 582 3		6	21	46	34.680	-13	45	22.78	29.652 999 5	
22	21	45	24.291	-13	50	22.48	30.396 919 5		7	21	46	33.366	-13	45	30.91	29.637 301 4	
23	21	45	28.564	-13	50	1.90	30.381 151 4		8	21	46	31.927	-13	45	39.70	29.621 714 4	
24	21	45	32.724	-13	49	41.91	30.365 282 1		9	21	46	30.362	-13	45	49.12	29.606 243 2	
25	21	45	36.769	-13	49	22.51	30.349 315 8		10	21	46	28.673	-13	45	59.16	29.590 892 2	
26	21	45	40.698	-13	49	3.72	30.333 256 7		11	21	46	26.864	-13	46	9.80	29.575 665 6	
27	21	45	44.509	-13	48	45.54	30.317 109 1		12	21	46	24.935	-13	46	21.03	29.560 567 6	
28	21	45	48.199	-13	48	27.98	30.300 877 3		13	21	46	22.891	-13	46	32.85	29.545 602 5	
29	21	45	51.768	-13	48	11.06	30.284 565 6		14	21	46	20.732	-13	46	45.23	29.530 774 2	
30	21	45	55.214	-13	47	54.77	30.268 178 7		15	21	46	18.460	-13	46	58.19	29.516 086 7	
<b>Mai</b>	1	21	45	58.535	-13	47	39.10	30.251 720 9	16	21	46	16.076	-13	47	11.71	29.501 544 0	
	2	21	46	1.732	-13	47	24.06	30.235 196 9	17	21	46	13.582	-13	47	25.80	29.487 150 1	
	3	21	46	4.806	-13	47	9.64	30.218 611 6	18	21	46	10.977	-13	47	40.45	29.472 908 8	
	4	21	46	7.757	-13	46	55.83	30.201 969 7	19	21	46	8.262	-13	47	55.67	29.458 824 0	
	5	21	46	10.588	-13	46	42.63	30.185 276 4	20	21	46	5.437	-13	48	11.46	29.444 899 4	
	6	21	46	13.299	-13	46	30.04	30.168 536 7	21	21	46	2.501	-13	48	27.81	29.431 139 0	
	7	21	46	15.890	-13	46	18.07	30.151 755 8	22	21	45	59.456	-13	48	44.73	29.417 546 6	
	8	21	46	18.358	-13	46	6.75	30.134 939 0	23	21	45	56.300	-13	49	2.21	29.404 125 9	
	9	21	46	20.702	-13	45	56.10	30.118 091 4	24	21	45	53.035	-13	49	20.23	29.390 880 9	
	10	21	46	22.917	-13	45	46.12	30.101 218 1	25	21	45	49.663	-13	49	38.78	29.377 815 3	
	11	21	46	25.003	-13	45	36.82	30.084 324 2	26	21	45	46.185	-13	49	57.85	29.364 933 2	
	12	21	46	26.958	-13	45	28.19	30.067 414 6	27	21	45	42.604	-13	50	17.43	29.352 238 4	
	13	21	46	28.783	-13	45	20.22	30.050 493 9	28	21	45	38.923	-13	50	37.49	29.339 735 0	
	14	21	46	30.478	-13	45	12.92	30.033 567 0	29	21	45	35.145	-13	50	58.02	29.327 426 8	
	15	21	46	32.044	-13	45	6.25	30.016 638 5	30	21	45	31.273	-13	51	19.02	29.315 318 1	
16	21	46	33.484	-13	45	0.23	29.999 713 0	<b>Juill.</b>	1	21	45	27.308	-13	51	40.50	29.303 412 8	

## NEPTUNE 2008 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>	2	21	45	23.251	-13	52	2.45	29.291 715 0	<b>Août</b>	17	21	41	5.003	-14	14	37.08	29.025 323 5
	3	21	45	19.100	-13	52	24.89	29.280 228 5		18	21	40	58.638	-14	15	9.80	29.026 127 4
	4	21	45	14.854	-13	52	47.82	29.268 957 3		19	21	40	52.276	-14	15	42.46	29.027 224 4
	5	21	45	10.513	-13	53	11.23	29.257 904 9		20	21	40	45.921	-14	16	15.05	29.028 614 5
	6	21	45	6.078	-13	53	35.11	29.247 074 7		21	21	40	39.575	-14	16	47.55	29.030 297 7
	7	21	45	1.552	-13	53	59.43	29.236 470 2		22	21	40	33.245	-14	17	19.93	29.032 273 9
	8	21	44	56.937	-13	54	24.18	29.226 094 2		23	21	40	26.932	-14	17	52.20	29.034 542 9
	9	21	44	52.237	-13	54	49.32	29.215 949 9		24	21	40	20.640	-14	18	24.33	29.037 104 7
	10	21	44	47.456	-13	55	14.85	29.206 040 0		25	21	40	14.372	-14	18	56.34	29.039 959 1
	11	21	44	42.597	-13	55	40.75	29.196 367 3		26	21	40	8.127	-14	19	28.22	29.043 105 8
	12	21	44	37.662	-13	56	7.02	29.186 934 3		27	21	40	1.906	-14	19	59.97	29.046 544 3
	13	21	44	32.653	-13	56	33.64	29.177 743 7		28	21	39	55.710	-14	20	31.59	29.050 274 2
	14	21	44	27.573	-13	57	0.62	29.168 798 0		29	21	39	49.539	-14	21	3.07	29.054 294 6
	15	21	44	22.422	-13	57	27.94	29.160 099 6		30	21	39	43.396	-14	21	34.38	29.058 604 5
	16	21	44	17.202	-13	57	55.60	29.151 650 9		31	21	39	37.283	-14	22	5.50	29.063 202 8
	17	21	44	11.914	-13	58	23.61	29.143 454 2		<b>Sept.</b>	1	21	39	31.204	-14	22	36.41
18	21	44	6.558	-13	58	51.94	29.135 511 8	2	21		39	25.165	-14	23	7.09	29.073 259 1	
19	21	44	1.136	-13	59	20.61	29.127 826 0	3	21		39	19.168	-14	23	37.51	29.078 713 8	
20	21	43	55.647	-13	59	49.59	29.120 398 9	4	21		39	13.217	-14	24	7.66	29.084 450 6	
21	21	43	50.095	-14	0	18.88	29.113 232 8	5	21		39	7.316	-14	24	37.55	29.090 467 4	
22	21	43	44.481	-14	0	48.46	29.106 329 9	6	21	39	1.466	-14	25	7.14	29.096 762 3		
23	21	43	38.807	-14	1	18.30	29.099 692 4	7	21	38	55.671	-14	25	36.46	29.103 333 2		
24	21	43	33.077	-14	1	48.39	29.093 322 5	8	21	38	49.930	-14	26	5.47	29.110 177 9		
25	21	43	27.295	-14	2	18.71	29.087 222 5	9	21	38	44.247	-14	26	34.20	29.117 294 2		
26	21	43	21.465	-14	2	49.24	29.081 394 7	10	21	38	38.622	-14	27	2.62	29.124 679 9		
27	21	43	15.589	-14	3	19.98	29.075 841 1	11	21	38	33.056	-14	27	30.73	29.132 332 5		
28	21	43	9.670	-14	3	50.91	29.070 564 1	12	21	38	27.550	-14	27	58.53	29.140 249 7		
29	21	43	3.711	-14	4	22.05	29.065 565 8	13	21	38	22.106	-14	28	26.00	29.148 429 0		
30	21	42	57.710	-14	4	53.39	29.060 848 2	14	21	38	16.724	-14	28	53.14	29.156 868 1		
31	21	42	51.669	-14	5	24.94	29.056 413 3	15	21	38	11.409	-14	29	19.91	29.165 564 4		
<b>Août</b>	1	21	42	45.586	-14	5	56.68	29.052 262 9	16	21	38	6.162	-14	29	46.30	29.174 515 6	
	2	21	42	39.464	-14	6	28.60	29.048 398 6	17	21	38	0.988	-14	30	12.30	29.183 719 2	
	3	21	42	33.304	-14	7	0.69	29.044 821 6	18	21	37	55.889	-14	30	37.89	29.193 172 8	
	4	21	42	27.110	-14	7	32.91	29.041 533 1	19	21	37	50.871	-14	31	3.05	29.202 874 0	
	5	21	42	20.887	-14	8	5.24	29.038 534 3	20	21	37	45.935	-14	31	27.78	29.212 820 5	
	6	21	42	14.638	-14	8	37.65	29.035 825 7	21	21	37	41.083	-14	31	52.09	29.223 009 7	
	7	21	42	8.367	-14	9	10.14	29.033 408 2	22	21	37	36.315	-14	32	15.98	29.233 439 0	
	8	21	42	2.078	-14	9	42.69	29.031 282 3	23	21	37	31.632	-14	32	39.45	29.244 105 8	
	9	21	41	55.773	-14	10	15.29	29.029 448 5	24	21	37	27.033	-14	33	2.50	29.255 007 2	
	10	21	41	49.455	-14	10	47.94	29.027 907 1	25	21	37	22.519	-14	33	25.12	29.266 140 3	
	11	21	41	43.126	-14	11	20.62	29.026 658 5	26	21	37	18.091	-14	33	47.30	29.277 501 8	
	12	21	41	36.788	-14	11	53.33	29.025 702 9	27	21	37	13.751	-14	34	9.02	29.289 088 5	
	13	21	41	30.442	-14	12	26.06	29.025 040 5	28	21	37	9.503	-14	34	30.26	29.300 896 7	
	14	21	41	24.089	-14	12	58.81	29.024 671 3	29	21	37	5.349	-14	34	50.99	29.312 922 9	
	15	21	41	17.730	-14	13	31.57	29.024 595 4	30	21	37	1.293	-14	35	11.21	29.325 163 2	
	16	21	41	11.368	-14	14	4.34	29.024 812 8	<b>Oct.</b>	1	21	36	57.339	-14	35	30.90	29.337 613 7

## NEPTUNE 2008 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.	2	21 36 53.488	-14 35 50.05	29.350 270 3	Nov.	17	21 36 5.904	-14 39 43.61	30.078 902 5	
	3	21 36 49.743	-14 36 8.67	29.363 129 0		18	21 36 7.936	-14 39 33.53	30.096 112 5	
	4	21 36 46.105	-14 36 26.74	29.376 185 5		19	21 36 10.095	-14 39 22.81	30.113 301 0	
	5	21 36 42.576	-14 36 44.28	29.389 435 8		20	21 36 12.382	-14 39 11.47	30.130 462 8	
	6	21 36 39.155	-14 37 1.27	29.402 875 4		21	21 36 14.798	-14 38 59.47	30.147 592 6	
	7	21 36 35.844	-14 37 17.72	29.416 500 2		22	21 36 17.344	-14 38 46.83	30.164 685 3	
	8	21 36 32.642	-14 37 33.63	29.430 305 8		23	21 36 20.021	-14 38 33.52	30.181 735 3	
	9	21 36 29.551	-14 37 48.99	29.444 287 9		24	21 36 22.829	-14 38 19.54	30.198 737 5	
	10	21 36 26.569	-14 38 3.80	29.458 442 1		25	21 36 25.770	-14 38 4.91	30.215 686 2	
	11	21 36 23.699	-14 38 18.04	29.472 764 0		26	21 36 28.843	-14 37 49.61	30.232 576 3	
	12	21 36 20.941	-14 38 31.71	29.487 249 4		27	21 36 32.048	-14 37 33.67	30.249 402 2	
	13	21 36 18.298	-14 38 44.80	29.501 893 9		28	21 36 35.384	-14 37 17.08	30.266 158 6	
	14	21 36 15.771	-14 38 57.28	29.516 693 3		29	21 36 38.850	-14 36 59.87	30.282 840 3	
	15	21 36 13.364	-14 39 9.15	29.531 643 3		30	21 36 42.443	-14 36 42.03	30.299 441 8	
	16	21 36 11.079	-14 39 20.39	29.546 739 8		Déc.	1	21 36 46.162	-14 36 23.58	30.315 958 0
	17	21 36 8.920	-14 39 31.00	29.561 978 7			2	21 36 50.005	-14 36 4.52	30.332 383 8
18	21 36 6.886	-14 39 41.00	29.577 355 8	3	21 36 53.971		-14 35 44.87	30.348 714 1		
19	21 36 4.977	-14 39 50.38	29.592 867 0	4	21 36 58.056		-14 35 24.62	30.364 943 8		
20	21 36 3.193	-14 39 59.17	29.608 508 0	5	21 37 2.262		-14 35 3.78	30.381 068 1		
21	21 36 1.532	-14 40 7.36	29.624 274 3	6	21 37 6.586		-14 34 42.33	30.397 082 2		
22	21 35 59.993	-14 40 14.95	29.640 161 6	7	21 37 11.028		-14 34 20.29	30.412 981 3		
23	21 35 58.576	-14 40 21.94	29.656 165 0	8	21 37 15.589		-14 33 57.65	30.428 760 9		
24	21 35 57.283	-14 40 28.31	29.672 279 9	9	21 37 20.269		-14 33 34.40	30.444 416 4		
25	21 35 56.115	-14 40 34.04	29.688 501 2	10	21 37 25.068		-14 33 10.55	30.459 943 6		
26	21 35 55.074	-14 40 39.12	29.704 824 0	11	21 37 29.987		-14 32 46.10	30.475 338 3		
27	21 35 54.163	-14 40 43.55	29.721 243 1	12	21 37 35.025		-14 32 21.07	30.490 596 3		
28	21 35 53.384	-14 40 47.31	29.737 753 2	13	21 37 40.179		-14 31 55.48	30.505 713 7		
29	21 35 52.739	-14 40 50.39	29.754 349 0	14	21 37 45.445		-14 31 29.36	30.520 686 4		
30	21 35 52.228	-14 40 52.81	29.771 025 3	15	21 37 50.819		-14 31 2.71	30.535 510 4		
31	21 35 51.852	-14 40 54.56	29.787 776 6	16	21 37 56.298		-14 30 35.56	30.550 181 5		
Nov.	1	21 35 51.612	-14 40 55.64	29.804 597 5	17	21 38 1.880	-14 30 7.89	30.564 695 6		
	2	21 35 51.506	-14 40 56.07	29.821 482 8	18	21 38 7.565	-14 29 39.69	30.579 048 2		
	3	21 35 51.534	-14 40 55.85	29.838 426 9	19	21 38 13.353	-14 29 10.96	30.593 235 2		
	4	21 35 51.695	-14 40 54.98	29.855 424 6	20	21 38 19.244	-14 28 41.70	30.607 252 0		
	5	21 35 51.988	-14 40 53.46	29.872 470 5	21	21 38 25.239	-14 28 11.91	30.621 094 4		
	6	21 35 52.414	-14 40 51.30	29.889 559 3	22	21 38 31.338	-14 27 41.59	30.634 758 0		
	7	21 35 52.970	-14 40 48.49	29.906 685 6	23	21 38 37.539	-14 27 10.75	30.648 238 6		
	8	21 35 53.658	-14 40 45.02	29.923 844 4	24	21 38 43.842	-14 26 39.40	30.661 531 8		
	9	21 35 54.478	-14 40 40.90	29.941 030 3	25	21 38 50.244	-14 26 7.55	30.674 633 4		
	10	21 35 55.430	-14 40 36.10	29.958 238 3	26	21 38 56.744	-14 25 35.22	30.687 539 4		
	11	21 35 56.516	-14 40 30.62	29.975 463 4	27	21 39 3.339	-14 25 2.42	30.700 245 7		
	12	21 35 57.738	-14 40 24.46	29.992 700 6	28	21 39 10.026	-14 24 29.17	30.712 748 4		
	13	21 35 59.098	-14 40 17.61	30.009 945 3	29	21 39 16.803	-14 23 55.48	30.725 043 6		
	14	21 36 0.597	-14 40 10.09	30.027 192 5	30	21 39 23.667	-14 23 21.35	30.737 127 7		
	15	21 36 2.232	-14 40 1.90	30.044 437 6	31	21 39 30.615	-14 22 46.79	30.748 996 9		
	16	21 36 4.002	-14 39 53.07	30.061 675 9	32	21 39 37.646	-14 22 11.82	30.760 647 7		



## PLUTON ET PETITES PLANÈTES

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 2008 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	17 55 48.579	-17 8 53.73	32.357 045 47	<b>Juill.</b>	2	17 57 33.989	-17 3 45.77	30.492 127 47		
	4	17 56 24.754	-17 9 10.63	32.344 883 09		6	17 57 8.917	-17 4 20.30	30.509 031 22		
	8	17 57 0.452	-17 9 23.75	32.328 173 49		10	17 56 44.437	-17 4 57.95	30.530 434 69		
	12	17 57 35.531	-17 9 33.18	32.306 996 72		14	17 56 20.695	-17 5 38.65	30.556 222 48		
	16	17 58 9.849	-17 9 39.01	32.281 470 00		18	17 55 57.828	-17 6 22.31	30.586 266 70		
	20	17 58 43.275	-17 9 41.39	32.251 742 77		22	17 55 35.964	-17 7 8.83	30.620 432 84		
	24	17 59 15.691	-17 9 40.46	32.217 975 18		26	17 55 15.229	-17 7 58.15	30.658 582 45		
<b>Févr.</b>	28	17 59 46.985	-17 9 36.35	32.180 323 74		30	17 54 55.748	-17 8 50.18	30.700 567 04		
	1	18 0 17.039	-17 9 29.20	32.138 953 06	<b>Août</b>	3	17 54 37.652	-17 9 44.80	30.746 208 87		
	5	18 0 45.735	-17 9 19.17	32.094 051 63		7	17 54 21.060	-17 10 41.85	30.795 289 07		
		9	18 1 12.957	-17 9 6.47		32.045 837 07		11	17 54 6.076	-17 11 41.16	30.847 565 76
		13	18 1 38.594	-17 8 51.31		31.994 559 83		15	17 53 52.787	-17 12 42.56	30.902 792 74
	17	18 2 2.555	-17 8 33.95	31.940 493 56			19	17 53 41.270	-17 13 45.90	30.960 723 93	
	21	18 2 24.761	-17 8 14.63	31.883 911 76		23	17 53 31.596	-17 14 51.02	31.021 116 56		
	25	18 2 45.140	-17 7 53.55	31.825 078 27		27	17 53 23.837	-17 15 57.76	31.083 721 30		
<b>Mars</b>	29	18 3 3.621	-17 7 30.94	31.764 259 60	<b>Sept.</b>	31	17 53 18.061	-17 17 5.93	31.148 263 22		
	4	18 3 20.133	-17 7 7.03	31.701 739 30		4	17 53 14.325	-17 18 15.30	31.214 436 26		
	8	18 3 34.613	-17 6 42.09	31.637 821 64		8	17 53 12.665	-17 19 25.63	31.281 923 14		
	12	18 3 47.009	-17 6 16.40	31.572 835 04		12	17 53 13.102	-17 20 36.70	31.350 411 70		
	16	18 3 57.286	-17 5 50.24	31.507 118 80		16	17 53 15.647	-17 21 48.31	31.419 599 42		
	20	18 4 5.429	-17 5 23.87	31.440 997 97		20	17 53 20.303	-17 23 0.25	31.489 195 71		
<b>Avril</b>	24	18 4 11.429	-17 4 57.52	31.374 779 07		24	17 53 27.076	-17 24 12.31	31.558 909 11		
	28	18 4 15.278	-17 4 31.42	31.308 764 43	<b>Oct.</b>	28	17 53 35.966	-17 25 24.25	31.628 428 37		
	1	18 4 16.973	-17 4 5.80	31.243 263 50		2	17 53 46.959	-17 26 35.81	31.697 422 93		
	5	18 4 16.519	-17 3 40.92	31.178 596 79		6	17 54 0.023	-17 27 46.74	31.765 564 28		
		9	18 4 13.935	-17 3 17.04		31.115 097 46		10	17 54 15.112	-17 28 56.79	31.832 538 65
	13	18 4 9.261	-17 2 54.41	31.053 096 78			14	17 54 32.171	-17 30 5.75	31.898 052 00	
	17	18 4 2.554	-17 2 33.25	30.992 896 70		18	17 54 51.140	-17 31 13.42	31.961 830 78		
	21	18 3 53.876	-17 2 13.72	30.934 772 44		22	17 55 11.964	-17 32 19.59	32.023 607 40		
	25	18 3 43.289	-17 1 56.00	30.878 987 90		26	17 55 34.581	-17 33 24.02	32.083 100 10		
<b>Mai</b>	29	18 3 30.862	-17 1 40.28	30.825 805 05	<b>Nov.</b>	30	17 55 58.916	-17 34 26.48	32.140 020 99		
	3	18 3 16.671	-17 1 26.74	30.775 487 38		3	17 56 24.880	-17 35 26.75	32.194 095 99		
	7	18 3 0.806	-17 1 15.58	30.728 300 54		7	17 56 52.370	-17 36 24.63	32.245 075 77		
	11	18 2 43.376	-17 1 6.95	30.684 495 48		11	17 57 21.280	-17 37 19.97	32.292 738 78		
	15	18 2 24.504	-17 1 0.99	30.644 282 39		15	17 57 51.503	-17 38 12.62	32.336 891 82		
	19	18 2 4.313	-17 0 57.78	30.607 838 55		19	17 58 22.935	-17 39 2.43	32.377 352 62		
	23	18 1 42.926	-17 0 57.42	30.575 325 13		23	17 58 55.471	-17 39 49.23	32.413 931 38		
	27	18 1 20.466	-17 1 0.00	30.546 895 34		27	17 59 28.994	-17 40 32.90	32.446 442 20		
<b>Juin</b>	31	18 0 57.062	-17 1 5.62	30.522 697 22	<b>Déc.</b>	1	18 0 3.373	-17 41 13.29	32.474 723 38		
	4	18 0 32.855	-17 1 14.37	30.502 872 68		5	18 0 38.472	-17 41 50.32	32.498 645 38		
		8	18 0 8.001	-17 1 26.32		30.487 539 51		9	18 1 14.153	-17 42 23.95	32.518 112 53
		12	17 59 42.662	-17 1 41.50		30.476 768 34		13	18 1 50.280	-17 42 54.12	32.533 060 58
		16	17 59 16.993	-17 1 59.90		30.470 594 96		17	18 2 26.728	-17 43 20.83	32.543 440 54
	20	17 58 51.143	-17 2 21.52	30.469 038 62		21	18 3 3.369	-17 43 44.02	32.549 198 03		
	24	17 58 25.260	-17 2 46.37	30.472 108 71		25	18 3 40.065	-17 44 3.68	32.550 289 96		
	28	17 57 59.490	-17 3 14.45	30.479 807 66		29	18 4 16.672	-17 44 19.83	32.546 703 60		



## CÉRÈS 2008 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	17 55 48.579	-17 8 53.73	32.357 045 47	<b>Juill.</b>	2	17 57 33.989	-17 3 45.77	30.492 127 47		
	4	17 56 24.754	-17 9 10.63	32.344 883 09		6	17 57 8.917	-17 4 20.30	30.509 031 22		
	8	17 57 0.452	-17 9 23.75	32.328 173 49		10	17 56 44.437	-17 4 57.95	30.530 434 69		
	12	17 57 35.531	-17 9 33.18	32.306 996 72		14	17 56 20.695	-17 5 38.65	30.556 222 48		
	16	17 58 9.849	-17 9 39.01	32.281 470 00		18	17 55 57.828	-17 6 22.31	30.586 266 70		
	20	17 58 43.275	-17 9 41.39	32.251 742 77		22	17 55 35.964	-17 7 8.83	30.620 432 84		
	24	17 59 15.691	-17 9 40.46	32.217 975 18		26	17 55 15.229	-17 7 58.15	30.658 582 45		
<b>Févr.</b>	28	17 59 46.985	-17 9 36.35	32.180 323 74		30	17 54 55.748	-17 8 50.18	30.700 567 04		
	1	18 0 17.039	-17 9 29.20	32.138 953 06	<b>Août</b>	3	17 54 37.652	-17 9 44.80	30.746 208 87		
	5	18 0 45.735	-17 9 19.17	32.094 051 63		7	17 54 21.060	-17 10 41.85	30.795 289 07		
		9	18 1 12.957	-17 9 6.47		32.045 837 07		11	17 54 6.076	-17 11 41.16	30.847 565 76
		13	18 1 38.594	-17 8 51.31		31.994 559 83		15	17 53 52.787	-17 12 42.56	30.902 792 74
	17	18 2 2.555	-17 8 33.95	31.940 493 56			19	17 53 41.270	-17 13 45.90	30.960 723 93	
	21	18 2 24.761	-17 8 14.63	31.883 911 76		23	17 53 31.596	-17 14 51.02	31.021 116 56		
	25	18 2 45.140	-17 7 53.55	31.825 078 27		27	17 53 23.837	-17 15 57.76	31.083 721 30		
<b>Mars</b>	29	18 3 3.621	-17 7 30.94	31.764 259 60	<b>Sept.</b>	31	17 53 18.061	-17 17 5.93	31.148 263 22		
	4	18 3 20.133	-17 7 7.03	31.701 739 30		4	17 53 14.325	-17 18 15.30	31.214 436 26		
	8	18 3 34.613	-17 6 42.09	31.637 821 64		8	17 53 12.665	-17 19 25.63	31.281 923 14		
	12	18 3 47.009	-17 6 16.40	31.572 835 04		12	17 53 13.102	-17 20 36.70	31.350 411 70		
	16	18 3 57.286	-17 5 50.24	31.507 118 80		16	17 53 15.647	-17 21 48.31	31.419 599 42		
	20	18 4 5.429	-17 5 23.87	31.440 997 97		20	17 53 20.303	-17 23 0.25	31.489 195 71		
<b>Avril</b>	24	18 4 11.429	-17 4 57.52	31.374 779 07		24	17 53 27.076	-17 24 12.31	31.558 909 11		
	28	18 4 15.278	-17 4 31.42	31.308 764 43	<b>Oct.</b>	28	17 53 35.966	-17 25 24.25	31.628 428 37		
	1	18 4 16.973	-17 4 5.80	31.243 263 50		2	17 53 46.959	-17 26 35.81	31.697 422 93		
	5	18 4 16.519	-17 3 40.92	31.178 596 79		6	17 54 0.023	-17 27 46.74	31.765 564 28		
		9	18 4 13.935	-17 3 17.04		31.115 097 46		10	17 54 15.112	-17 28 56.79	31.832 538 65
	13	18 4 9.261	-17 2 54.41	31.053 096 78			14	17 54 32.171	-17 30 5.75	31.898 052 00	
	17	18 4 2.554	-17 2 33.25	30.992 896 70		18	17 54 51.140	-17 31 13.42	31.961 830 78		
	21	18 3 53.876	-17 2 13.72	30.934 772 44		22	17 55 11.964	-17 32 19.59	32.023 607 40		
	25	18 3 43.289	-17 1 56.00	30.878 987 90		26	17 55 34.581	-17 33 24.02	32.083 100 10		
<b>Mai</b>	29	18 3 30.862	-17 1 40.28	30.825 805 05	<b>Nov.</b>	30	17 55 58.916	-17 34 26.48	32.140 020 99		
	3	18 3 16.671	-17 1 26.74	30.775 487 38		3	17 56 24.880	-17 35 26.75	32.194 095 99		
	7	18 3 0.806	-17 1 15.58	30.728 300 54		7	17 56 52.370	-17 36 24.63	32.245 075 77		
	11	18 2 43.376	-17 1 6.95	30.684 495 48		11	17 57 21.280	-17 37 19.97	32.292 738 78		
	15	18 2 24.504	-17 1 0.99	30.644 282 39		15	17 57 51.503	-17 38 12.62	32.336 891 82		
	19	18 2 4.313	-17 0 57.78	30.607 838 55		19	17 58 22.935	-17 39 2.43	32.377 352 62		
	23	18 1 42.926	-17 0 57.42	30.575 325 13		23	17 58 55.471	-17 39 49.23	32.413 931 38		
	27	18 1 20.466	-17 1 0.00	30.546 895 34		27	17 59 28.994	-17 40 32.90	32.446 442 20		
<b>Juin</b>	31	18 0 57.062	-17 1 5.62	30.522 697 22	<b>Déc.</b>	1	18 0 3.373	-17 41 13.29	32.474 723 38		
	4	18 0 32.855	-17 1 14.37	30.502 872 68		5	18 0 38.472	-17 41 50.32	32.498 645 38		
		8	18 0 8.001	-17 1 26.32		30.487 539 51		9	18 1 14.153	-17 42 23.95	32.518 112 53
		12	17 59 42.662	-17 1 41.50		30.476 768 34		13	18 1 50.280	-17 42 54.12	32.533 060 58
		16	17 59 16.993	-17 1 59.90		30.470 594 96		17	18 2 26.728	-17 43 20.83	32.543 440 54
	20	17 58 51.143	-17 2 21.52	30.469 038 62		21	18 3 3.369	-17 43 44.02	32.549 198 03		
	24	17 58 25.260	-17 2 46.37	30.472 108 71		25	18 3 40.065	-17 44 3.68	32.550 289 96		
	28	17 57 59.490	-17 3 14.45	30.479 807 66		29	18 4 16.672	-17 44 19.83	32.546 703 60		

## PALLAS 2008 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	17 55 48.579	-17 8 53.73	32.357 045 47	<b>Juill.</b>	2	17 57 33.989	-17 3 45.77	30.492 127 47		
	4	17 56 24.754	-17 9 10.63	32.344 883 09		6	17 57 8.917	-17 4 20.30	30.509 031 22		
	8	17 57 0.452	-17 9 23.75	32.328 173 49		10	17 56 44.437	-17 4 57.95	30.530 434 69		
	12	17 57 35.531	-17 9 33.18	32.306 996 72		14	17 56 20.695	-17 5 38.65	30.556 222 48		
	16	17 58 9.849	-17 9 39.01	32.281 470 00		18	17 55 57.828	-17 6 22.31	30.586 266 70		
	20	17 58 43.275	-17 9 41.39	32.251 742 77		22	17 55 35.964	-17 7 8.83	30.620 432 84		
	24	17 59 15.691	-17 9 40.46	32.217 975 18		26	17 55 15.229	-17 7 58.15	30.658 582 45		
<b>Févr.</b>	28	17 59 46.985	-17 9 36.35	32.180 323 74		30	17 54 55.748	-17 8 50.18	30.700 567 04		
	1	18 0 17.039	-17 9 29.20	32.138 953 06	<b>Août</b>	3	17 54 37.652	-17 9 44.80	30.746 208 87		
	5	18 0 45.735	-17 9 19.17	32.094 051 63		7	17 54 21.060	-17 10 41.85	30.795 289 07		
		9	18 1 12.957	-17 9 6.47		32.045 837 07		11	17 54 6.076	-17 11 41.16	30.847 565 76
		13	18 1 38.594	-17 8 51.31		31.994 559 83		15	17 53 52.787	-17 12 42.56	30.902 792 74
	17	18 2 2.555	-17 8 33.95	31.940 493 56			19	17 53 41.270	-17 13 45.90	30.960 723 93	
	21	18 2 24.761	-17 8 14.63	31.883 911 76		23	17 53 31.596	-17 14 51.02	31.021 116 56		
	25	18 2 45.140	-17 7 53.55	31.825 078 27		27	17 53 23.837	-17 15 57.76	31.083 721 30		
<b>Mars</b>	29	18 3 3.621	-17 7 30.94	31.764 259 60	<b>Sept.</b>	31	17 53 18.061	-17 17 5.93	31.148 263 22		
	4	18 3 20.133	-17 7 7.03	31.701 739 30		4	17 53 14.325	-17 18 15.30	31.214 436 26		
	8	18 3 34.613	-17 6 42.09	31.637 821 64		8	17 53 12.665	-17 19 25.63	31.281 923 14		
	12	18 3 47.009	-17 6 16.40	31.572 835 04		12	17 53 13.102	-17 20 36.70	31.350 411 70		
	16	18 3 57.286	-17 5 50.24	31.507 118 80		16	17 53 15.647	-17 21 48.31	31.419 599 42		
	20	18 4 5.429	-17 5 23.87	31.440 997 97		20	17 53 20.303	-17 23 0.25	31.489 195 71		
<b>Avril</b>	24	18 4 11.429	-17 4 57.52	31.374 779 07		24	17 53 27.076	-17 24 12.31	31.558 909 11		
	28	18 4 15.278	-17 4 31.42	31.308 764 43	<b>Oct.</b>	28	17 53 35.966	-17 25 24.25	31.628 428 37		
	1	18 4 16.973	-17 4 5.80	31.243 263 50		2	17 53 46.959	-17 26 35.81	31.697 422 93		
	5	18 4 16.519	-17 3 40.92	31.178 596 79		6	17 54 0.023	-17 27 46.74	31.765 564 28		
		9	18 4 13.935	-17 3 17.04		31.115 097 46		10	17 54 15.112	-17 28 56.79	31.832 538 65
	13	18 4 9.261	-17 2 54.41	31.053 096 78			14	17 54 32.171	-17 30 5.75	31.898 052 00	
	17	18 4 2.554	-17 2 33.25	30.992 896 70		18	17 54 51.140	-17 31 13.42	31.961 830 78		
	21	18 3 53.876	-17 2 13.72	30.934 772 44		22	17 55 11.964	-17 32 19.59	32.023 607 40		
	25	18 3 43.289	-17 1 56.00	30.878 987 90		26	17 55 34.581	-17 33 24.02	32.083 100 10		
<b>Mai</b>	29	18 3 30.862	-17 1 40.28	30.825 805 05	<b>Nov.</b>	30	17 55 58.916	-17 34 26.48	32.140 020 99		
	3	18 3 16.671	-17 1 26.74	30.775 487 38		3	17 56 24.880	-17 35 26.75	32.194 095 99		
	7	18 3 0.806	-17 1 15.58	30.728 300 54		7	17 56 52.370	-17 36 24.63	32.245 075 77		
	11	18 2 43.376	-17 1 6.95	30.684 495 48		11	17 57 21.280	-17 37 19.97	32.292 738 78		
	15	18 2 24.504	-17 1 0.99	30.644 282 39		15	17 57 51.503	-17 38 12.62	32.336 891 82		
	19	18 2 4.313	-17 0 57.78	30.607 838 55		19	17 58 22.935	-17 39 2.43	32.377 352 62		
	23	18 1 42.926	-17 0 57.42	30.575 325 13		23	17 58 55.471	-17 39 49.23	32.413 931 38		
	27	18 1 20.466	-17 1 0.00	30.546 895 34		27	17 59 28.994	-17 40 32.90	32.446 442 20		
<b>Juin</b>	31	18 0 57.062	-17 1 5.62	30.522 697 22	<b>Déc.</b>	1	18 0 3.373	-17 41 13.29	32.474 723 38		
	4	18 0 32.855	-17 1 14.37	30.502 872 68		5	18 0 38.472	-17 41 50.32	32.498 645 38		
		8	18 0 8.001	-17 1 26.32		30.487 539 51		9	18 1 14.153	-17 42 23.95	32.518 112 53
		12	17 59 42.662	-17 1 41.50		30.476 768 34		13	18 1 50.280	-17 42 54.12	32.533 060 58
		16	17 59 16.993	-17 1 59.90		30.470 594 96		17	18 2 26.728	-17 43 20.83	32.543 440 54
	20	17 58 51.143	-17 2 21.52	30.469 038 62		21	18 3 3.369	-17 43 44.02	32.549 198 03		
	24	17 58 25.260	-17 2 46.37	30.472 108 71		25	18 3 40.065	-17 44 3.68	32.550 289 96		
	28	17 57 59.490	-17 3 14.45	30.479 807 66		29	18 4 16.672	-17 44 19.83	32.546 703 60		

## JUNON 2008 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	17 55 48.579	-17 8 53.73	32.357 045 47	<b>Juill.</b>	2	17 57 33.989	-17 3 45.77	30.492 127 47		
	4	17 56 24.754	-17 9 10.63	32.344 883 09		6	17 57 8.917	-17 4 20.30	30.509 031 22		
	8	17 57 0.452	-17 9 23.75	32.328 173 49		10	17 56 44.437	-17 4 57.95	30.530 434 69		
	12	17 57 35.531	-17 9 33.18	32.306 996 72		14	17 56 20.695	-17 5 38.65	30.556 222 48		
	16	17 58 9.849	-17 9 39.01	32.281 470 00		18	17 55 57.828	-17 6 22.31	30.586 266 70		
	20	17 58 43.275	-17 9 41.39	32.251 742 77		22	17 55 35.964	-17 7 8.83	30.620 432 84		
	24	17 59 15.691	-17 9 40.46	32.217 975 18		26	17 55 15.229	-17 7 58.15	30.658 582 45		
<b>Févr.</b>	28	17 59 46.985	-17 9 36.35	32.180 323 74	30	17 54 55.748	-17 8 50.18	30.700 567 04			
	1	18 0 17.039	-17 9 29.20	32.138 953 06	<b>Août</b>	3	17 54 37.652	-17 9 44.80	30.746 208 87		
	5	18 0 45.735	-17 9 19.17	32.094 051 63		7	17 54 21.060	-17 10 41.85	30.795 289 07		
		9	18 1 12.957	-17 9 6.47		32.045 837 07		11	17 54 6.076	-17 11 41.16	30.847 565 76
		13	18 1 38.594	-17 8 51.31		31.994 559 83		15	17 53 52.787	-17 12 42.56	30.902 792 74
	17	18 2 2.555	-17 8 33.95	31.940 493 56			19	17 53 41.270	-17 13 45.90	30.960 723 93	
	21	18 2 24.761	-17 8 14.63	31.883 911 76		23	17 53 31.596	-17 14 51.02	31.021 116 56		
	25	18 2 45.140	-17 7 53.55	31.825 078 27		27	17 53 23.837	-17 15 57.76	31.083 721 30		
<b>Mars</b>	29	18 3 3.621	-17 7 30.94	31.764 259 60	<b>Sept.</b>	31	17 53 18.061	-17 17 5.93	31.148 263 22		
	4	18 3 20.133	-17 7 7.03	31.701 739 30		4	17 53 14.325	-17 18 15.30	31.214 436 26		
	8	18 3 34.613	-17 6 42.09	31.637 821 64		8	17 53 12.665	-17 19 25.63	31.281 923 14		
	12	18 3 47.009	-17 6 16.40	31.572 835 04		12	17 53 13.102	-17 20 36.70	31.350 411 70		
	16	18 3 57.286	-17 5 50.24	31.507 118 80		16	17 53 15.647	-17 21 48.31	31.419 599 42		
	20	18 4 5.429	-17 5 23.87	31.440 997 97		20	17 53 20.303	-17 23 0.25	31.489 195 71		
<b>Avril</b>	24	18 4 11.429	-17 4 57.52	31.374 779 07	24	17 53 27.076	-17 24 12.31	31.558 909 11			
	28	18 4 15.278	-17 4 31.42	31.308 764 43	28	17 53 35.966	-17 25 24.25	31.628 428 37			
	1	18 4 16.973	-17 4 5.80	31.243 263 50	<b>Oct.</b>	2	17 53 46.959	-17 26 35.81	31.697 422 93		
	5	18 4 16.519	-17 3 40.92	31.178 596 79		6	17 54 0.023	-17 27 46.74	31.765 564 28		
		9	18 4 13.935	-17 3 17.04		31.115 097 46		10	17 54 15.112	-17 28 56.79	31.832 538 65
	13	18 4 9.261	-17 2 54.41	31.053 096 78			14	17 54 32.171	-17 30 5.75	31.898 052 00	
	17	18 4 2.554	-17 2 33.25	30.992 896 70			18	17 54 51.140	-17 31 13.42	31.961 830 78	
	21	18 3 53.876	-17 2 13.72	30.934 772 44		22	17 55 11.964	-17 32 19.59	32.023 607 40		
	25	18 3 43.289	-17 1 56.00	30.878 987 90		26	17 55 34.581	-17 33 24.02	32.083 100 10		
<b>Mai</b>	29	18 3 30.862	-17 1 40.28	30.825 805 05	<b>Nov.</b>	30	17 55 58.916	-17 34 26.48	32.140 020 99		
	3	18 3 16.671	-17 1 26.74	30.775 487 38		3	17 56 24.880	-17 35 26.75	32.194 095 99		
	7	18 3 0.806	-17 1 15.58	30.728 300 54		7	17 56 52.370	-17 36 24.63	32.245 075 77		
	11	18 2 43.376	-17 1 6.95	30.684 495 48		11	17 57 21.280	-17 37 19.97	32.292 738 78		
	15	18 2 24.504	-17 1 0.99	30.644 282 39		15	17 57 51.503	-17 38 12.62	32.336 891 82		
	19	18 2 4.313	-17 0 57.78	30.607 838 55		19	17 58 22.935	-17 39 2.43	32.377 352 62		
	23	18 1 42.926	-17 0 57.42	30.575 325 13		23	17 58 55.471	-17 39 49.23	32.413 931 38		
	27	18 1 20.466	-17 1 0.00	30.546 895 34		27	17 59 28.994	-17 40 32.90	32.446 442 20		
<b>Juin</b>	31	18 0 57.062	-17 1 5.62	30.522 697 22	<b>Déc.</b>	1	18 0 3.373	-17 41 13.29	32.474 723 38		
	4	18 0 32.855	-17 1 14.37	30.502 872 68		5	18 0 38.472	-17 41 50.32	32.498 645 38		
		8	18 0 8.001	-17 1 26.32		30.487 539 51		9	18 1 14.153	-17 42 23.95	32.518 112 53
		12	17 59 42.662	-17 1 41.50		30.476 768 34		13	18 1 50.280	-17 42 54.12	32.533 060 58
		16	17 59 16.993	-17 1 59.90		30.470 594 96		17	18 2 26.728	-17 43 20.83	32.543 440 54
	20	17 58 51.143	-17 2 21.52	30.469 038 62		21	18 3 3.369	-17 43 44.02	32.549 198 03		
	24	17 58 25.260	-17 2 46.37	30.472 108 71		25	18 3 40.065	-17 44 3.68	32.550 289 96		
	28	17 57 59.490	-17 3 14.45	30.479 807 66		29	18 4 16.672	-17 44 19.83	32.546 703 60		

## VESTA 2008 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	17 55 48.579	-17 8 53.73	32.357 045 47	<b>Juill.</b>	2	17 57 33.989	-17 3 45.77	30.492 127 47
	4	17 56 24.754	-17 9 10.63	32.344 883 09		6	17 57 8.917	-17 4 20.30	30.509 031 22
	8	17 57 0.452	-17 9 23.75	32.328 173 49		10	17 56 44.437	-17 4 57.95	30.530 434 69
	12	17 57 35.531	-17 9 33.18	32.306 996 72		14	17 56 20.695	-17 5 38.65	30.556 222 48
	16	17 58 9.849	-17 9 39.01	32.281 470 00		18	17 55 57.828	-17 6 22.31	30.586 266 70
	20	17 58 43.275	-17 9 41.39	32.251 742 77	22	17 55 35.964	-17 7 8.83	30.620 432 84	
	24	17 59 15.691	-17 9 40.46	32.217 975 18	26	17 55 15.229	-17 7 58.15	30.658 582 45	
<b>Févr.</b>	28	17 59 46.985	-17 9 36.35	32.180 323 74	30	17 54 55.748	-17 8 50.18	30.700 567 04	
	1	18 0 17.039	-17 9 29.20	32.138 953 06	<b>Août</b>	3	17 54 37.652	-17 9 44.80	30.746 208 87
	5	18 0 45.735	-17 9 19.17	32.094 051 63		7	17 54 21.060	-17 10 41.85	30.795 289 07
	9	18 1 12.957	-17 9 6.47	32.045 837 07		11	17 54 6.076	-17 11 41.16	30.847 565 76
	13	18 1 38.594	-17 8 51.31	31.994 559 83		15	17 53 52.787	-17 12 42.56	30.902 792 74
17	18 2 2.555	-17 8 33.95	31.940 493 56	19		17 53 41.270	-17 13 45.90	30.960 723 93	
	21	18 2 24.761	-17 8 14.63	31.883 911 76	23	17 53 31.596	-17 14 51.02	31.021 116 56	
	25	18 2 45.140	-17 7 53.55	31.825 078 27	27	17 53 23.837	-17 15 57.76	31.083 721 30	
<b>Mars</b>	29	18 3 3.621	-17 7 30.94	31.764 259 60	<b>Sept.</b>	31	17 53 18.061	-17 17 5.93	31.148 263 22
	4	18 3 20.133	-17 7 7.03	31.701 739 30		4	17 53 14.325	-17 18 15.30	31.214 436 26
	8	18 3 34.613	-17 6 42.09	31.637 821 64		8	17 53 12.665	-17 19 25.63	31.281 923 14
	12	18 3 47.009	-17 6 16.40	31.572 835 04		12	17 53 13.102	-17 20 36.70	31.350 411 70
	16	18 3 57.286	-17 5 50.24	31.507 118 80		16	17 53 15.647	-17 21 48.31	31.419 599 42
	20	18 4 5.429	-17 5 23.87	31.440 997 97	20	17 53 20.303	-17 23 0.25	31.489 195 71	
<b>Avril</b>	24	18 4 11.429	-17 4 57.52	31.374 779 07	24	17 53 27.076	-17 24 12.31	31.558 909 11	
	28	18 4 15.278	-17 4 31.42	31.308 764 43	28	17 53 35.966	-17 25 24.25	31.628 428 37	
	1	18 4 16.973	-17 4 5.80	31.243 263 50	<b>Oct.</b>	2	17 53 46.959	-17 26 35.81	31.697 422 93
	5	18 4 16.519	-17 3 40.92	31.178 596 79		6	17 54 0.023	-17 27 46.74	31.765 564 28
	9	18 4 13.935	-17 3 17.04	31.115 097 46		10	17 54 15.112	-17 28 56.79	31.832 538 65
13	18 4 9.261	-17 2 54.41	31.053 096 78	14		17 54 32.171	-17 30 5.75	31.898 052 00	
17	18 4 2.554	-17 2 33.25	30.992 896 70	18		17 54 51.140	-17 31 13.42	31.961 830 78	
	21	18 3 53.876	-17 2 13.72	30.934 772 44	22	17 55 11.964	-17 32 19.59	32.023 607 40	
	25	18 3 43.289	-17 1 56.00	30.878 987 90	26	17 55 34.581	-17 33 24.02	32.083 100 10	
<b>Mai</b>	29	18 3 30.862	-17 1 40.28	30.825 805 05	<b>Nov.</b>	30	17 55 58.916	-17 34 26.48	32.140 020 99
	3	18 3 16.671	-17 1 26.74	30.775 487 38		3	17 56 24.880	-17 35 26.75	32.194 095 99
	7	18 3 0.806	-17 1 15.58	30.728 300 54		7	17 56 52.370	-17 36 24.63	32.245 075 77
	11	18 2 43.376	-17 1 6.95	30.684 495 48		11	17 57 21.280	-17 37 19.97	32.292 738 78
	15	18 2 24.504	-17 1 0.99	30.644 282 39		15	17 57 51.503	-17 38 12.62	32.336 891 82
	19	18 2 4.313	-17 0 57.78	30.607 838 55	19	17 58 22.935	-17 39 2.43	32.377 352 62	
	23	18 1 42.926	-17 0 57.42	30.575 325 13	23	17 58 55.471	-17 39 49.23	32.413 931 38	
	27	18 1 20.466	-17 1 0.00	30.546 895 34	27	17 59 28.994	-17 40 32.90	32.446 442 20	
<b>Juin</b>	31	18 0 57.062	-17 1 5.62	30.522 697 22	<b>Déc.</b>	1	18 0 3.373	-17 41 13.29	32.474 723 38
	4	18 0 32.855	-17 1 14.37	30.502 872 68		5	18 0 38.472	-17 41 50.32	32.498 645 38
	8	18 0 8.001	-17 1 26.32	30.487 539 51		9	18 1 14.153	-17 42 23.95	32.518 112 53
	12	17 59 42.662	-17 1 41.50	30.476 768 34		13	18 1 50.280	-17 42 54.12	32.533 060 58
	16	17 59 16.993	-17 1 59.90	30.470 594 96		17	18 2 26.728	-17 43 20.83	32.543 440 54
	20	17 58 51.143	-17 2 21.52	30.469 038 62	21	18 3 3.369	-17 43 44.02	32.549 198 03	
	24	17 58 25.260	-17 2 46.37	30.472 108 71	25	18 3 40.065	-17 44 3.68	32.550 289 96	
	28	17 57 59.490	-17 3 14.45	30.479 807 66	29	18 4 16.672	-17 44 19.83	32.546 703 60	

# SATELLITES DE MARS

Coordonnées différentielles tangentielles (X,Y)  
aux heures les plus proches des plus grandes élongations est

PHOBOS .....	II. 98
DÉIMOS .....	II. 106

## PHOBOS 2008

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	"	"	
Janv.	1 7	18.880	9.616	Janv.	16 14	16.337	8.983	Janv.	31 22	13.863	8.000	
	1 15	18.000	9.088		16 22	16.682	9.298		Févr.	1 5	14.027	7.835
	1 22	18.284	9.442		17 6	15.677	8.865			1 13	14.387	8.173
	2 6	18.747	9.607		17 13	16.314	9.007			1 21	13.602	7.858
	2 14	17.668	8.994		17 21	16.493	9.237			2 4	13.995	7.829
	2 21	18.326	9.505		18 5	15.338	8.724			2 12	14.230	8.091
	3 5	18.583	9.585		18 12	16.268	9.018			2 20	13.334	7.708
	3 13	17.312	8.887		18 20	16.285	9.164			3 3	13.949	7.812
	3 20	18.336	9.555		19 3	15.039	8.235			3 11	14.063	8.001
	4 4	18.390	9.549		19 11	16.201	9.017			3 19	13.060	7.552
	4 11	16.966	8.916		19 19	16.061	9.079			4 2	13.890	7.785
	4 19	18.315	9.593		20 2	15.113	8.305			4 10	13.887	7.903
	5 3	18.168	9.499		20 10	16.114	9.004			4 17	12.847	7.087
	5 10	17.114	9.024		20 18	15.820	8.983			5 1	13.819	7.750
	5 18	18.263	9.616		21 1	15.165	8.362			5 9	13.701	7.797
	6 2	17.920	9.436		21 9	16.007	8.978			5 16	12.883	7.115
6 9	17.231	9.119	21 17	15.566	8.876	6 0	13.737	7.705				
6 17	18.181	9.626	22 0	15.195	8.408	6 8	13.506	7.683				
7 1	17.647	9.359	22 8	15.883	8.941	6 15	12.906	7.134				
7 8	17.317	9.201	22 16	15.297	8.758	6 23	13.644	7.652				
7 16	18.071	9.623	22 23	15.206	8.442	7 7	13.304	7.563				
8 0	17.349	9.270	23 7	15.742	8.893	7 14	12.917	7.143				
8 7	17.373	9.270	23 15	15.016	8.631	7 22	13.540	7.591				
8 15	17.933	9.606	23 22	15.197	8.464	8 6	13.095	7.435				
8 23	17.030	9.167	24 6	15.585	8.833	8 13	12.915	7.143				
9 6	17.400	9.326	24 14	14.723	8.494	8 21	13.427	7.522				
9 14	17.770	9.575	24 21	15.169	8.475	9 5	12.879	7.302				
9 22	16.689	9.051	25 5	15.413	8.763	9 12	12.902	7.135				
10 5	17.399	9.369	25 13	14.420	8.348	9 20	13.304	7.444				
10 13	17.581	9.531	25 20	15.125	8.474	10 4	12.656	7.162				
10 21	16.329	8.923	26 4	15.226	8.682	10 11	12.878	7.118				
11 4	17.370	9.399	26 12	14.108	8.194	10 19	13.173	7.360				
11 12	17.369	9.474	26 19	15.063	8.462	11 3	12.428	7.016				
11 19	16.092	8.672	27 3	15.027	8.591	11 10	12.843	7.093				
12 3	17.314	9.415	27 10	13.962	7.715	11 18	13.033	7.268				
12 11	17.134	9.403	27 18	14.985	8.439	12 2	12.195	6.866				
12 18	16.193	8.760	28 2	14.815	8.491	12 9	12.798	7.059				
13 2	17.234	9.417	28 9	14.008	7.761	12 17	12.886	7.170				
13 10	16.879	9.320	28 17	14.893	8.406	13 1	11.957	6.710				
13 17	16.267	8.835	29 1	14.592	8.381	13 8	12.744	7.018				
14 1	17.129	9.407	29 8	14.036	7.795	13 16	12.732	7.065				
14 9	16.604	9.224	29 16	14.786	8.362	13 23	11.796	6.431				
14 16	16.315	8.897	30 0	14.358	8.262	14 7	12.681	6.969				
15 0	17.001	9.384	30 7	14.049	7.819	14 15	12.571	6.954				
15 8	16.311	9.116	30 15	14.665	8.309	14 22	11.825	6.440				
15 15	16.338	8.947	30 23	14.115	8.135	15 6	12.609	6.913				
15 23	16.852	9.347	31 6	14.045	7.832	15 14	12.403	6.838				
16 7	16.002	8.996	31 14	14.532	8.245	15 21	11.844	6.441				

## PHOBOS 2008

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>Févr.</b>	16 5	12.528	6.850	<b>Mars</b>	2 13	10.396	5.107	<b>Mars</b>	17 20	9.886	4.399
	16 13	12.230	6.716		2 20	10.834	5.501		18 4	9.709	4.075
	16 20	11.853	6.434		3 4	10.957	5.449		18 11	9.318	4.335
	17 4	12.440	6.780		3 12	10.224	4.965		18 19	9.841	4.317
	17 12	12.051	6.589		3 19	10.803	5.443		19 3	9.601	3.958
	17 19	11.853	6.420		4 3	10.850	5.344		19 10	9.335	4.289
	18 3	12.344	6.704		4 11	10.049	4.821		19 18	9.792	4.232
	18 11	11.867	6.456		4 18	10.765	5.381		20 2	9.490	3.840
	18 18	11.844	6.398		5 2	10.738	5.235		20 9	9.346	4.239
	19 2	12.241	6.622		5 9	9.990	5.084		20 17	9.739	4.143
	19 10	11.679	6.320		5 17	10.722	5.313		21 1	9.375	3.720
	19 17	11.827	6.370		6 1	10.621	5.122		21 8	9.353	4.185
	20 1	12.132	6.533		6 8	10.017	5.061		21 16	9.681	4.051
	20 9	11.485	6.179		6 16	10.673	5.241		22 0	9.256	3.597
	20 16	11.801	6.334		7 0	10.501	5.007		22 7	9.354	4.126
21 0	12.016	6.439	7 7	10.037	5.032	22 15	9.618	3.956			
21 8	11.287	6.034	7 15	10.619	5.164	22 23	9.135	3.474			
21 15	11.767	6.292	7 23	10.376	4.888	23 6	9.351	4.064			
21 23	11.894	6.340	8 6	10.051	4.998	23 14	9.552	3.859			
22 7	11.086	5.886	8 14	10.559	5.083	23 22	9.010	3.348			
22 14	11.726	6.243	8 22	10.247	4.766	24 5	9.342	3.998			
22 22	11.765	6.236	9 5	10.059	4.959	24 13	9.481	3.759			
23 6	10.881	5.734	9 13	10.495	4.997	24 21	8.882	3.222			
23 13	11.678	6.188	9 21	10.114	4.641	25 4	9.329	3.929			
23 21	11.632	6.126	10 4	10.062	4.915	25 12	9.406	3.656			
24 4	10.845	5.756	10 12	10.425	4.908	25 20	8.751	3.094			
24 12	11.622	6.127	10 20	9.978	4.514	26 3	9.312	3.856			
24 20	11.493	6.012	11 3	10.058	4.866	26 11	9.327	3.551			
25 3	10.869	5.746	11 11	10.351	4.815	26 19	8.616	2.966			
25 11	11.560	6.060	11 19	9.838	4.384	27 2	9.289	3.780			
25 19	11.349	5.894	12 2	10.049	4.812	27 10	9.245	3.444			
26 2	10.886	5.730	12 10	10.272	4.719	27 17	8.650	3.775			
26 10	11.491	5.987	12 18	9.695	4.253	28 1	9.263	3.701			
26 18	11.201	5.772	13 1	10.035	4.754	28 9	9.158	3.335			
27 1	10.894	5.706	13 9	10.189	4.619	28 16	8.680	3.728			
27 9	11.417	5.910	13 17	9.549	4.119	29 0	9.231	3.619			
27 17	11.048	5.646	14 0	10.015	4.691	29 8	9.068	3.224			
28 0	10.896	5.677	14 8	10.101	4.516	29 15	8.705	3.677			
28 8	11.336	5.827	14 16	9.399	3.984	29 23	9.196	3.534			
28 16	10.891	5.516	14 23	9.990	4.624	30 7	8.974	3.112			
28 23	10.891	5.642	15 7	10.009	4.410	30 14	8.725	3.623			
29 7	11.249	5.739	15 15	9.247	3.847	30 22	9.156	3.446			
29 15	10.729	5.383	15 22	9.960	4.553	31 6	8.877	2.998			
29 22	10.878	5.600	16 6	9.913	4.301	31 13	8.740	3.564			
<b>Mars</b> 1 6	11.157	5.647	16 13	9.269	4.414	31 21	9.112	3.356			
1 14	10.564	5.246	16 21	9.925	4.478	<b>Avril</b> 1 5	8.776	2.883			
1 21	10.859	5.554	17 5	9.813	4.189	1 12	8.751	3.503			
2 5	11.060	5.550	17 12	9.296	4.377	1 20	9.064	3.263			

## PHOBOS 2008

**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 4	8.672	2.766	<b>Avril</b>	17 11	8.245	2.501	<b>Mai</b>	2 19	7.611	1.023
	2 11	8.758	3.438		17 19	8.281	2.059		3 2	7.342	1.925
	2 19	9.011	3.168		18 3	7.672	1.454		3 10	7.741	1.483
	3 3	8.565	2.649		18 10	8.235	2.419		3 18	7.540	0.923
	3 10	8.759	3.370		18 18	8.218	1.958		4 1	7.366	1.853
	3 18	8.955	3.071		19 1	7.655	2.631		4 9	7.715	1.394
	4 2	8.454	2.530		19 9	8.221	2.336		4 17	7.466	0.824
	4 9	8.757	3.299		19 17	8.151	1.856		5 0	7.385	1.778
	4 17	8.894	2.972		20 0	7.689	2.570		5 8	7.685	1.303
	5 1	8.340	2.411		20 8	8.202	2.250		5 16	7.388	0.724
	5 8	8.750	3.225		20 16	8.080	1.753		5 23	7.401	1.702
	5 16	8.830	2.871		20 23	7.720	2.506		6 7	7.651	1.211
	6 0	8.223	2.291		21 7	8.180	2.163		6 15	7.308	0.625
	6 7	8.738	3.148		21 15	8.006	1.649		6 22	7.413	1.624
	6 15	8.762	2.769		21 22	7.746	2.440		7 6	7.614	1.119
6 23	8.103	2.171	22 6	8.153	2.075	7 14	7.224	0.525			
7 6	8.723	3.069	22 14	7.929	1.545	7 21	7.421	1.544			
7 14	8.690	2.665	22 21	7.768	2.371	8 5	7.573	1.026			
7 21	8.118	3.180	23 5	8.122	1.984	8 13	7.137	0.426			
8 5	8.703	2.987	23 13	7.848	1.440	8 20	7.425	1.463			
8 13	8.615	2.559	23 20	7.785	2.300	9 4	7.528	0.932			
8 20	8.150	3.125	24 4	8.088	1.893	9 12	7.046	0.328			
9 4	8.678	2.903	24 12	7.764	1.335	9 19	7.425	1.381			
9 12	8.535	2.452	24 19	7.799	2.226	10 3	7.480	0.838			
9 19	8.178	3.066	25 3	8.050	1.799	10 11	6.953	0.229			
10 3	8.650	2.816	25 11	7.676	1.230	10 18	7.421	1.297			
10 11	8.453	2.344	25 18	7.809	2.151	11 2	7.428	0.744			
10 18	8.201	3.005	26 2	8.008	1.705	11 9	6.880	1.677			
11 2	8.618	2.728	26 10	7.585	1.125	11 17	7.413	1.212			
11 10	8.367	2.235	26 17	7.814	2.073	12 1	7.373	0.649			
11 17	8.220	2.941	27 1	7.962	1.610	12 8	6.916	1.607			
12 1	8.581	2.637	27 9	7.491	1.019	12 16	7.402	1.126			
12 9	8.277	2.125	27 16	7.816	1.994	13 0	7.314	0.554			
12 16	8.235	2.874	28 0	7.913	1.514	13 7	6.949	1.535			
13 0	8.541	2.545	28 8	7.394	0.914	13 15	7.386	1.039			
13 8	8.184	2.014	28 15	7.813	1.912	13 23	7.252	0.459			
13 15	8.246	2.804	28 23	7.859	1.417	14 6	6.977	1.461			
13 23	8.497	2.450	29 7	7.294	0.809	14 14	7.367	0.951			
14 7	8.088	1.903	29 14	7.806	1.829	14 22	7.187	0.365			
14 14	8.252	2.732	29 22	7.803	1.319	15 5	7.002	1.385			
14 22	8.448	2.355	30 5	7.247	2.131	15 13	7.345	0.862			
15 6	7.989	1.791	30 13	7.796	1.745	15 21	7.118	0.270			
15 13	8.254	2.657	30 21	7.742	1.221	16 4	7.023	1.308			
15 21	8.396	2.257	<b>Mai</b>	1 4	7.283	2.064	16 12	7.318	0.773		
16 5	7.886	1.679		1 12	7.781	1.659	16 20	7.046	0.176		
16 12	8.252	2.580	1 20	7.678	1.122	17 3	7.040	1.229			
16 20	8.340	2.159	2 3	7.314	1.996	17 11	7.288	0.683			
17 4	7.780	1.567	2 11	7.763	1.572	17 19	6.971	0.082			



## PHOBOS 2008

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations est  
Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date				Date				Date					
Mois	j	h	"	Mois	j	h	"	Mois	j	h	"		
			X				Y				Y		
<b>Mai</b>	18	2	7.053	<b>Juin</b>	2	10	6.763	-0.230	<b>Juin</b>	17	17	6.064	0.261
	18	10	7.255		2	18	6.258	-0.835		18	1	6.382	-0.410
	18	18	6.892		3	1	6.736	0.306		18	9	6.204	-1.050
	19	1	7.063		3	9	6.715	-0.318		18	16	6.085	0.179
	19	9	7.217		3	16	6.272	0.828		19	0	6.362	-0.494
	19	17	6.811		4	0	6.728	0.221		19	8	6.144	-1.131
	20	0	7.068		4	8	6.664	-0.405		19	15	6.103	0.097
	20	8	7.177		4	15	6.304	0.750		19	23	6.338	-0.579
	20	16	6.726		4	23	6.716	0.135		20	7	6.081	-1.210
	20	23	7.070		5	7	6.609	-0.492		20	14	6.117	0.014
	21	7	7.132		5	14	6.332	0.671		20	22	6.312	-0.662
	21	15	6.639		5	22	6.702	0.050		21	6	6.015	-1.288
	21	22	7.068		6	6	6.552	-0.578		21	13	6.128	-0.069
	22	6	7.084		6	13	6.357	0.591		21	21	6.282	-0.746
	22	14	6.548		6	21	6.683	-0.036		22	5	5.947	-1.365
	22	21	7.062		7	5	6.491	-0.663		22	12	6.135	-0.152
	23	5	7.033		7	12	6.378	0.511		22	20	6.249	-0.829
	23	12	6.582		7	20	6.661	-0.123		23	4	5.875	-1.441
	23	20	7.053		8	4	6.427	-0.748		23	11	6.140	-0.236
	24	4	6.979		8	11	6.396	0.429		23	19	6.213	-0.911
	24	11	6.615		8	19	6.636	-0.209		24	3	5.801	-1.516
	24	19	7.040		9	3	6.361	-0.832		24	10	6.140	-0.320
	25	3	6.921		9	10	6.410	0.347		24	18	6.173	-0.993
	25	10	6.643		9	18	6.607	-0.295		25	2	5.725	-1.589
	25	18	7.023		10	2	6.291	-0.915		25	9	6.138	-0.403
	26	2	6.859		10	9	6.421	0.264		25	17	6.131	-1.074
	26	9	6.668		10	17	6.575	-0.381		26	0	5.704	0.216
	26	17	7.003		11	1	6.218	-0.997		26	8	6.132	-0.487
	27	1	6.795		11	8	6.428	0.181		26	16	6.086	-1.154
	27	8	6.690		11	16	6.540	-0.466		26	23	5.735	0.135
	27	16	6.979		12	0	6.143	-1.078		27	7	6.123	-0.570
	28	0	6.727		12	7	6.432	0.097		27	15	6.038	-1.233
	28	7	6.707		12	15	6.502	-0.551		27	22	5.762	0.053
	28	15	6.952		12	23	6.065	-1.158		28	6	6.111	-0.654
	28	23	6.657		13	6	6.432	0.013		28	14	5.987	-1.311
	29	6	6.721		13	14	6.460	-0.636		28	21	5.786	-0.029
	29	14	6.921		13	22	5.984	-1.236		29	5	6.096	-0.737
	29	22	6.583		14	5	6.429	-0.071		29	13	5.933	-1.388
	30	5	6.731		14	13	6.415	-0.720		29	20	5.806	-0.111
	30	13	6.887		14	20	5.980	0.502		30	4	6.077	-0.819
	30	21	6.506		15	4	6.422	-0.156		30	12	5.876	-1.465
	31	4	6.738		15	12	6.367	-0.804		30	19	5.824	-0.194
	31	12	6.849		15	19	6.012	0.423	<b>Juill.</b>	1	3	6.055	-0.901
	31	20	6.426		16	3	6.412	-0.241		1	11	5.817	-1.540
<b>Juin</b>	1	3	6.741		16	11	6.316	-0.887		1	18	5.838	-0.277
	1	11	6.807		16	18	6.040	0.342		2	2	6.031	-0.983
	1	19	6.344		17	2	6.398	-0.325		2	10	5.755	-1.613
	2	2	6.740		17	10	6.261	-0.969		2	17	5.849	-0.360

## PHOBOS 2008

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations est**  
Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date				Date				Date			
Mois	j	h	"	Mois	j	h	"	Mois	j	h	"
			"				"				"
<b>Juill.</b>	3	1	6.003	<b>Juill.</b>	18	8	5.187	<b>Août</b>	2	16	5.309
	3	9	5.690		18	16	5.595		3	0	5.167
	3	16	5.857		19	0	5.570		3	7	5.057
	4	0	5.972		19	7	5.216		3	15	5.294
	4	8	5.623		19	15	5.588		3	23	5.119
	4	15	5.862		19	23	5.528		4	6	5.072
	4	23	5.939		20	6	5.242		4	14	5.276
	5	7	5.553		20	14	5.579		4	22	5.069
	5	14	5.863		20	22	5.483		5	5	5.084
	5	22	5.902		21	5	5.265		5	13	5.255
	6	6	5.481		21	13	5.566		5	21	5.017
	6	13	5.861		21	21	5.436		6	4	5.094
	6	21	5.862		22	4	5.285		6	12	5.232
	7	4	5.440		22	12	5.551		6	20	4.963
	7	12	5.857		22	20	5.387		7	3	5.101
	7	20	5.820		23	3	5.303		7	11	5.207
	8	3	5.470		23	11	5.534		7	19	4.907
	8	11	5.849		23	19	5.335		8	2	5.106
	8	19	5.775		24	2	5.317		8	10	5.179
	9	2	5.496		24	10	5.513		8	18	4.849
	9	10	5.838		24	18	5.281		9	1	5.108
	9	18	5.727		25	1	5.329		9	9	5.149
	10	1	5.520		25	9	5.490		9	17	4.789
	10	9	5.824		25	17	5.224		10	0	5.107
	10	17	5.677		26	0	5.338		10	8	5.117
	11	0	5.540		26	8	5.464		10	15	4.732
	11	8	5.807		26	16	5.166		10	23	5.104
	11	16	5.624		26	23	5.344		11	7	5.082
	11	23	5.558		27	7	5.436		11	14	4.758
	12	7	5.787		27	15	5.105		11	22	5.099
	12	15	5.568		27	22	5.347		12	6	5.045
	12	22	5.572		28	6	5.405		12	13	4.781
	13	6	5.765		28	14	5.041		12	21	5.091
	13	14	5.510		28	21	5.347		13	5	5.006
	13	21	5.583		29	5	5.371		13	12	4.802
	14	5	5.739		29	13	4.976		13	20	5.080
	14	13	5.449		29	20	5.345		14	4	4.965
	14	20	5.591		30	4	5.335		14	11	4.821
	15	4	5.711		30	11	4.970		14	19	5.068
	15	12	5.386		30	19	5.340		15	3	4.922
	15	19	5.597		31	3	5.297		15	10	4.837
	16	3	5.680		31	10	4.996		15	18	5.053
	16	11	5.320		31	18	5.332		16	2	4.877
	16	18	5.599	<b>Août</b>	1	2	5.256		16	9	4.850
	17	2	5.646		1	9	5.019		16	17	5.035
	17	10	5.253		1	17	5.322		17	1	4.830
	17	17	5.598		2	1	5.213		17	8	4.861
	18	1	5.609		2	8	5.039		17	16	5.016

## PHOBOS 2008

**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>Août</b>	18	0	4.781	-2.610	<b>Sept.</b>	2	7	4.670	-1.734	<b>Sept.</b>	17	15	4.451	-2.745
	18	7	4.870	-1.315		2	15	4.706	-2.446		17	22	4.179	-1.356
	18	15	4.994	-2.070		2	23	4.376	-2.966		18	6	4.474	-2.159
	18	23	4.730	-2.663		3	6	4.670	-1.807		18	14	4.423	-2.794
	19	6	4.876	-1.393		3	14	4.679	-2.505		18	21	4.199	-1.433
	19	14	4.970	-2.138		3	21	4.326	-1.049		19	5	4.469	-2.224
	19	22	4.677	-2.715		4	5	4.668	-1.879		19	13	4.394	-2.842
	20	5	4.880	-1.471		4	13	4.650	-2.563		19	20	4.218	-1.508
	20	13	4.944	-2.204		4	20	4.350	-1.129		20	4	4.463	-2.287
	20	21	4.622	-2.765		5	4	4.665	-1.950		20	12	4.363	-2.888
21	4	4.882	-1.548	5	12	4.619	-2.619	20	19	4.234	-1.583			
21	12	4.915	-2.269	5	19	4.371	-1.209	21	3	4.455	-2.349			
21	20	4.566	-2.813	6	3	4.659	-2.020	21	11	4.331	-2.932			
22	3	4.881	-1.624	6	11	4.587	-2.673	21	18	4.249	-1.656			
22	11	4.885	-2.333	6	18	4.390	-1.288	22	2	4.446	-2.410			
22	18	4.526	-0.872	7	2	4.651	-2.088	22	10	4.298	-2.974			
23	2	4.878	-1.699	7	10	4.552	-2.726	22	17	4.263	-1.729			
23	10	4.853	-2.395	7	17	4.408	-1.366	23	1	4.435	-2.469			
23	17	4.551	-0.953	8	1	4.642	-2.155	23	9	4.263	-3.014			
24	1	4.873	-1.773	8	9	4.517	-2.777	23	16	4.275	-1.801			
24	9	4.818	-2.456	8	16	4.423	-1.443	24	0	4.423	-2.526			
24	16	4.573	-1.034	9	0	4.631	-2.221	24	8	4.227	-3.053			
25	0	4.866	-1.846	9	8	4.479	-2.826	24	15	4.285	-1.871			
25	8	4.782	-2.515	9	15	4.436	-1.520	24	23	4.409	-2.581			
25	15	4.592	-1.115	9	23	4.617	-2.285	25	7	4.190	-3.089			
25	23	4.856	-1.918	10	7	4.440	-2.873	25	14	4.294	-1.940			
26	7	4.744	-2.572	10	14	4.448	-1.595	25	22	4.393	-2.635			
26	14	4.609	-1.195	10	22	4.603	-2.348	26	6	4.152	-3.123			
26	22	4.844	-1.989	11	6	4.400	-2.918	26	13	4.301	-2.008			
27	6	4.704	-2.628	11	13	4.458	-1.669	26	21	4.377	-2.687			
27	13	4.625	-1.274	11	21	4.586	-2.410	27	5	4.112	-3.155			
27	21	4.831	-2.058	12	5	4.358	-2.962	27	12	4.306	-2.074			
28	5	4.662	-2.681	12	12	4.465	-1.743	27	20	4.358	-2.738			
28	12	4.637	-1.353	12	20	4.567	-2.470	28	4	4.071	-3.185			
28	20	4.815	-2.126	13	4	4.314	-3.003	28	11	4.310	-2.140			
29	4	4.619	-2.733	13	11	4.471	-1.815	28	19	4.339	-2.786			
29	11	4.648	-1.431	13	19	4.547	-2.528	29	3	4.030	-3.213			
29	19	4.797	-2.193	14	3	4.270	-3.042	29	10	4.313	-2.203			
30	3	4.573	-2.784	14	10	4.475	-1.887	29	18	4.318	-2.833			
30	10	4.657	-1.508	14	18	4.526	-2.585	30	1	3.998	-1.477			
30	18	4.777	-2.258	15	2	4.224	-3.080	30	9	4.314	-2.266			
31	2	4.527	-2.832	15	9	4.478	-1.957	30	17	4.296	-2.878			
31	9	4.663	-1.584	15	17	4.503	-2.640	<b>Oct.</b>	1	0	4.020	-1.550		
31	17	4.756	-2.322	16	1	4.177	-3.115		1	8	4.313	-2.327		
<b>Sept.</b>	1	1	4.478	-2.879	16	8	4.478	-2.026	1	16	4.273	-2.921		
1	8	4.668	-1.659	16	16	4.478	-2.693	1	23	4.041	-1.623			
1	16	4.732	-2.385	16	23	4.157	-1.278	2	7	4.312	-2.386			
2	0	4.428	-2.923	17	7	4.477	-2.093	2	15	4.248	-2.962			

## PHOBOS 2008

**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	"	"
Oct.	2	22	4.061	-1.695	Oct.	18	6	4.195	-2.654	Nov.	2	14	4.057	-3.144
	3	6	4.309	-2.444		18	14	4.095	-3.120		2	21	3.951	-2.248
	3	14	4.223	-3.001		18	21	3.989	-2.040		3	5	4.157	-2.814
	3	21	4.079	-1.765		19	5	4.194	-2.700		3	13	4.040	-3.156
	4	5	4.304	-2.500		19	13	4.073	-3.146		3	20	3.973	-2.299
	4	13	4.196	-3.038		19	20	4.007	-2.102		4	4	4.160	-2.846
	4	20	4.096	-1.835		20	4	4.191	-2.744		4	12	4.023	-3.166
	5	4	4.298	-2.554		20	12	4.050	-3.169		4	19	3.994	-2.349
	5	12	4.168	-3.073		20	19	4.024	-2.161		5	3	4.162	-2.876
	5	19	4.111	-1.903		21	3	4.188	-2.786		5	11	4.006	-3.174
	6	3	4.291	-2.607		21	11	4.026	-3.190		5	18	4.014	-2.396
	6	11	4.139	-3.106		21	18	4.040	-2.220		6	2	4.163	-2.904
	6	18	4.125	-1.970		22	2	4.183	-2.826		6	10	3.987	-3.179
	7	2	4.283	-2.658		22	10	4.001	-3.208		6	17	4.034	-2.442
	7	10	4.108	-3.137		22	17	4.054	-2.276		7	1	4.164	-2.929
7	17	4.138	-2.035	23	1	4.178	-2.864	7	9	3.968	-3.182			
8	1	4.274	-2.707	23	9	3.975	-3.225	7	16	4.053	-2.486			
8	9	4.077	-3.166	23	16	4.068	-2.331	8	0	4.163	-2.953			
8	16	4.149	-2.099	24	0	4.171	-2.900	8	8	3.948	-3.183			
9	0	4.263	-2.755	24	8	3.949	-3.239	8	15	4.071	-2.528			
9	8	4.045	-3.192	24	15	4.081	-2.384	8	23	4.162	-2.974			
9	15	4.159	-2.162	24	23	4.164	-2.934	9	7	3.927	-3.181			
9	23	4.251	-2.800	25	7	3.921	-3.251	9	14	4.088	-2.568			
10	7	4.012	-3.217	25	14	4.093	-2.436	9	22	4.160	-2.993			
10	14	4.168	-2.223	25	22	4.155	-2.966	10	6	3.905	-3.177			
10	22	4.238	-2.844	26	6	3.893	-3.260	10	13	4.104	-2.605			
11	6	3.978	-3.239	26	13	4.104	-2.485	10	21	4.157	-3.009			
11	13	4.175	-2.283	26	21	4.146	-2.996	11	5	3.883	-3.171			
11	21	4.224	-2.885	27	5	3.864	-3.268	11	12	4.120	-2.641			
12	5	3.943	-3.259	27	12	4.113	-2.533	11	20	4.153	-3.023			
12	12	4.182	-2.341	27	20	4.136	-3.024	12	4	3.859	-3.162			
12	20	4.209	-2.925	28	4	3.834	-3.273	12	11	4.135	-2.675			
13	4	3.907	-3.277	28	11	4.122	-2.579	12	19	4.148	-3.035			
13	11	4.187	-2.397	28	19	4.125	-3.049	13	3	3.835	-3.151			
13	19	4.192	-2.963	29	2	3.828	-1.966	13	10	4.149	-2.706			
14	2	3.883	-1.713	29	10	4.130	-2.623	13	18	4.143	-3.045			
14	10	4.191	-2.452	29	18	4.113	-3.073	14	1	3.865	-2.201			
14	18	4.175	-2.998	30	1	3.855	-2.026	14	9	4.163	-2.736			
15	1	3.906	-1.781	30	9	4.138	-2.666	14	17	4.137	-3.052			
15	9	4.194	-2.505	30	17	4.100	-3.094	15	0	3.896	-2.248			
15	17	4.156	-3.032	31	0	3.880	-2.084	15	8	4.175	-2.763			
16	0	3.929	-1.848	31	8	4.144	-2.706	15	16	4.129	-3.057			
16	8	4.195	-2.557	31	16	4.086	-3.113	15	23	3.926	-2.293			
16	16	4.137	-3.064	31	23	3.904	-2.140	16	7	4.187	-2.788			
16	23	3.950	-1.913	Nov.	1	7	4.149	-2.744	16	15	4.121	-3.060		
17	7	4.196	-2.606	1	15	4.072	-3.130	16	22	3.955	-2.336			
17	15	4.117	-3.093	1	22	3.928	-2.195	17	6	4.198	-2.810			
17	22	3.970	-1.977	2	6	4.154	-2.780	17	14	4.113	-3.060			

## PHOBOS 2008

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	"	"
Nov.	17	21	3.984	-2.377	Déc.	2	21	4.100	-2.411	Déc.	17	21	4.296	-2.333
	18	5	4.208	-2.831		3	5	4.347	-2.733		18	5	4.564	-2.506
	18	13	4.103	-3.058		3	13	4.254	-2.835		18	13	4.471	-2.474
	18	20	4.012	-2.416		3	20	4.135	-2.435		18	20	4.338	-2.340
	19	4	4.217	-2.849		4	4	4.363	-2.736		19	4	4.584	-2.491
	19	12	4.092	-3.053		4	12	4.249	-2.815		19	12	4.467	-2.438
	19	19	4.040	-2.453		4	19	4.170	-2.457		19	19	4.379	-2.344
	20	3	4.226	-2.865		5	3	4.378	-2.735		20	3	4.603	-2.473
	20	11	4.081	-3.046		5	11	4.242	-2.792		20	11	4.463	-2.399
	20	18	4.067	-2.488		5	18	4.203	-2.477		20	18	4.419	-2.346
21	2	4.234	-2.878	6	2	4.392	-2.733	21	2	4.621	-2.452			
21	10	4.069	-3.037	6	10	4.235	-2.767	21	10	4.457	-2.358			
21	17	4.093	-2.520	6	17	4.237	-2.494	21	17	4.457	-2.346			
22	1	4.241	-2.889	7	1	4.405	-2.727	22	1	4.638	-2.430			
22	9	4.056	-3.025	7	9	4.226	-2.740	22	9	4.449	-2.315			
22	16	4.118	-2.551	7	16	4.269	-2.508	22	16	4.495	-2.342			
23	0	4.247	-2.898	8	0	4.417	-2.720	23	0	4.653	-2.404			
23	8	4.042	-3.011	8	8	4.216	-2.710	23	8	4.440	-2.269			
23	15	4.143	-2.579	8	15	4.300	-2.521	23	15	4.532	-2.337			
23	23	4.252	-2.904	8	23	4.428	-2.710	23	23	4.666	-2.377			
24	7	4.027	-2.995	9	7	4.205	-2.678	24	7	4.429	-2.222			
24	14	4.167	-2.605	9	14	4.331	-2.530	24	14	4.568	-2.328			
24	22	4.256	-2.908	9	22	4.438	-2.697	24	22	4.679	-2.346			
25	6	4.011	-2.976	10	6	4.192	-2.644	25	6	4.417	-2.172			
25	13	4.190	-2.629	10	13	4.361	-2.538	25	13	4.602	-2.317			
25	21	4.260	-2.910	10	21	4.446	-2.682	25	21	4.689	-2.314			
26	5	3.994	-2.955	11	5	4.179	-2.608	26	5	4.402	-2.120			
26	12	4.213	-2.650	11	12	4.390	-2.543	26	12	4.635	-2.304			
26	20	4.262	-2.909	11	20	4.454	-2.665	26	20	4.698	-2.279			
27	4	3.976	-2.932	12	4	4.164	-2.569	27	4	4.386	-2.067			
27	11	4.234	-2.669	12	11	4.418	-2.545	27	11	4.667	-2.287			
27	19	4.264	-2.905	12	19	4.460	-2.645	27	19	4.706	-2.242			
28	3	3.957	-2.906	13	3	4.147	-2.528	28	3	4.369	-2.011			
28	10	4.255	-2.686	13	10	4.445	-2.545	28	10	4.697	-2.269			
28	18	4.265	-2.900	13	18	4.465	-2.622	28	18	4.712	-2.202			
29	1	3.952	-2.291	14	2	4.130	-2.485	29	1	4.363	-2.150			
29	9	4.275	-2.700	14	9	4.471	-2.542	29	9	4.727	-2.248			
29	17	4.265	-2.891	14	17	4.469	-2.597	29	17	4.716	-2.160			
30	0	3.990	-2.324	15	0	4.166	-2.297	30	0	4.413	-2.148			
30	8	4.295	-2.712	15	8	4.496	-2.537	30	8	4.754	-2.224			
30	16	4.264	-2.881	15	16	4.471	-2.570	30	16	4.719	-2.116			
30	23	4.027	-2.356	15	23	4.210	-2.312	30	23	4.462	-2.144			
Déc.	1	7	4.313	-2.722	16	7	4.520	-2.529	31	7	4.781	-2.198		
	1	15	4.261	-2.868	16	15	4.472	-2.541	31	15	4.719	-2.070		
	1	22	4.064	-2.384	16	22	4.254	-2.324	31	22	4.510	-2.137		
	2	6	4.331	-2.729	17	6	4.542	-2.519						
2	14	4.258	-2.853	17	14	4.472	-2.509							

## DÉIMOS 2008

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>Janv.</b>	1 15	47.257	24.190	<b>Mars</b>	2 6	27.398	13.987	<b>Mai</b>	1 22	19.401	3.943
	2 21	46.698	24.184		3 12	27.240	13.848		3 5	19.198	3.108
	4 4	46.419	24.152		4 18	26.950	13.654		4 11	19.184	3.304
	5 10	46.079	24.233		6 1	26.628	13.191		5 17	19.072	3.495
	6 16	45.581	24.196		7 7	26.475	13.072		7 0	18.898	2.649
	7 23	44.948	24.039		8 13	26.203	12.907		8 6	18.875	2.861
	9 5	44.676	24.093		9 20	25.907	12.414		9 12	18.751	3.063
	10 11	44.259	24.037		11 2	25.767	12.320		10 19	18.607	2.212
	11 17	43.699	23.872		12 8	25.499	12.179		12 1	18.570	2.434
	13 0	43.125	23.781		13 15	25.242	11.661		13 7	18.441	2.651
	14 6	42.791	23.710		14 21	25.104	11.589		14 14	18.320	1.791
	15 12	42.308	23.530		16 3	24.845	11.472		15 20	18.276	2.025
	16 18	41.696	23.252		17 10	24.622	10.934		17 2	18.135	2.258
	18 1	41.234	23.230		18 16	24.485	10.880		18 9	18.041	1.387
	19 7	40.842	23.048		19 22	24.231	10.790		19 15	17.986	1.636
	20 13	40.303	22.764		21 5	24.041	10.227		20 21	17.838	1.879
	21 20	39.657	22.629		22 11	23.908	10.197		22 4	17.767	1.004
	23 2	39.337	22.443		23 17	23.652	10.127		23 10	17.701	1.261
	24 8	38.884	22.167		25 0	23.502	9.547		24 16	17.546	1.522
25 14	38.293	21.799	26 6	23.361	9.535	25 23	17.496	0.634			
26 21	37.844	21.745	27 12	23.110	9.489	27 5	17.423	0.906			
28 3	37.464	21.478	28 19	22.991	8.889	28 11	17.257	1.178			
29 9	36.947	21.125	30 1	22.851	8.896	29 18	17.232	0.283			
30 16	36.390	20.975	31 7	22.594	8.873	31 0	17.146	0.566			
31 22	36.073	20.719	<b>Avril</b> 1 14	22.512	8.253	<b>Juin</b> 1 6	16.976	0.852			
<b>Févr.</b>	2 4	35.628	20.386	2 20	22.365	8.281	2 13	16.968	-0.051		
	3 10	35.043	19.972	4 2	22.106	8.277	3 19	16.876	0.242		
	4 17	34.740	19.914	5 9	22.059	7.642	5 2	16.726	-0.668		
	5 23	34.347	19.598	6 15	21.904	7.685	6 8	16.710	-0.372		
	7 5	33.830	19.213	7 22	21.676	6.964	7 14	16.608	-0.063		
	8 12	33.465	19.073	9 4	21.625	7.050	8 21	16.480	-0.984		
	9 18	33.130	18.784	10 10	21.469	7.113	10 3	16.456	-0.673		
	11 0	32.661	18.422	11 17	21.272	6.379	11 9	16.343	-0.356		
	12 7	32.267	18.216	12 23	21.217	6.481	12 16	16.239	-1.280		
	13 13	31.977	17.950	14 5	21.050	6.562	13 22	16.202	-0.961		
	14 19	31.554	17.617	15 12	20.891	5.816	15 4	16.085	-0.631		
	16 2	31.148	17.353	16 18	20.825	5.934	16 11	15.998	-1.562		
	17 8	30.892	17.111	18 0	20.653	6.030	17 17	15.954	-1.233		
	18 14	30.512	16.809	19 7	20.525	5.275	18 23	15.825	-0.890		
	19 21	30.101	16.490	20 13	20.448	5.405	20 6	15.761	-1.831		
	21 3	29.883	16.278	21 19	20.270	5.521	21 12	15.706	-1.488		
	22 9	29.528	16.001	23 2	20.171	4.752	22 18	15.571	-1.138		
	23 16	29.134	15.641	24 8	20.089	4.900	24 1	15.526	-2.081		
	24 22	28.937	15.451	25 14	19.899	5.030	25 7	15.462	-1.732		
26 4	28.613	15.205	26 21	19.833	4.251	26 13	15.319	-1.366			
27 11	28.234	14.805	28 3	19.737	4.412	27 20	15.292	-2.320			
28 17	28.058	14.640	29 9	19.545	4.559	29 2	15.221	-1.958			
29 23	27.754	14.422	30 16	19.503	3.769	30 8	15.068	-1.583			

## DÉIMOS 2008

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>	1	15	15.063	-2.543	<b>Août</b>	31	8	11.775	-5.823	<b>Oct.</b>	31	2	10.140	-7.602	
	2	21	14.979	-2.171		<b>Sept.</b>	1	14	11.715		-5.385	1	8	10.105	-7.282
	4	4	14.847	-3.116			2	21	11.622		-6.273	2	15	10.134	-7.798
	5	10	14.833	-2.751			4	3	11.611		-5.858	3	21	10.137	-7.511
	6	16	14.743	-2.373			5	9	11.538		-5.411	5	4	10.116	-7.953
	7	23	14.630	-3.319	6	16	11.475	-6.303	6	10	10.158	-7.701			
	9	5	14.606	-2.950	7	22	11.451	-5.882	7	16	10.136	-7.410			
	10	11	14.507	-2.556	9	4	11.360	-5.426	8	23	10.168	-7.849			
	11	18	14.415	-3.512	10	11	11.332	-6.325	10	5	10.186	-7.594			
	13	0	14.382	-3.129	11	17	11.291	-5.894	11	12	10.167	-7.954			
	14	6	14.273	-2.730	12	23	11.186	-5.437	12	18	10.224	-7.736			
	15	13	14.204	-3.689	14	6	11.190	-6.334	14	0	10.212	-7.478			
	16	19	14.158	-3.299	15	12	11.132	-5.901	15	7	10.252	-7.834			
18	1	14.042	-2.889	16	19	11.061	-6.745	16	13	10.280	-7.611				
19	8	13.991	-3.854	18	1	11.049	-6.338	17	20	10.268	-7.889				
20	14	13.939	-3.456	19	7	10.976	-5.896	19	2	10.336	-7.702				
21	20	13.811	-3.034	20	14	10.939	-6.745	20	8	10.337	-7.480				
23	3	13.783	-4.008	21	20	10.912	-6.331	21	15	10.381	-7.748				
24	9	13.719	-3.597	23	2	10.818	-5.883	22	21	10.421	-7.562				
25	15	13.584	-3.171	24	9	10.822	-6.735	24	4	10.414	-7.750				
26	22	13.576	-4.145	25	15	10.774	-6.314	25	10	10.494	-7.598				
28	4	13.501	-3.731	26	22	10.707	-7.107	26	16	10.508	-7.412				
29	11	13.384	-4.674	28	4	10.705	-6.714	27	23	10.555	-7.589				
30	17	13.369	-4.275	29	10	10.639	-6.292	29	5	10.609	-7.438				
31	23	13.286	-3.848	30	17	10.612	-7.083	30	12	10.603	-7.536				
<b>Août</b>	2	6	13.190	-4.798	<b>Oct.</b>	1	23	10.590	-6.690	<b>Déc.</b>	1	18	10.698	-7.420	
	3	12	13.167	-4.390		3	5	10.505	-6.258		3	0	10.721	-7.267	
	4	18	13.071	-3.955		4	12	10.519	-7.055		4	7	10.772	-7.355	
	6	1	13.001	-4.911		5	18	10.478	-6.653		5	13	10.837	-7.238	
	7	7	12.964	-4.492		7	1	10.429	-7.385		6	19	10.832	-7.089	
	8	13	12.859	-4.052		8	7	10.430	-7.016		8	2	10.938	-7.162	
	9	20	12.812	-5.009		9	13	10.365	-6.609		9	8	10.974	-7.047	
	11	2	12.764	-4.587	10	20	10.363	-7.344	10	15	11.023	-7.040			
	12	8	12.647	-4.134	12	2	10.341	-6.968	11	21	11.101	-6.958			
	13	15	12.625	-5.101	13	9	10.278	-7.636	13	3	11.109	-6.846			
	14	21	12.566	-4.666	14	15	10.298	-7.291	14	10	11.209	-6.823			
	16	4	12.444	-5.590	15	21	10.255	-6.915	15	16	11.260	-6.744			
	17	10	12.441	-5.177	17	4	10.239	-7.579	16	23	11.299	-6.643			
18	16	12.367	-4.737	18	10	10.236	-7.235	18	5	11.393	-6.596				
19	23	12.275	-5.664	19	16	10.169	-6.851	19	11	11.412	-6.520				
21	5	12.256	-5.244	20	23	10.202	-7.518	20	18	11.505	-6.402				
22	11	12.172	-4.798	22	5	10.176	-7.167	22	0	11.569	-6.357				
23	18	12.106	-5.727	23	12	10.153	-7.763	23	7	11.594	-6.163				
25	0	12.075	-5.303	24	18	10.168	-7.447	24	13	11.703	-6.150				
26	6	11.976	-4.845	26	0	10.116	-7.093	25	19	11.738	-6.110				
27	13	11.940	-5.783	27	7	10.147	-7.688	27	2	11.812	-5.897				
28	19	11.894	-5.346	28	13	10.135	-7.367	28	8	11.892	-5.887				
30	1	11.783	-4.886	29	20	10.112	-7.889	29	14	11.899	-5.856				





## SATELLITES DE JUPITER

Coordonnées différentielles 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 2008

## 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	5	-93.496	-3.858	<b>Févr.</b>	10	22	-97.425	-10.719	<b>Mars</b>	22	15	-106.056	-17.351	
	2	2	93.116	3.825		11	19	96.592	10.637		23	13	105.734	17.786	
	2	23	-93.728	-3.911		12	17	-97.608	-11.262		24	10	-106.835	-17.919	
	3	20	93.034	3.864		13	14	97.054	11.212		25	7	106.315	17.840	
	4	18	-93.643	-4.472		14	11	-97.989	-11.336		26	4	-107.107	-17.921	
	5	15	93.230	4.439		15	8	97.165	11.252		27	2	106.753	18.347	
	6	12	-93.879	-4.528		16	6	-98.191	-11.877		27	23	-107.865	-18.479	
	7	9	93.159	4.478		17	3	97.639	11.825		28	20	107.397	18.404	
	8	7	-93.822	-5.087		18	0	-98.596	-11.953		29	17	-108.197	-18.481	
	9	4	93.385	5.053		18	21	97.780	11.865		30	15	107.801	18.896	
	10	1	-94.066	-5.145		19	19	-98.809	-12.489		<b>Avril</b>	31	12	-108.931	-19.028
	10	22	93.322	5.093		20	16	98.269	12.438			1	9	108.512	18.957
	11	20	-94.040	-5.703		21	13	-99.239	-12.566			2	6	-109.324	-19.031
	12	17	93.575	5.668		22	10	98.439	12.478			3	4	108.883	19.434
	13	14	-94.290	-5.764		23	8	-99.466	-13.100			4	1	-110.025	-19.563
	14	11	93.525	5.708		24	5	98.936	13.047			4	22	109.665	19.498
	15	9	-94.290	-6.320		25	2	-99.926	-13.179			5	19	-110.485	-19.568
	16	6	93.806	6.283		25	23	99.140	13.088			6	17	109.987	19.956
17	3	-94.550	-6.383	26	21	-100.157	-13.708	7	14	-111.149		-20.084			
18	0	93.766	6.324	27	18	99.648	13.656	8	11	110.845		20.024			
18	22	-94.580	-6.937	28	15	-100.649	-13.788	9	8	-111.679		-20.091			
19	19	94.073	6.899	29	12	99.887	13.697	10	5	111.155		19.987			
20	16	-94.848	-7.002	<b>Mars</b>	1	10	-100.889	-14.312	11	3		-112.294	-20.587		
21	13	94.047	6.939		2	7	100.397	14.260	12	0		112.054	20.534		
22	11	-94.902	-7.555		3	4	-101.416	-14.394	12	21		-112.900	-20.596		
23	8	94.381	7.515		4	1	100.676	14.303	13	18		112.439	20.499		
24	5	-95.181	-7.622		4	23	-101.656	-14.913	14	16		-113.463	-21.072		
25	2	94.368	7.556		5	20	101.191	14.862	15	13		113.283	21.025		
26	0	-95.263	-8.173		6	17	-102.220	-14.996	16	10	-114.145	-21.083			
26	21	94.725	8.132		7	14	101.511	14.906	17	7	113.753	20.993			
27	18	-95.554	-8.242		8	12	-102.462	-15.509	18	5	-114.641	-21.535			
28	15	94.730	8.172		9	9	102.021	15.459	19	2	114.533	21.496			
29	13	-95.656	-8.792		10	6	-103.068	-15.594	19	23	-115.409	-21.549			
30	10	95.111	8.748		11	3	102.387	15.504	20	20	115.086	21.466			
31	7	-95.962	-8.861		12	1	-103.302	-16.098	21	18	-115.833	-21.976			
<b>Févr.</b>	1	4	95.132		8.789	12	22	102.895	16.051	22	15	115.791	21.943		
	2	2	-96.090		-9.410	13	19	-103.952	-16.186	23	12	-116.687	-21.992		
	2	23	95.534		9.365	14	16	103.309	16.098	24	9	116.438	21.917		
	3	20	-96.412		-9.481	15	14	-104.179	-16.682	25	7	-117.025	-22.389		
	4	17	95.576		9.405	16	11	103.803	16.637	26	4	117.060	22.365		
	5	15	-96.558	-10.028	17	8	-104.877	-16.772	27	1	-117.973	-22.409			
	6	12	96.001	9.981	18	5	104.270	16.686	27	22	117.797	22.341			
	7	9	-96.897	-10.101	19	3	-105.086	-17.257	28	19	-118.378	-22.318			
	8	6	96.063	10.021	20	0	104.753	17.216	29	17	118.323	22.757			
	9	4	-97.066	-10.646	20	21	-105.836	-17.349	30	14	-119.261	-22.797			
	10	1	96.505	10.597	21	18	105.274	17.267	<b>Mai</b>	1	11	119.163	22.737		

## IO 2008

## 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	8	-119.758	-22.707	<b>Juin</b>	12	1	-133.612	-24.064	<b>Juill.</b>	22	17	-137.197	-19.519	
	3	6	119.583	23.118		12	22	134.044	23.998		23	14	137.800	19.424	
	4	3	-120.542	-23.153		13	19	-134.207	-23.765		24	11	-137.177	-19.054	
	5	0	120.521	23.100		14	16	134.432	23.658		25	8	137.552	18.929	
	5	21	-121.140	-23.066		15	14	-134.344	-23.899		26	6	-136.604	-19.054	
	6	18	120.912	22.968		16	11	134.863	23.841		27	3	137.291	18.971	
	7	16	-121.807	-23.474		17	8	-135.064	-23.605		28	0	-136.696	-18.613	
	8	13	121.869	23.429		18	5	135.369	23.504		28	21	137.148	18.501	
	9	10	-122.505	-23.388		19	2	-135.187	-23.199		29	18	-136.195	-18.098	
	10	7	122.364	23.299		20	0	135.541	23.629		30	16	136.618	18.517	
	11	5	-123.046	-23.756		20	21	-135.772	-23.392		<b>Août</b>	31	13	-136.060	-18.173
	12	2	123.189	23.719		21	18	136.168	23.299			1	10	136.584	18.073
	12	23	-123.853	-23.673		22	15	-136.015	-22.993			2	7	-135.666	-17.686
	13	20	123.791	23.591		23	12	136.199	22.861			3	4	135.956	17.559
	14	18	-124.251	-23.997		24	10	-136.331	-23.129			4	2	-135.271	-17.740
	15	15	124.478	23.968		25	7	136.809	23.043			4	23	135.872	17.654
	16	12	-125.164	-23.916		26	4	-136.694	-22.738			5	20	-134.990	-17.283
	17	9	125.191	23.843		27	1	136.960	22.613			6	17	135.346	17.169
	18	6	-125.511	-23.715		27	23	-136.723	-22.818		7	15	-134.350	-17.319	
19	4	125.718	24.173	28	20	137.291	22.739	8	12	135.021	17.246				
20	1	-126.436	-24.115	29	17	-137.206	-22.435	9	9	-134.172	-16.893				
20	22	126.545	24.049	30	14	137.556	22.318	10	6	134.603	16.793				
21	19	-126.893	-23.916	<b>Juill.</b>	1	11	-137.105	-21.953	11	3	-133.386	-16.399			
22	17	126.906	24.331		2	9	137.598	22.390	12	1	134.047	16.857			
23	14	-127.648	-24.268		3	6	-137.551	-22.090	12	22	-133.233	-16.520			
24	11	127.849	24.210	4	3	137.981	21.980	13	19	133.730	16.435				
25	8	-128.220	-24.070	5	0	-137.562	-21.620	14	16	-132.555	-16.060				
26	5	128.214	23.969	5	21	137.776	21.474	15	14	132.962	16.489				
27	3	-128.797	-24.371	6	19	-137.715	-21.705	16	11	-132.178	-16.170				
28	0	129.081	24.320	7	16	138.228	21.605	17	8	132.748	16.099				
28	21	-129.485	-24.176	8	13	-137.848	-21.250	18	5	-131.604	-15.743				
29	18	129.566	24.082	9	10	138.135	21.113	19	2	131.931	15.649				
30	16	-129.862	-24.422	10	8	-137.704	-21.289	20	0	-131.029	-15.845				
31	13	130.238	24.379	11	5	138.299	21.197	20	21	131.662	15.789				
<b>Juin</b>	1	10	-130.669	-24.229	12	2	-137.949	-20.849	21	18	-130.559	-15.451			
	2	7	130.837	24.143	12	23	138.321	20.722	22	15	130.945	15.372			
	3	4	-130.911	-23.921	13	20	-137.586	-20.317	23	13	-129.791	-15.547			
	4	2	131.296	24.383	14	18	138.188	20.763	24	10	130.494	15.506			
	4	23	-131.762	-24.229	15	15	-137.874	-20.423	25	7	-129.420	-15.187			
	5	20	132.018	24.150	16	12	138.321	20.306	26	4	129.871	15.122			
	6	17	-132.118	-23.923	17	9	-137.627	-19.912	27	2	-128.485	-15.280			
	7	15	132.252	24.333	18	7	137.903	20.308	27	23	129.248	15.253			
	8	12	-132.746	-24.174	19	4	-137.620	-19.977	28	20	-128.212	-14.953			
	9	9	133.090	24.102	20	1	138.150	19.872	29	17	128.720	14.902			
	10	6	-133.224	-23.871	20	22	-137.487	-19.488	30	14	-127.348	-14.569			
	11	3	133.358	23.756	21	19	137.789	19.352	31	12	127.947	15.033			

## IO 2008

## 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.	1 9	-126.936	-14.750	Oct.	12 2	-111.863	-14.592	Nov.	21 19	-100.132	-17.685	
	2 6	127.507	14.715		12 23	112.582	14.665		22 16	100.486	17.773	
	3 3	-126.170	-14.399		13 20	-111.312	-14.480		23 14	-99.512	-17.999	
	4 1	126.592	14.845		14 17	111.739	14.521		24 11	100.167	18.141	
	4 22	-125.616	-14.580		15 15	-110.631	-14.775		25 8	-99.339	-18.060	
	5 19	126.240	14.559		16 12	111.362	14.857		26 5	99.670	18.147	
	6 16	-124.939	-14.262		17 9	-110.131	-14.683		27 3	-98.745	-18.375	
	7 13	125.303	14.217		18 6	110.567	14.731		28 0	99.373	18.518	
	8 11	-124.255	-14.444		19 4	-109.429	-14.980		28 21	-98.590	-18.445	
	9 8	124.935	14.437		20 1	110.174	15.071		29 18	98.888	18.531	
	10 5	-123.670	-14.157		20 22	-108.973	-14.906		Déc.	30 16	-98.023	-18.762
	11 2	124.079	14.125		21 19	109.421	14.963			1 13	98.620	-18.904
	12 0	-122.871	-14.341		22 17	-108.260	-15.206			2 10	-97.877	-18.840
	12 21	123.600	14.348		23 14	109.012	15.305			3 7	98.147	18.923
	13 18	-122.368	-14.085		24 11	-107.849	-15.150			4 5	-97.340	-19.158
	14 15	122.828	14.067		25 8	108.297	15.213			5 2	97.905	19.299
	15 13	-121.467	-14.271		26 6	-107.129	-15.452			5 23	-97.208	-19.243
	16 10	122.248	14.292		27 3	107.886	15.559			6 20	97.440	19.323
17 7	-121.047	-14.045	28 0	-106.754	-15.413	7 18	-96.701	-19.563				
18 4	121.550	14.039	28 21	107.207	15.481	8 15	97.231	19.703				
19 2	-120.059	-14.234	29 19	-106.034	-15.717	9 12	-96.575	-19.655				
19 23	120.882	14.267	30 16	106.789	15.830	10 9	96.774	-19.731				
20 20	-119.714	-14.036	31 13	-105.697	-15.694	11 7	-96.100	-19.976				
21 17	120.260	14.043	Nov.	1 10	106.142	15.767	12 4	96.594		20.113		
22 14	-118.777	-13.780		2 8	-104.979	-15.999	13 1	-95.985		-20.074		
23 12	119.516	14.274	3 5	105.732	16.119	13 22	96.143	20.145				
24 9	-118.378	-14.058	4 2	-104.673	-15.990	14 20	-95.544	-20.397				
25 6	118.958	14.077	4 23	105.115	16.068	15 17	95.997	20.531				
26 3	-117.517	-13.829	5 21	-103.963	-16.297	16 14	-95.432	-20.500				
27 1	118.151	14.312	6 18	104.708	16.423	17 11	95.552	20.566				
27 22	-117.043	-14.109	7 15	-103.689	-16.303	18 9	-95.024	-20.825				
28 19	117.661	14.140	8 12	104.117	16.384	19 6	95.437	20.955				
29 16	-116.251	-13.906	9 10	-102.990	-16.611	20 3	-94.920	-20.934				
30 14	116.799	14.379	10 7	103.725	16.741	21 0	94.995	20.992				
Oct.	1 11	-115.720	-14.190	11 4	-102.740	-16.629	21 22	-94.547	-21.261			
	2 8	116.366	14.232	12 1	103.158	16.714	22 19	94.916	21.385			
	3 5	-114.995	-14.011	12 23	-102.058	-16.939	23 16	-94.444	-21.374			
	4 3	115.461	14.474	13 20	102.777	17.073	24 13	94.480	21.425			
	5 0	-114.412	-14.298	14 17	-101.833	-16.969	25 11	-94.107	-21.703			
	5 21	115.087	14.351	15 14	102.230	17.055	26 8	94.434	21.821			
	6 18	-113.747	-14.143	16 12	-101.168	-17.280	27 5	-94.011	-21.820			
	7 16	114.147	14.597	17 9	101.869	17.418	28 2	93.998	21.863			
	8 13	-113.125	-14.433	18 6	-100.961	-17.321	29 0	-93.710	-22.152			
	9 10	113.822	14.496	19 3	101.342	17.409	29 21	93.990	22.263			
	10 7	-112.521	-14.300	20 1	-100.318	-17.634	30 18	-93.613	-22.272			
	11 4	112.929	14.332	20 22	100.998	17.774	31 15	93.559	22.306			

## EUROPE 2008

## 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 21	-147.652	-4.660	<b>Mars</b>	21 22	169.823	26.657	<b>Juin</b>	9 20	-212.263	-36.888	
	3 15	149.727	5.069		23 17	-167.853	-26.909		11 15	212.751	36.676	
	5 10	-147.793	-5.466		25 11	171.342	27.370		13 9	-213.856	-36.542	
	7 5	150.094	6.320		27 6	-169.628	-27.653		15 4	214.210	36.283	
	9 0	-147.989	-6.712		29 1	173.037	28.525		16 22	-215.363	-36.128	
	10 18	150.421	7.142		30 19	-171.387	-28.367		18 17	215.438	35.800	
	12 13	-148.314	-7.523		<b>Avril</b>	1 14	174.773		29.220	20 11	-216.625	-35.628
	14 8	150.825	8.391			3 9	-173.102		-29.488	22 6	216.555	35.257
	16 2	-148.559	-8.328			5 3	176.510		29.889	24 0	-217.780	-35.066
	17 21	151.322	9.218			6 22	-175.098		-30.183	25 19	217.429	34.635
19 16	-149.065	-9.580	8 17	178.297		30.968	27 13	-218.670	-34.427			
21 11	151.758	10.461	10 11	-177.044		-30.837	29 8	218.166	33.959			
23 5	-149.504	-10.389	12 6	180.246		31.607	<b>Juill.</b>	1 3	-219.514	-34.238		
25 0	152.427	11.294	14 0	-178.985		-31.453		2 21	218.643	33.217		
26 19	-150.040	-11.634	15 19	182.105		32.186		4 16	-220.143	-33.506		
28 13	153.033	12.113	17 14	-181.024		-32.499		6 10	218.967	32.435		
30 8	-150.676	-12.448	19 9	183.991	33.181	8 5		-220.629	-32.733			
<b>Févr.</b>	1 3	153.737	13.367	21 3	-183.182	-33.077		10 0	219.167	32.119		
	2 21	-151.254	-13.252	22 22	186.043	33.715		11 18	-220.826	-31.914		
	4 16	154.517	14.190	24 16	-185.272	-33.599		13 13	219.205	31.285		
	6 11	-152.083	-14.504	26 11	188.110	34.211		15 7	-220.872	-31.070		
	8 6	155.248	15.433	28 5	-187.369	-34.077		17 2	218.979	30.417		
	10 0	-152.866	-15.313	30 0	190.072	34.635	18 20	-220.637	-30.200			
	11 19	156.212	16.259	<b>Mai</b>	1 19	-189.570	-34.984	20 15	218.590	29.543		
	13 14	-153.713	-16.552		3 14	192.091	35.480	22 9	-220.251	-29.323		
	15 8	157.097	17.076		5 8	-191.842	-35.396	24 4	217.944	28.655		
	17 3	-154.708	-17.365		7 3	194.208	35.833	25 22	-219.585	-28.438		
18 22	158.108	18.315	8 21		-194.012	-35.736	27 17	217.144	27.776			
20 16	-155.652	-18.162	10 16		196.324	36.133	29 12	-218.859	-28.057			
22 11	159.185	19.132	12 10		-196.182	-36.020	31 6	216.096	26.902			
24 6	-156.776	-19.403	14 5		198.316	36.351	<b>Août</b>	2 1	-217.944	-27.209		
26 1	160.198	20.348	16 0		-198.303	-36.706		3 20	214.902	26.540		
27 19	-157.940	-20.203	17 18		200.300	36.513		5 14	-216.909	-26.387		
29 14	161.478	21.167	19 13	-200.565	-36.893	7 9		213.656	25.732			
<b>Mars</b>	2 9	-159.055	-21.418	21 8	202.270	37.080		9 3	-215.622	-25.591		
	4 3	162.682	21.954	23 2	-202.687	-36.995		10 22	212.276	24.961		
	5 22	-160.445	-22.221	24 21	204.305	37.135		12 16	-214.227	-24.832		
	7 17	163.957	23.169	26 15	-204.780	-37.029		14 11	210.711	24.227		
	9 11	-161.798	-23.004	28 10	206.178	37.096		16 5	-212.609	-24.113		
	11 6	165.366	23.952	30 4	-206.719	-36.976		18 0	209.022	23.538		
	13 1	-163.153	-24.204	31 23	208.010	36.993	19 19	-210.941	-23.910			
	14 19	166.750	24.718	<b>Juin</b>	2 17	-208.606	-36.851	21 13	207.172	22.894		
	16 14	-164.740	-24.984		4 12	209.656	36.793	23 8	-209.241	-23.303		
	18 9	168.227	25.902		6 7	-210.450	-37.142	25 3	205.213	22.768		
20 3	-166.279	-25.736	8 1		211.246	36.528	26 21	-207.460	-22.746			

## EUROPE 2008

---

**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>	28	16	203.339	22.246	<b>Oct.</b>	10	7	178.331	21.557	<b>Nov.</b>	21	23	158.746	27.012
	30	10	-205.513	-22.243		12	1	-180.665	-21.836		23	18	-160.547	-27.740
<b>Sept.</b>	1	5	201.375	21.780	13	20	176.398	21.714	25	12	157.457	27.497		
	2	23	-203.489	-21.792	15	15	-178.760	-22.403	27	7	-159.196	-28.222		
	4	18	199.297	21.366	17	9	174.419	21.899	29	2	156.343	28.348		
	6	13	-201.423	-21.851	19	4	-176.871	-22.620	<b>Déc.</b>	30	21	-157.935	-29.052	
8	7	197.144	21.009	20	23	172.633	22.527	2		15	155.260	28.880		
10	2	-199.450	-21.531	22	17	-174.907	-22.852	4		10	-156.767	-29.575		
11	21	194.980	21.155	24	12	170.865	22.795	6		5	154.169	29.733		
13	15	-197.353	-21.264	26	7	-173.161	-23.517	7	23	-155.563	-30.100			
15	10	192.928	20.925	28	1	169.047	23.083	9	18	153.293	30.310			
17	4	-195.201	-21.046	29	20	-171.389	-23.825	11	13	-154.553	-30.967			
18	23	190.798	20.745	31	15	167.438	23.793	13	7	152.313	30.870			
20	18	-193.055	-21.315	<b>Nov.</b>	2	10	-169.585	-24.516	15	2	-153.529	-31.526		
22	12	188.608	20.612		4	4	165.841	24.153	16	21	151.555	31.779		
24	7	-191.029	-21.217	5	23	-168.009	-24.890	18	16	-152.565	-32.391			
26	2	186.467	20.960	7	18	164.187	24.882	20	10	150.762	32.376			
27	20	-188.907	-21.167	9	12	-166.382	-25.281	22	5	-151.716	-32.983			
29	15	184.441	20.942	11	7	162.810	25.306	24	0	150.052	33.282			
<b>Oct.</b>	1	9	-186.730	-21.154	13	2	-164.801	-26.035	25	19	-150.802	-33.843		
	3	4	182.363	20.966	14	20	161.365	25.734	27	13	149.445	33.917		
4	23	-184.750	-21.618	16	15	-163.370	-26.480	29	8	-150.128	-34.466			
6	17	180.228	21.026	18	10	159.980	26.529	31	2	148.795	34.539			
8	12	-182.741	-21.708	20	4	-161.835	-26.917							

---

## GANYMÈDE 2008

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	10	236.768	8.613	<b>Mai</b>	6	0	-307.624	-58.429	<b>Sept.</b>	8	0	317.258	35.930	
	5	1	-237.630	-10.470		9	14	310.632	59.182		11	14	-313.826	-35.562	
	8	15	237.528	12.009		13	4	-314.445	-59.827		15	4	310.503	35.437	
	12	5	-238.584	-13.522		16	18	317.447	60.408		18	18	-307.024	-35.257	
	15	19	238.617	15.053		20	8	-321.088	-60.832		22	8	303.657	35.296	
	19	10	-239.933	-16.931		23	21	324.114	60.881		25	22	-300.263	-35.294	
	23	0	240.102	18.454		27	11	-327.491	-61.063		29	12	296.825	35.479	
	26	14	-241.687	-19.990		31	1	330.412	61.247	<b>Oct.</b>	3	2	-293.561	-35.645	
	30	4	242.006	21.508	<b>Juin</b>	3	15	-333.453	-61.176		6	16	290.206	35.977	
<b>Févr.</b>	2	18	-243.759	-23.041			7	4	336.107	60.762	10	6	-287.039	-36.281	
	6	9	244.335	24.910		10	18	-338.872	-60.460		13	20	283.842	36.752	
	9	23	-246.302	-26.443		14	8	341.069	60.142		17	10	-280.768	-37.177	
	13	13	247.144	27.963		17	21	-343.463	-59.251		21	0	277.811	37.773	
	17	3	-249.177	-29.479		21	11	345.125	58.691		24	14	-274.764	-38.296	
	20	17	250.288	30.994		25	1	-347.052	-57.938		28	4	272.054	39.004	
	24	8	-252.515	-32.845		28	14	348.147	56.809	<b>Nov.</b>	31	18	-269.145	-39.623	
<b>Mars</b>	27	22	253.881	34.345	<b>Juill.</b>	2	4	-349.512	-55.855		4	8	266.611	40.414	
	2	12	-256.330	-35.852			5	18	349.990		54.921	7	23	-263.922	-41.397
	6	2	257.878	37.327			9	7	-350.694		-53.446	11	13	261.586	42.259
	9	16	-260.585	-38.820			12	21	350.692		52.412	15	3	-259.178	-43.059
	13	6	262.249	40.254		16	10	-350.517	-50.807		18	17	256.918	43.967	
	16	20	-265.204	-41.727		20	0	350.027	49.728		22	7	-254.753	-44.840	
	20	10	267.078	43.128		23	14	-349.212	-48.451		25	21	252.659	45.801	
	24	1	-270.239	-44.894		27	3	348.047	46.983		29	12	-250.702	-46.967	
	27	15	272.375	46.266		30	17	-346.698	-45.740	<b>Déc.</b>	3	2	248.878	47.990	
	31	5	-275.675	-47.635	<b>Août</b>	3	7	344.929	44.672		6	16	-247.095	-48.956	
<b>Avril</b>	3	19	278.104	48.965			6	20	-343.072	-43.147		10	6	245.516	50.029
	7	9	-281.449	-50.247			10	10	340.733	42.166		13	20	-243.811	-51.015
	10	23	284.146	51.519			14	0	-338.508	-41.131		17	11	242.527	52.361
	14	13	-287.609	-52.712			17	14	335.667	40.274		21	1	-241.066	-53.390
	18	3	290.467	53.886		21	3	-333.082	-39.032		24	15	239.924	54.535	
	21	17	-294.067	-54.983		24	17	330.015	38.354		28	5	-238.677	-55.606	
	25	7	297.020	56.039		28	7	-327.070	-37.626		31	20	237.714	56.973	
	28	21	-300.775	-57.020		31	21	323.824	37.128						
<b>Mai</b>	2	10	303.748	57.589	<b>Sept.</b>	4	11	-320.510	-36.567						

## CALLISTO 2008

---

**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	23	-420.590	-18.601	<b>Mai</b>	10	0	543.895	103.310	<b>Sept.</b>	11	16	-555.932	-63.096
	13	10	416.416	25.050		18	8	-565.133	-106.641		20	0	534.094	61.469
	21	20	-425.421	-31.875		26	16	570.817	106.468		28	9	-527.668	-62.462
<b>Févr.</b>	30	6	423.304	37.935	<b>Juin</b>	3	23	-591.060	-107.541	<b>Oct.</b>	6	18	506.812	62.618
	7	16	-434.217	-44.913		12	7	593.755	105.069		15	3	-500.757	-65.027
<b>Mars</b>	16	3	433.936	51.013	<b>Juill.</b>	20	14	-610.685	-103.796	<b>Nov.</b>	23	13	481.490	66.552
	24	13	-447.106	-58.089		28	21	608.753	99.005		31	22	-476.696	-70.094
	3	23	448.701	63.687		7	4	-620.566	-95.743		9	8	459.481	72.450
	12	8	-463.958	-70.501		15	11	612.443	89.559		17	18	-456.058	-76.991
	20	18	467.595	75.727		23	18	-618.546	-85.345		26	4	441.307	79.931
<b>Avril</b>	29	4	-484.956	-82.539	<b>Août</b>	1	1	604.434	79.013	<b>Déc.</b>	4	14	-439.398	-85.076
	6	13	490.202	86.919		9	8	-604.906	-75.026		13	1	426.880	88.513
	14	22	-509.731	-93.012		17	16	586.426	69.948		21	11	-426.779	-94.146
<b>Mai</b>	23	7	516.115	96.417	<b>Sept.</b>	26	0	-582.750	-67.379		29	21	416.539	97.674
	1	15	-536.983	-101.302		3	8	561.609	63.962					

---



## SATELLITES DE SATURNE

Coordonnées différentielles 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 2008

## 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	10	-29.341	-2.477	<b>Janv.</b>	22	15	30.110	2.708	<b>Févr.</b>	12	20	-30.276	-3.642
	1	22	29.000	2.955		23	2	-29.884	-2.654		13	7	30.756	2.929
	2	9	-29.409	-2.953		23	14	30.160	3.228		13	18	-29.996	-2.754
	2	20	29.075	2.237		24	1	-30.063	-3.189		14	6	30.883	3.494
	3	7	-29.229	-2.219		24	12	30.023	2.430		14	17	-30.279	-3.343
	3	19	29.214	2.724		25	0	-29.894	-3.691		15	5	30.663	4.023
	4	6	-29.495	-2.715		25	11	30.275	2.971		15	16	-30.203	-3.896
	4	18	29.014	3.183		25	22	-30.048	-2.915		16	3	30.897	3.207
	5	5	-29.428	-3.185		26	10	30.181	3.482		16	14	-30.152	-3.025
	5	16	29.303	2.479		26	21	-30.083	-3.442		17	2	30.877	3.761
6	3	-29.460	-2.462	27	8	30.267	2.699	17	13	-30.287	-3.604			
6	15	29.307	2.960	27	19	-29.907	-2.624	18	0	30.788	2.904			
7	2	-29.592	-2.954	28	7	30.375	3.233	18	12	-30.062	-4.143			
7	13	29.270	2.220	28	18	-30.148	-3.174	18	23	30.968	3.481			
8	1	-29.388	-3.416	29	6	30.136	3.734	19	10	-30.241	-3.292			
8	12	29.475	2.722	29	17	-30.038	-3.693	19	22	30.802	4.022			
8	23	-29.634	-2.707	30	4	30.445	2.968	20	9	-30.228	-3.859			
9	11	29.341	3.196	30	15	-30.086	-2.888	20	20	30.936	3.184			
9	22	-29.629	-3.193	31	3	30.409	3.493	21	7	-30.064	-2.960			
10	9	29.520	2.468	31	14	-30.182	-3.432	21	19	30.970	3.749			
10	20	-29.554	-2.444	<b>Févr.</b>	1	1	30.393	2.687	22	6	-30.263	-3.553		
11	8	29.589	2.965		1	13	-29.926	-3.939	22	17	30.782	2.871		
11	19	-29.749	-2.952		2	0	30.558	3.235	23	5	-30.102	-4.106		
12	6	29.443	2.202		2	11	-30.201	-3.152	23	16	31.015	3.459		
12	18	-29.604	-3.430	2	23	30.375	3.750	24	3	-30.167	-3.228			
13	5	29.713	2.718	3	10	-30.150	-3.686	24	15	30.902	4.011			
13	16	-29.746	-2.695	3	21	30.583	2.961	25	2	-30.219	-3.808			
14	4	29.642	3.208	4	8	-30.091	-2.853	25	13	30.937	3.152			
14	15	-29.802	-3.197	4	20	30.602	3.500	26	0	-29.939	-2.884			
15	2	29.714	2.457	5	7	-30.249	-3.413	26	12	31.024	3.728			
15	13	-29.620	-2.421	5	18	30.487	2.670	26	23	-30.204	-3.490			
16	1	29.845	2.969	6	6	-30.051	-3.935	27	11	30.766	4.264			
16	12	-29.878	-2.946	6	17	30.706	3.232	27	22	-30.107	-4.056			
17	0	29.633	3.450	7	4	-30.220	-3.120	28	9	31.023	3.428			
17	11	-29.793	-3.440	7	16	30.579	3.761	28	20	-30.057	-3.152			
17	22	29.925	2.714	8	3	-30.230	-3.669	29	8	30.964	3.990			
18	9	-29.830	-2.678	8	14	30.687	2.948	29	19	-30.174	-3.745			
18	21	29.916	3.219	9	1	-30.062	-2.809	<b>Mars</b>	1	6	30.899	3.112		
19	8	-29.947	-3.196	9	13	30.761	3.500		1	18	-29.931	-4.294		
19	19	29.882	2.445	10	0	-30.281	-3.383	2	5	31.039	3.697			
20	7	-29.720	-3.682	10	11	30.546	2.648	2	16	-30.108	-3.413			
20	18	30.075	2.971	10	23	-30.144	-3.921	3	4	30.836	4.243			
21	5	-29.978	-2.934	11	10	30.820	3.223	3	15	-30.079	-3.991			
21	17	29.922	3.467	11	21	-30.204	-3.078	4	2	30.991	3.388			
22	4	-29.953	-3.445	12	9	30.747	3.765	4	13	-29.909	-3.063			

## MIMAS 2008

## 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>Mars</b>	5	1	30.987	3.959	<b>Mars</b>	26	6	-29.310	-4.371	<b>Avril</b>	16	11	29.512	4.534
	5	12	-30.094	-3.667		26	17	30.611	3.954		16	22	-28.597	-3.958
	5	23	30.821	3.062		27	4	-29.425	-3.461		17	9	29.715	3.706
	6	11	-29.919	-4.229		27	16	30.365	4.487		17	20	-28.355	-3.035
	6	22	31.015	3.656		28	3	-29.407	-4.038		18	8	29.613	4.224
	7	9	-29.976	-3.324		28	14	30.522	3.624		18	19	-28.542	-3.603
	7	21	30.867	4.210		29	1	-29.171	-3.084		19	6	29.499	3.359
	8	8	-30.016	-3.913		29	13	30.472	4.181		19	18	-28.394	-4.125
	8	19	30.919	3.337		30	0	-29.368	-3.685		20	5	29.592	3.898
	9	6	-29.725	-2.962		30	11	30.310	3.279		20	16	-28.352	-3.234
	9	18	30.970	3.916		30	23	-29.215	-4.241		21	4	29.370	4.392
10	5	-29.979	-3.576	31	10	30.456	3.859	21	15	-28.416	-3.780			
10	16	30.702	3.002	31	21	-29.194	-3.316	22	2	29.447	3.560			
11	4	-29.875	-4.148	<b>Avril</b>	1	9	30.274	4.395	22	14	-28.147	-4.277		
11	15	30.950	3.603		1	20	-29.256	-3.898	23	1	29.419	4.076		
12	2	-29.809	-3.221		2	7	30.318	3.521	23	12	-28.303	-3.420		
12	14	30.859	4.165		2	19	-28.971	-4.432	23	23	29.180	3.209		
13	1	-29.919	-3.820		3	6	30.332	4.081	24	11	-28.246	-3.943		
13	12	30.808	3.275		3	17	-29.161	-3.538	24	22	29.346	3.746		
14	0	-29.672	-4.373		4	4	30.057	3.170	25	9	-28.053	-3.047		
14	11	30.915	3.861		4	16	-29.091	-4.099	25	21	29.201	4.239		
14	22	-29.829	-3.472		5	3	30.266	3.751	26	8	-28.208	-3.593		
15	10	30.683	4.404		5	14	-28.931	-3.161	26	19	29.150	3.403		
15	21	-29.797	-4.053		6	2	30.150	4.289	27	7	-28.033	-4.092		
16	8	30.847	3.539	6	13	-29.075	-3.747	27	18	29.198	3.918			
16	19	-29.605	-3.106	7	0	30.078	3.407	28	5	-28.034	-3.230			
17	7	30.814	4.108	7	12	-28.875	-4.286	28	17	28.937	4.388			
17	18	-29.788	-3.713	7	23	30.158	3.968	29	4	-28.071	-3.753			
18	5	30.658	3.203	8	10	-28.923	-3.379	29	15	29.073	3.584			
18	17	-29.615	-4.276	8	22	29.914	4.484	30	3	-27.780	-4.227			
19	4	30.821	3.794	9	9	-28.937	-3.944	<b>Mai</b>	30	14	29.005	4.076		
19	15	-29.644	-3.355	9	20	30.042	3.631		1	1	-27.972	-3.400		
20	3	30.648	4.343	10	7	-28.636	-2.997		1	12	28.825	3.238		
20	14	-29.686	-3.944	10	19	29.994	4.171		2	0	-27.892	-3.899		
21	1	30.706	3.464	11	6	-28.864	-3.585		2	11	28.950	3.751		
21	13	-29.374	-4.486	11	17	29.805	3.281		2	22	-27.739	-3.035		
22	0	30.731	4.037	12	5	-28.750	-4.127		3	10	28.769	4.220		
22	11	-29.623	-3.593	12	16	29.952	3.843		3	21	-27.868	-3.557		
22	22	30.469	3.120	13	3	-28.654	-3.211		4	8	28.772	3.414		
23	10	-29.526	-4.164	13	15	29.779	4.360		4	20	-27.675	-4.032		
23	21	30.690	3.715	14	2	-28.754	-3.778		5	7	28.783	3.904		
24	8	-29.425	-3.225	14	13	29.786	3.500	5	18	-27.709	-3.202			
24	20	30.578	4.269	15	1	-28.515	-4.297	6	6	28.491	4.348			
25	7	-29.544	-3.821	15	12	29.808	4.040	6	17	-27.725	-3.701			
25	18	30.526	3.377	15	23	-28.622	-3.413	7	4	28.675	3.576			

## MIMAS 2008

## 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	16	-27.420	-4.151	<b>Mai</b>	28	20	27.306	2.947	<b>Juin</b>	19	2	-25.873	-3.282	
	8	3	28.575	4.042		29	8	-26.752	-3.419		19	13	26.345	3.270	
	8	14	-27.640	-3.356		29	19	27.443	3.379		20	0	-25.956	-2.670	
	9	1	28.444	3.236		30	6	-26.503	-2.667		20	11	26.180	2.642	
	9	13	-27.544	-3.831		30	18	27.290	3.769		20	23	-25.956	-3.018	
	10	0	28.536	3.724		31	5	-26.693	-3.107		21	10	26.302	3.000	
	10	11	-27.420	-3.000		31	16	27.252	3.066		21	21	-25.719	-2.382	
	10	23	28.327	4.166		<b>Juin</b>	1	4	-26.583		-3.507	22	9	26.145	3.320
	11	10	-27.532	-3.497			1	15	27.289		3.476	22	20	-25.911	-2.747
	11	21	28.374	3.393			2	2	-26.504		-2.788	23	7	26.136	2.721
	12	9	-27.326	-3.948			2	14	27.038		3.843	23	19	-25.820	-3.076
	12	20	28.357	3.857		3	1	-26.593	-3.207		24	6	26.166	3.060	
	13	7	-27.385	-3.152		3	12	27.164	3.173		24	17	-25.739	-2.469	
	13	18	28.091	3.053		4	0	-26.385	-3.584		25	5	25.918	3.360	
14	6	-27.386	-3.625	4	11	27.102	3.561	25	16	-25.839	-2.815				
14	17	28.265	3.537	4	22	-26.473	-2.897	26	3	26.064	2.791				
15	4	-27.105	-2.797	5	9	26.918	2.861	26	15	-25.657	-3.123				
15	16	28.141	3.977	5	21	-26.463	-3.294	27	2	26.003	3.110				
16	3	-27.312	-3.291	6	8	27.044	3.267	27	13	-25.732	-2.547				
16	14	28.049	3.205	6	19	-26.223	-2.581	28	0	25.840	2.516				
17	2	-27.206	-3.740	7	7	26.886	3.633	28	12	-25.741	-2.873				
17	13	28.116	3.666	7	18	-26.411	-2.996	28	23	25.965	2.851				
18	0	-27.104	-2.946	8	5	26.864	2.966	29	10	-25.500	-2.274				
18	12	27.887	4.083	8	17	-26.304	-3.371	29	22	25.814	3.151				
18	23	-27.203	-3.417	9	4	26.893	3.350	30	9	-25.698	-2.615				
19	10	27.969	3.344	9	15	-26.228	-2.690	<b>Juill.</b>	30	20	25.804	2.585			
19	22	-26.992	-3.843	10	3	26.640	3.694		1	8	-25.616	-2.922			
20	9	27.931	3.782	10	14	-26.318	-3.083		1	19	25.840	2.902			
20	20	-27.067	-3.082	11	1	26.778	3.058		2	6	-25.530	-2.352			
21	7	27.699	3.012	11	13	-26.116	-3.437		2	18	25.599	3.183			
21	19	-27.061	-3.530	12	0	26.713	3.422		3	5	-25.638	-2.675			
22	6	27.851	3.470	12	11	-26.203	-2.787	3	16	25.742	2.646				
22	17	-26.799	-2.740	12	22	26.541	2.758	4	4	-25.467	-2.963				
23	5	27.710	3.885	13	10	-26.197	-3.160	4	15	25.688	2.945				
23	16	-26.995	-3.207	13	21	26.663	3.140	5	2	-25.534	-2.421				
24	3	27.649	3.147	14	8	-25.960	-2.485	5	13	25.522	2.383				
24	15	-26.885	-3.632	14	20	26.503	3.482	6	1	-25.552	-2.726				
25	2	27.698	3.582	15	7	-26.149	-2.875	6	12	25.654	2.698				
25	13	-26.798	-2.874	15	18	26.491	2.849	6	23	-25.307	-2.163				
26	1	27.455	3.974	16	6	-26.049	-3.226	7	11	25.511	2.978				
26	12	-26.890	-3.319	16	17	26.519	3.210	7	22	-25.511	-2.482				
26	23	27.563	3.269	17	4	-25.972	-2.582	8	9	25.498	2.445				
27	11	-26.678	-3.720	17	16	26.266	3.532	8	21	-25.440	-2.769				
27	22	27.510	3.682	18	3	-26.066	-2.951	9	8	25.541	2.742				
28	9	-26.762	-2.997	18	14	26.411	2.930	9	19	-25.348	-2.234				

## MIMAS 2008

## 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			
Mois	j	h	"	"	"	"	Mois	j	h	"	"	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Juill.</b>	10	7	25.310	3.004			<b>Juill.</b>	31	12	-25.074	-2.333			<b>Août</b>	21	17	24.367	2.047
	10	18	-25.463	-2.535				31	23	24.828	2.274				22	4	-24.971	-1.782
	11	5	25.448	2.498			<b>Août</b>	1	10	-24.963	-1.892				22	15	24.294	1.673
	11	17	-25.304	-2.804				1	22	24.634	2.491				23	3	-24.953	-1.977
	12	4	25.402	2.778				2	9	-25.103	-2.139				23	14	24.412	1.881
	12	15	-25.362	-2.296				2	20	24.743	2.067				24	1	-24.837	-1.614
	13	2	25.232	2.248				3	8	-24.977	-2.359				24	13	24.257	2.066
	13	14	-25.389	-2.580				3	19	24.734	2.299				25	0	-24.995	-1.819
	14	1	25.372	2.543				4	6	-25.013	-1.941				25	11	24.334	1.711
	14	13	-25.143	-2.832				4	17	24.534	1.856				25	23	-24.892	-2.003
	15	0	25.240	2.806				5	5	-25.067	-2.174				26	10	24.365	1.908
	15	11	-25.351	-2.351				5	16	24.711	2.102				26	21	-24.921	-1.658
	15	22	25.219	2.303				6	4	-24.857	-2.380				27	8	24.133	1.536
	16	10	-25.291	-2.618				6	15	24.616	2.320				27	20	-24.993	-1.853
	16	21	25.272	2.581				7	2	-25.038	-1.984				28	7	24.350	1.745
	17	8	-25.192	-2.116				7	13	24.565	1.899				28	19	-24.805	-2.026
	17	20	25.053	2.828				8	1	-25.007	-2.203				29	6	24.294	1.932
	18	7	-25.315	-2.398				8	12	24.655	2.131				29	17	-24.980	-1.699
	18	18	25.182	2.350				8	23	-24.892	-1.790				30	4	24.212	1.578
	19	6	-25.168	-2.649				9	11	24.475	2.336				30	16	-24.967	-1.884
	19	17	25.148	2.613				9	22	-25.039	-2.022				31	3	24.342	1.777
	20	4	-25.218	-2.173				10	9	24.572	1.937				31	14	-24.854	-1.543
	20	15	24.969	2.114				10	21	-24.922	-2.228			<b>Sept.</b>	1	2	24.200	1.953
	21	3	-25.255	-2.438				11	8	24.576	2.156				1	13	-25.015	-1.738
	21	14	25.120	2.391				11	19	-24.954	-1.836				2	0	24.268	1.617
	22	2	-25.021	-2.674				12	6	24.366	1.739				2	12	-24.915	-1.912
	22	13	24.999	2.637				12	18	-25.015	-2.055				2	23	24.311	1.806
	23	0	-25.219	-2.222				13	5	24.556	1.971				3	10	-24.949	-1.588
	23	11	24.970	2.163				13	17	-24.814	-2.249				3	22	24.082	1.972
	23	23	-25.169	-2.472				14	4	24.475	2.177				4	9	-25.024	-1.773
	24	10	25.034	2.424				14	15	-24.990	-1.877				4	20	24.300	1.654
	24	21	-25.064	-2.002				15	2	24.413	1.780				5	8	-24.839	-1.937
	25	9	24.827	2.655				15	14	-24.967	-2.084				5	19	24.256	1.832
	25	20	-25.195	-2.265				16	1	24.516	2.000				6	6	-25.018	-1.631
	26	7	24.946	2.206				16	12	-24.850	-1.697				6	17	24.166	1.498
	26	19	-25.059	-2.500				17	0	24.349	2.194				7	5	-25.007	-1.806
	27	6	24.924	2.452				17	11	-25.003	-1.914				7	16	24.309	1.688
	27	17	-25.102	-2.054				17	22	24.436	1.818				8	3	-24.901	-1.485
	28	4	24.736	1.982				18	10	-24.894	-2.109				8	15	24.178	1.857
	28	16	-25.147	-2.302				18	21	24.453	2.025				9	2	-25.063	-1.671
	29	3	24.899	2.242				19	8	-24.923	-1.741				9	13	24.239	1.539
	29	15	-24.926	-2.522				19	19	24.232	1.632				10	1	-24.965	-1.836
	30	2	24.791	2.474				20	7	-24.991	-1.948				10	12	24.294	1.720
	30	13	-25.114	-2.099				20	18	24.435	1.851				10	23	-25.005	-1.532
	31	0	24.751	2.027				21	6	-24.797	-2.130				11	11	24.075	1.879

## MIMAS 2008

**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.	11	22	-25.081	-1.708	Oct.	3	3	24.459	1.570	Oct.	24	8	-25.912	-1.623
	12	9	24.287	1.579		3	14	-25.348	-1.459		24	19	24.867	1.437
	12	21	-24.897	-1.865		4	2	24.259	1.714		25	7	-25.766	-1.756
	13	8	24.254	1.750		4	13	-25.413	-1.616		25	18	24.952	1.589
	13	19	-25.085	-1.577		5	0	24.474	1.458		26	5	-25.936	-1.541
	14	6	24.158	1.434		5	12	-25.215	-1.755		26	17	24.749	1.722
	14	18	-25.074	-1.744		5	23	24.462	1.613		27	4	-25.964	-1.685
	15	5	24.312	1.616		6	10	-25.452	-1.514		27	15	25.003	1.503
	15	16	-24.976	-1.442		6	21	24.366	1.342		28	2	-25.849	-1.455
	16	4	24.191	1.778		7	9	-25.426	-1.664		28	14	24.991	1.648
	16	15	-25.138	-1.619		7	20	24.544	1.508		29	1	-26.053	-1.609
	17	2	24.247	1.478		8	7	-25.380	-1.409		29	12	24.932	1.412
	17	14	-25.040	-1.778		8	19	24.440	1.656		30	0	-25.985	-1.746
	18	1	24.312	1.652		9	6	-25.527	-1.568		30	11	25.111	1.568
	18	12	-25.091	-1.491		9	17	24.502	1.399		30	22	-26.031	-1.529
	19	0	24.102	1.805		10	5	-25.410	-1.710		31	10	24.999	1.705
	19	11	-25.166	-1.660		10	16	24.587	1.557		31	21	-26.138	-1.677
	19	22	24.311	1.521		11	3	-25.518	-1.469		Nov.	1	8	25.108
20	10	-24.980	-1.810	11	15	24.390	1.697	1	20	-25.972		-1.806		
20	21	24.288	1.686	12	2	-25.574	-1.621	2	7	25.188		1.633		
21	8	-25.180	-1.539	12	13	24.612	1.455	2	18	-26.181	-1.603			
21	19	24.188	1.386	13	0	-25.398	-1.367	3	5	24.982	1.394			
22	7	-25.166	-1.699	13	12	24.604	1.606	3	17	-26.190	-1.743			
22	18	24.352	1.562	13	23	-25.628	-1.528	4	4	25.254	1.555			
23	5	-25.082	-1.415	14	10	24.515	1.347	4	15	-26.113	-1.524			
23	17	24.238	1.718	14	22	-25.591	-1.673	5	3	25.234	1.696			
24	4	-25.241	-1.585	15	9	24.696	1.510	5	14	-26.298	-1.675			
24	15	24.293	1.434	15	20	-25.571	-1.432	6	1	25.199	1.471			
25	3	-25.140	-1.737	16	8	24.593	1.653	6	13	-26.208	-1.808			
25	14	24.367	1.602	16	19	-25.708	-1.587	7	0	25.371	1.625			
26	1	-25.205	-1.467	17	6	24.665	1.409	7	11	-26.296	-1.603			
26	13	24.163	1.750	17	18	-25.579	-1.724	7	23	25.249	1.759			
27	0	-25.276	-1.629	18	5	24.752	1.564	8	10	-26.382	-1.747			
27	11	24.374	1.480	18	16	-25.715	-1.496	8	21	25.385	1.548			
27	23	-25.086	-1.773	19	4	24.553	1.700	9	9	-26.192	-1.872			
28	10	24.357	1.640	19	15	-25.759	-1.644	9	20	25.456	1.694			
28	21	-25.302	-1.518	20	2	24.789	1.470	10	7	-26.446	-1.680			
29	8	24.257	1.355	20	13	-25.611	-1.402	10	18	25.277	1.466			
29	20	-25.284	-1.672	21	1	24.780	1.617	11	6	-26.431	-1.818			
30	7	24.429	1.526	21	12	-25.829	-1.560	11	17	25.541	1.624			
Oct.	30	18	-25.216	-1.403	21	23	24.703	1.371	12	4	-26.398	-1.609		
	1	6	24.321	1.677	22	11	-25.778	-1.701	12	16	25.509	1.763		
	1	17	-25.371	-1.568	22	22	24.885	1.530	13	3	-26.561	-1.757		
	2	4	24.378	1.407	23	9	-25.788	-1.472	13	14	25.503	1.548		
	2	16	-25.264	-1.714	23	21	24.779	1.670	14	2	-26.445	-1.887		

## MIMAS 2008

## X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			Date			Date		
Mois	j	h	Mois	j	h	Mois	j	h
	"	"		"	"		"	"
<b>Nov.</b>	14	13	<b>Nov.</b>	30	14	<b>Déc.</b>	16	14
	15	0		1	1		17	1
	15	12		1	12		17	13
	15	23		1	23		18	0
	16	10		2	11		18	11
	16	21		2	22		18	23
	17	9		3	9		19	10
	17	20		3	21		19	21
	18	7		4	8		20	9
	18	19		4	19		20	20
	19	6		5	7		21	7
	19	17		5	18		21	18
	20	5		6	5		22	6
	20	16		6	16		22	17
	21	3		7	4		23	4
	21	15		7	15		23	16
	22	2		8	2		24	3
	22	13		8	14		24	14
	23	1		9	1		25	2
	23	12		9	12		25	13
	23	23		10	0		26	0
	24	10		10	11		26	11
	24	22		10	22		26	23
	25	9		11	10		27	10
	25	20		11	21		27	21
	26	8		12	8		28	9
	26	19		12	20		28	20
	27	6		13	7		29	7
	27	18		13	18		29	19
	28	5		14	5		30	6
	28	16		14	17		30	17
	29	4		15	4		31	5
	29	15		15	15		31	16
	30	2		16	3			

## ENCELADE 2008

**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	7	-37.566	-3.356	<b>Févr.</b>	1	3	38.832	3.786	<b>Mars</b>	2	23	-39.481	-4.213
	2	0	37.356	3.869		1	20	-39.014	-4.309		3	15	39.123	3.711
	2	16	-37.694	-3.470		2	12	38.873	3.916		4	8	-39.409	-4.353
	3	9	37.383	3.977		3	4	-39.128	-3.458		5	0	39.126	3.856
	4	1	-37.799	-3.583		3	21	38.887	4.046		5	17	-39.314	-4.491
	4	17	37.397	3.222		4	13	-39.225	-3.593		6	9	39.104	4.000
	5	10	-37.886	-3.697		5	6	38.877	4.175		7	1	-39.356	-3.487
	6	2	37.548	3.340		5	22	-39.297	-3.726		7	18	39.057	4.143
	6	19	-37.950	-3.809		6	15	38.841	4.304		8	10	-39.390	-3.635
	7	11	37.678	3.458		7	7	-39.346	-3.860		9	3	38.984	4.284
	8	4	-37.993	-3.922		7	23	38.895	3.415		9	19	-39.398	-3.782
	8	20	37.787	3.575		8	16	-39.369	-3.994		10	12	38.889	4.424
	9	13	-38.013	-4.033		9	8	38.989	3.553		11	4	-39.381	-3.927
	10	5	37.873	3.691		10	1	-39.367	-4.126		11	20	38.849	3.382
10	21	-38.043	-3.267	10	17	39.058	3.690	12	13	-39.339	-4.072			
11	14	37.938	3.807	11	10	-39.339	-4.258	13	5	38.882	3.532			
12	6	-38.188	-3.388	12	2	39.103	3.827	13	22	-39.274	-4.213			
12	23	37.980	3.923	12	19	-39.289	-4.388	14	14	38.891	3.681			
13	15	-38.313	-3.508	13	11	39.121	3.963	15	7	-39.186	-4.355			
14	8	37.998	4.038	14	3	-39.384	-3.485	15	23	38.876	3.828			
15	0	-38.415	-3.629	14	20	39.116	4.099	16	16	-39.074	-4.494			
15	17	37.995	4.152	15	12	-39.460	-3.626	17	8	38.836	3.973			
16	9	-38.494	-3.749	16	5	39.084	4.234	18	0	-39.077	-3.448			
17	1	38.110	3.366	16	21	-39.511	-3.766	18	17	38.775	4.116			
17	18	-38.550	-3.869	17	14	39.029	4.368	19	9	-39.088	-3.597			
18	10	38.235	3.491	18	6	-39.535	-3.904	20	2	38.688	4.258			
19	3	-38.582	-3.987	18	22	39.058	3.426	20	18	-39.079	-3.744			
19	19	38.336	3.615	19	15	-39.536	-4.043	21	11	38.579	4.398			
20	12	-38.592	-4.106	20	7	39.131	3.569	22	3	-39.045	-3.890			
21	4	38.415	3.739	21	0	-39.512	-4.180	22	19	38.490	3.318			
21	20	-38.585	-3.296	21	16	39.180	3.712	23	12	-38.990	-4.034			
22	13	38.469	3.862	22	9	-39.464	-4.317	24	4	38.506	3.467			
23	5	-38.721	-3.424	23	1	39.202	3.853	24	21	-38.912	-4.177			
23	22	38.500	3.984	23	18	-39.390	-4.453	25	13	38.501	3.615			
24	14	-38.833	-3.552	24	10	39.200	3.994	26	6	-38.810	-4.317			
25	7	38.507	4.106	25	2	-39.462	-3.497	26	22	38.472	3.762			
25	23	-38.923	-3.679	25	19	39.173	4.134	27	15	-38.686	-4.455			
26	16	38.490	4.228	26	11	-39.515	-3.643	28	7	38.421	3.907			
27	8	-38.989	-3.806	27	4	39.121	4.274	28	23	-38.635	-3.375			
28	0	38.571	3.394	27	20	-39.544	-3.786	29	16	38.347	4.050			
28	17	-39.033	-3.932	28	13	39.043	4.411	30	8	-38.636	-3.524			
29	9	38.681	3.525	29	5	-39.548	-3.929	31	1	38.252	4.191			
30	2	-39.051	-4.058	29	21	39.042	3.417	31	17	-38.613	-3.670			
30	18	38.770	3.656	<b>Mars</b>	1	14	-39.527	-4.072	<b>Avril</b>	1	10	38.135	4.329	
31	11	-39.045	-4.184		2	6	39.094	3.565		2	2	-38.569	-3.815	



## ENCELADE 2008

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>	2	19	37.998	4.464	<b>Mai</b>	3	14	-36.601	-3.236	<b>Juin</b>	3	10	34.268	2.940
	3	11	-38.503	-3.958		4	7	36.300	3.866		4	3	-34.693	-3.625
	4	3	37.990	3.367		4	23	-36.564	-3.369		4	19	34.244	3.055
	4	20	-38.416	-4.098		5	16	36.183	3.989		5	12	-34.593	-3.728
	5	12	37.976	3.514		6	8	-36.510	-3.499		6	4	34.208	3.167
	6	5	-38.307	-4.236		7	1	36.049	4.109		6	21	-34.479	-3.826
	6	21	37.940	3.659		7	17	-36.441	-3.626		7	13	34.156	3.276
	7	14	-38.181	-4.370		8	10	35.898	4.226		8	6	-34.353	-3.923
	8	6	37.881	3.801		9	2	-36.354	-3.751		8	22	34.093	3.382
	8	22	-38.061	-3.269		9	18	35.843	3.144		9	14	-34.228	-2.952
	9	15	37.804	3.941		10	11	-36.251	-3.872		10	7	34.016	3.485
	10	7	-38.054	-3.415		11	3	35.807	3.275		10	23	-34.206	-3.062
	11	0	37.706	4.079		11	20	-36.132	-3.991		11	16	33.928	3.584
	11	16	-38.026	-3.560		12	12	35.757	3.402		12	8	-34.170	-3.169
	12	9	37.589	4.214		13	5	-35.996	-4.106		13	1	33.826	3.681
13	1	-37.976	-3.700	13	21	35.690	3.526	13	17	-34.123	-3.273			
13	18	37.451	4.346	14	14	-35.847	-4.218	14	10	33.712	3.774			
14	10	-37.908	-3.840	15	6	35.607	3.647	15	2	-34.063	-3.375			
15	2	37.357	3.233	15	22	-35.795	-3.164	15	19	33.585	3.865			
15	19	-37.820	-3.976	16	15	35.508	3.766	16	11	-33.992	-3.473			
16	11	37.341	3.377	17	7	-35.757	-3.290	17	3	33.525	2.925			
17	4	-37.713	-4.110	18	0	35.393	3.880	17	20	-33.908	-3.568			
17	20	37.306	3.517	18	16	-35.704	-3.412	18	12	33.503	3.029			
18	13	-37.586	-4.242	19	9	35.265	3.992	19	5	-33.811	-3.660			
19	5	37.250	3.657	20	1	-35.635	-3.532	19	21	33.467	3.131			
19	22	-37.442	-4.370	20	18	35.121	4.101	20	14	-33.703	-3.749			
20	14	37.175	3.793	21	10	-35.552	-3.649	21	6	33.421	3.230			
21	6	-37.371	-3.272	22	2	35.046	3.053	21	23	-33.583	-3.834			
21	23	37.081	3.927	22	19	-35.454	-3.761	22	15	33.361	3.326			
22	15	-37.345	-3.412	23	11	35.012	3.175	23	7	-33.509	-2.932			
23	8	36.967	4.057	24	4	-35.341	-3.872	24	0	33.290	3.419			
24	0	-37.300	-3.550	24	20	34.966	3.295	24	16	-33.490	-3.032			
24	17	36.837	4.185	25	13	-35.215	-3.979	25	9	33.207	3.509			
25	9	-37.236	-3.685	26	5	34.903	3.411	26	1	-33.459	-3.130			
26	2	36.688	4.310	26	22	-35.074	-4.083	26	18	33.113	3.595			
26	18	-37.154	-3.818	27	14	34.829	3.524	27	10	-33.416	-3.224			
27	10	36.628	3.207	28	6	-34.994	-3.066	28	3	33.007	3.678			
28	3	-37.052	-3.946	28	23	34.739	3.635	28	19	-33.363	-3.315			
28	19	36.599	3.345	29	15	-34.962	-3.184	29	12	32.890	3.758			
29	12	-36.935	-4.073	30	8	34.635	3.742	30	4	-33.297	-3.404			
30	4	36.550	3.479	31	0	-34.914	-3.299	<b>Juill.</b>	30	20	32.868	2.891		
30	21	-36.800	-4.196	31	17	34.517	3.846		1	13	-33.222	-3.489		
<b>Mai</b>	1	13	36.484	3.611	<b>Juin</b>	1	9		-34.855	-3.411	2	5	32.850	2.986
	2	6	-36.649	-4.317		2	2		34.384	3.946	2	22	-33.134	-3.571
	2	22	36.401	3.739		2	18		-34.781	-3.520	3	14	32.822	3.078

## ENCELADE 2008

**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	-33.035	-3.651	<b>Août</b>	4	3	31.802	3.164	<b>Sept.</b>	3	23	-31.707	-2.926
	4	23	32.782	3.167		4	19	-31.999	-2.891		4	16	31.390	3.156
	5	16	-32.926	-3.727		5	12	31.758	3.227		5	8	-31.716	-2.976
	6	8	32.733	3.254		6	4	-31.999	-2.961		6	1	31.342	3.196
	7	0	-32.884	-2.898		6	21	31.701	3.288		6	17	-31.716	-3.023
	7	17	32.671	3.337		7	13	-31.991	-3.029		7	9	31.381	2.719
	8	9	-32.873	-2.988		8	6	31.635	3.346		8	2	-31.705	-3.068
	9	2	32.598	3.418		8	22	-31.973	-3.094		8	18	31.429	2.774
	9	18	-32.851	-3.076		9	15	31.558	3.400		9	11	-31.687	-3.111
	10	11	32.514	3.495		10	7	-31.945	-3.157		10	3	31.464	2.826
	11	3	-32.817	-3.161		10	23	31.577	2.766		10	20	-31.656	-3.151
	11	20	32.420	3.568		11	16	-31.906	-3.217		11	12	31.492	2.875
	12	12	-32.773	-3.243		12	8	31.596	2.835		12	5	-31.616	-3.188
	13	5	32.314	3.640		13	1	-31.858	-3.273		12	21	31.508	2.922
	13	21	-32.718	-3.323		13	17	31.604	2.902		13	13	-31.645	-2.747
	14	13	32.315	2.848		14	10	-31.799	-3.328		14	6	31.515	2.966
	15	6	-32.653	-3.399		15	2	31.603	2.966		14	22	-31.698	-2.798
15	22	32.308	2.935	15	19	-31.732	-3.378	15	15	31.512	3.007			
16	15	-32.578	-3.472	16	11	31.591	3.027	16	7	-31.742	-2.846			
17	7	32.289	3.017	17	3	-31.734	-2.783	17	0	31.498	3.046			
18	0	-32.492	-3.542	17	20	31.569	3.086	17	16	-31.776	-2.892			
18	16	32.261	3.098	18	12	-31.759	-2.849	18	9	31.473	3.083			
19	9	-32.395	-3.609	19	5	31.537	3.142	19	1	-31.799	-2.935			
20	1	32.221	3.175	19	21	-31.775	-2.912	19	18	31.438	3.116			
20	17	-32.374	-2.857	20	14	31.496	3.194	20	10	-31.811	-2.976			
21	10	32.173	3.250	21	6	-31.779	-2.972	21	2	31.496	2.715			
22	2	-32.372	-2.939	21	23	31.444	3.245	21	19	-31.814	-3.014			
22	19	32.113	3.321	22	15	-31.775	-3.029	22	11	31.557	2.763			
23	11	-32.361	-3.018	23	8	31.382	3.292	23	4	-31.806	-3.050			
24	4	32.042	3.390	24	0	-31.760	-3.084	23	20	31.608	2.808			
24	20	-32.339	-3.094	24	16	31.410	2.737	24	13	-31.790	-3.083			
25	13	31.960	3.456	25	9	-31.737	-3.136	25	5	31.647	2.850			
26	5	-32.308	-3.167	26	1	31.441	2.798	25	22	-31.761	-3.114			
26	22	31.869	3.518	26	18	-31.703	-3.186	26	14	31.678	2.890			
27	14	-32.265	-3.238	27	10	31.464	2.858	27	6	-31.816	-2.748			
28	6	31.881	2.805	28	3	-31.659	-3.233	27	23	31.696	2.927			
28	23	-32.213	-3.306	28	19	31.477	2.914	28	15	-31.883	-2.792			
29	15	31.887	2.882	29	12	-31.605	-3.277	29	8	31.706	2.962			
30	8	-32.150	-3.371	30	4	31.480	2.968	30	0	-31.939	-2.833			
31	0	31.882	2.957	30	20	-31.617	-2.759	30	17	31.704	2.995			
<b>Août</b>	31	17	-32.078	-3.432	<b>Sept.</b>	31	13	31.472	3.019	<b>Oct.</b>	1	9	-31.986	-2.872
	1	9	31.865	3.029		1	5	-31.658	-2.817		2	2	31.691	3.024
	2	2	-31.995	-3.491		1	22	31.455	3.067		2	18	-32.021	-2.909
	2	18	31.839	3.098		2	14	-31.687	-2.873		3	10	31.671	2.681
	3	10	-31.987	-2.817		3	7	31.427	3.113		4	3	-32.047	-2.943

## ENCELADE 2008

## 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	19	31.756	2.724	Nov.	3	7	-32.960	-2.958	Déc.	2	18	34.390	2.925
	5	12	-32.060	-2.975		3	23	32.877	2.833		3	10	-34.593	-2.897
	6	4	31.830	2.765		4	16	-32.964	-2.973		4	3	34.436	2.939
	6	21	-32.064	-3.004		5	8	32.946	2.857		4	19	-34.696	-2.917
	7	13	31.893	2.803		6	0	-33.078	-2.791		5	12	34.469	2.951
	8	6	-32.056	-3.031		6	17	33.001	2.879		6	4	-34.784	-2.935
	8	22	31.946	2.839		7	9	-33.184	-2.819		6	20	34.518	2.850
	9	14	-32.043	-2.720		8	2	33.043	2.899		7	13	-34.856	-2.951
	10	7	31.986	2.873		8	18	-33.278	-2.845		8	5	34.663	2.873
	10	23	-32.133	-2.760		9	11	33.072	2.917		8	22	-34.912	-2.965
	11	16	32.017	2.904		10	3	-33.360	-2.869		9	14	34.793	2.895
	12	8	-32.212	-2.798		10	20	33.089	2.933		10	7	-34.953	-2.978
	13	1	32.035	2.932		11	12	-33.429	-2.891		10	23	34.906	2.915
	13	17	-32.280	-2.833		12	4	33.145	2.767		11	16	-34.978	-2.989
14	10	32.044	2.959	12	21	-33.484	-2.911	12	8	35.004	2.933			
15	2	-32.335	-2.866	13	13	33.268	2.795	13	0	-35.091	-2.903			
15	19	32.040	2.982	14	6	-33.525	-2.928	13	17	35.087	2.950			
16	11	-32.382	-2.896	14	22	33.377	2.820	14	9	-35.227	-2.924			
17	3	32.065	2.709	15	15	-33.555	-2.943	15	2	35.152	2.965			
17	20	-32.416	-2.924	16	7	33.473	2.844	15	18	-35.349	-2.945			
18	12	32.161	2.746	17	0	-33.570	-2.957	16	11	35.201	2.979			
19	5	-32.440	-2.950	17	16	33.555	2.866	17	3	-35.454	-2.964			
19	21	32.245	2.780	18	8	-33.665	-2.815	17	20	35.232	2.991			
20	14	-32.452	-2.973	19	1	33.623	2.885	18	12	-35.544	-2.981			
21	6	32.319	2.812	19	17	-33.787	-2.840	19	4	35.308	2.907			
21	23	-32.452	-2.994	20	10	33.679	2.902	19	21	-35.616	-2.997			
22	15	32.381	2.842	21	2	-33.895	-2.864	20	13	35.456	2.930			
23	7	-32.491	-2.751	21	19	33.720	2.918	21	6	-35.671	-3.011			
24	0	32.431	2.869	22	11	-33.990	-2.885	21	22	35.586	2.951			
24	16	-32.591	-2.785	23	4	33.747	2.931	22	15	-35.707	-3.024			
25	9	32.468	2.895	23	20	-34.070	-2.904	23	7	35.701	2.971			
26	1	-32.680	-2.816	24	12	33.789	2.802	23	23	-35.728	-2.939			
26	18	32.495	2.917	25	5	-34.137	-2.922	24	16	35.797	2.989			
27	10	-32.757	-2.845	25	21	33.925	2.827	25	8	-35.881	-2.962			
28	3	32.509	2.938	26	14	-34.189	-2.937	26	1	35.875	3.006			
28	19	-32.822	-2.872	27	6	34.047	2.851	26	17	-36.016	-2.984			
29	12	32.513	2.956	27	23	-34.227	-2.951	27	10	35.935	3.022			
30	4	-32.873	-2.897	28	15	34.155	2.872	28	2	-36.135	-3.005			
30	20	32.600	2.747	29	8	-34.249	-2.962	28	19	35.977	3.037			
31	13	-32.914	-2.919	30	0	34.249	2.891	29	11	-36.235	-3.024			
Nov.	1	5	32.705	2.778	Déc.	30	16	-34.341	-2.853	30	4	36.000	3.050	
	1	22	-32.942	-2.940		1	9	34.327	2.909	30	20	-36.317	-3.042	
	2	14	32.798	2.807		2	1	-34.473	-2.876	31	12	36.131	2.973	

## TÉTHYS 2008

## 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	12	46.305	5.170	<b>Févr.</b>	12	23	-48.497	-5.412	<b>Mars</b>	26	10	47.716	5.319	
	2	11	-46.425	-5.469		13	22	48.552	5.753		27	9	-47.751	-5.724	
	3	10	46.382	5.739		14	21	-48.512	-6.104		28	8	47.634	6.091	
	4	8	-46.552	-5.249		15	19	48.551	5.478		29	6	-47.602	-5.382	
	5	7	46.599	5.532		16	18	-48.606	-5.843		30	5	47.576	5.759	
	6	5	-46.599	-5.018		17	17	48.516	6.174		<b>Avril</b>	31	4	-47.470	-6.149
	7	4	46.735	5.311		18	15	-48.616	-5.565			1	2	47.437	5.413
	8	3	-46.817	-5.613		19	14	48.614	5.910			2	1	-47.422	-5.816
	9	1	46.789	5.079		20	12	-48.542	-5.274			3	0	47.271	6.177
	10	0	-46.965	-5.394		21	11	48.631	5.632			3	22	-47.292	-5.471
	10	23	46.972	5.678		22	10	-48.632	-5.997			4	21	47.230	5.842
	11	21	-47.030	-5.163		23	8	48.562	5.339			5	20	-47.080	-6.229
	12	20	47.132	5.457		24	7	-48.661	-5.716			6	18	47.108	5.496
	13	19	-47.165	-5.763		25	6	48.601	6.064			7	17	-47.048	-5.892
14	17	47.207	5.225	26	4	-48.602	-5.422	8	15	46.899		5.140			
15	16	-47.334	-5.544	27	3	48.634	5.780	9	14	-46.933		-5.545			
16	15	47.305	5.831	28	2	-48.586	-6.149	10	13	46.845		5.914			
17	13	-47.419	-5.311	29	0	48.580	5.482	11	11	-46.733		-5.188			
18	12	47.484	5.611	29	23	-48.630	-5.865	12	10	46.736		5.567			
19	11	-47.466	-5.918	<b>Mars</b>	1	22	48.516	6.211	13	9	-46.641	-5.954			
20	9	47.579	5.377	2	20	-48.586	-5.565	14	7	46.541	5.208				
21	8	-47.655	-5.698	3	19	48.565	5.924	15	6	-46.544	-5.607				
22	6	47.590	5.130	4	18	-48.462	-6.296	16	5	46.419	5.970				
23	5	-47.761	-5.463	5	16	48.527	5.621	17	3	-46.361	-5.249				
24	4	47.781	5.769	6	15	-48.519	-6.006	18	2	46.327	5.622				
25	2	-47.786	-5.215	7	13	48.409	5.303	19	1	-46.206	-6.003				
26	1	47.891	5.532	8	12	-48.490	-5.701	19	23	46.149	5.263				
27	0	-47.927	-5.857	9	11	48.426	6.061	20	22	-46.124	-5.655				
27	22	47.922	5.283	10	9	-48.379	-5.383	21	21	45.969	6.011				
28	21	-48.051	-5.620	11	8	48.405	5.754	22	19	-45.958	-5.298				
29	20	48.018	5.930	12	7	-48.338	-6.139	23	18	45.894	5.663				
30	18	-48.094	-5.370	13	5	48.299	5.433	24	17	-45.745	-6.037				
31	17	48.149	5.690	14	4	-48.327	-5.828	25	15	45.734	5.304				
<b>Févr.</b>	1	16	-48.134	-6.020	15	3	48.215	6.189	26	14	-45.681	-5.691			
	2	14	48.198	5.437	16	1	-48.231	-5.506	27	13	45.501	6.035			
3	13	-48.277	-5.781	17	0	48.211	5.878	28	11	-45.533	-5.335				
4	12	48.190	6.092	17	23	-48.091	-6.260	29	10	45.442	5.689				
5	10	-48.337	-5.527	18	21	48.122	5.553	30	8	-45.298	-4.970				
6	9	48.342	5.850	19	20	-48.099	-5.947	<b>Mai</b>	1	7	45.302	5.333			
7	7	-48.311	-5.259	20	18	47.944	5.214		2	6	-45.219	-5.710			
8	6	48.408	5.594	21	17	-48.020	-5.620	3	4	45.076	4.970				
9	5	-48.433	-5.943	22	16	47.950	5.991	4	3	-45.086	-5.357				
10	3	48.390	5.324	23	14	-47.856	-5.280	5	2	44.984	5.703				
11	2	-48.508	-5.686	24	13	47.876	5.663	6	0	-44.868	-4.995				
12	1	48.467	6.012	25	12	-47.814	-6.054	6	23	44.858	5.351				

## TÉTHYS 2008

## X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			Date			Date									
Mois	j	h	Mois	j	h	Mois	j	h							
	"	"		"	"		"	"							
<b>Mai</b>	7	22	-44.751	-5.717	<b>Juin</b>	19	9	41.525	4.550	<b>Juill.</b>	31	21	-39.497	-4.262	
	8	20	44.646	4.991		20	8	-41.547	-4.858		<b>août</b>	1	20	39.536	4.466
	9	19	-44.635	-5.366		21	7	41.468	5.128		2	19	-39.488	-4.667	
	10	18	44.516	5.705		22	5	-41.358	-4.546		3	17	39.414	4.237	
	11	16	-44.433	-5.008		23	4	41.364	4.824		4	16	-39.453	-4.446	
	12	15	44.405	5.357		24	3	-41.294	-5.111		5	15	39.414	4.630	
	13	14	-44.285	-5.711		25	1	41.179	4.517		6	13	-39.340	-4.223	
	14	12	44.207	5.001		26	0	-41.195	-4.811		7	12	39.379	4.414	
	15	11	-44.183	-5.365		26	23	41.122	5.072		8	11	-39.345	-4.605	
	16	10	44.046	5.694		27	21	-41.017	-4.509		9	9	39.265	4.198	
17	8	-43.997	-5.011	28	20	41.030	4.778	10	8	-39.318	-4.396				
18	7	43.950	5.350	29	19	-40.955	-5.051	11	7	39.279	4.568				
19	6	-43.821	-5.694	30	17	40.855	4.481	12	5	-39.209	-4.185				
20	4	43.768	4.998	<b>Juill.</b>	1	16	-40.868	-4.761	13	4	39.255	4.364			
21	3	-43.734	-5.354		2	15	40.799	5.012	14	3	-39.225	-4.544			
22	2	43.583	5.671	3	13	-40.700	-4.470	15	1	39.150	4.160				
23	0	-43.563	-5.006	4	12	40.716	4.728	16	0	-39.206	-4.347				
23	23	43.501	5.332	5	11	-40.643	-4.989	16	23	39.176	4.508				
24	22	-43.360	-5.667	6	9	40.550	4.442	17	21	-39.106	-4.149				
25	20	43.338	4.986	7	8	-40.570	-4.710	18	20	39.161	4.317				
26	19	-43.286	-5.332	8	7	40.498	4.950	19	19	-39.134	-4.485				
27	18	43.134	5.638	9	5	-40.410	-4.430	20	17	39.062	4.125				
28	16	-43.131	-4.991	10	4	40.425	4.677	21	16	-39.124	-4.300				
29	15	43.065	5.305	11	3	-40.359	-4.925	22	15	39.104	4.451				
30	14	-42.913	-5.630	12	1	40.269	4.402	23	13	-39.030	-4.114				
<b>Juin</b>	31	12	42.914	4.968	13	0	-40.294	-4.658	24	12	39.096	4.273			
	1	11	-42.852	-5.300	13	23	40.225	4.885	25	11	-39.073	-4.428			
	2	10	42.695	5.597	14	21	-40.145	-4.389	26	9	39.006	4.093			
	3	8	-42.709	-4.966	15	20	40.161	4.623	27	8	-39.069	-4.256			
	4	7	42.642	5.272	16	19	-40.103	-4.861	28	7	39.061	4.397			
	5	5	-42.481	-4.627	17	17	40.012	4.359	29	5	-38.984	-4.082			
	6	4	42.504	4.942	18	16	-40.044	-4.605	30	4	39.058	4.231			
	7	3	-42.433	-5.261	19	15	39.981	4.820	31	3	-39.045	-4.375			
	8	1	42.280	4.607	20	13	-39.901	-4.347	<b>Sept.</b>	1	1	38.973	4.062		
	9	0	-42.303	-4.935	21	12	39.926	4.570		2	0	-39.050	-4.214		
9	23	42.231	5.231	22	11	-39.869	-4.796	2	23	39.042	4.345				
10	21	-42.089	-4.604	23	9	39.787	4.317	3	21	-38.973	-4.052				
11	20	42.104	4.909	24	8	-39.818	-4.552	4	20	39.048	4.191				
12	19	-42.036	-5.216	25	7	39.766	4.756	5	19	-39.045	-4.324				
13	17	41.891	4.581	26	5	-39.684	-4.304	6	17	38.972	4.034				
14	16	-41.918	-4.898	27	4	39.718	4.518	7	16	-39.058	-4.176				
15	15	41.837	5.182	28	3	-39.663	-4.731	8	15	39.055	4.296				
16	13	-41.716	-4.577	29	1	39.588	4.277	9	13	-38.990	-4.026				
17	12	41.722	4.869	30	0	-39.621	-4.498	10	12	39.069	4.153				
18	11	-41.654	-5.166	30	23	39.576	4.693	11	11	-39.074	-4.277				

## TÉTHYS 2008

## 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	9	39.005	4.009	Oct.	20	4	40.064	3.977	Nov.	26	23	42.185	3.928	
	13	8	-39.093	-4.140		21	3	-40.087	-4.028		27	21	-42.298	-3.919	
	14	7	39.100	4.250		22	1	40.073	3.912		28	20	42.386	3.927	
	15	5	-39.034	-4.002		23	0	-40.183	-3.970		29	19	-42.375	-3.925	
	16	4	39.123	4.119		23	23	40.219	4.015		30	17	42.507	3.923	
	17	3	-39.130	-4.232		24	21	-40.203	-3.910		Déc.	1	16	-42.588	-3.928
	18	1	39.069	3.987		25	20	40.319	3.962			2	15	42.576	3.923
	19	0	-39.158	-4.107		26	19	-40.347	-4.005			3	13	-42.721	-3.927
	19	23	39.175	4.207		27	17	40.342	3.907			4	12	42.796	3.929
	20	21	-39.108	-3.981		28	16	-40.458	-3.957			5	10	-42.774	-3.921
21	20	39.207	4.088	29	15	40.488	3.994	6	9	42.941	3.932				
22	19	-39.215	-4.190	30	13	-40.491	-3.907	7	8	-42.999	-3.930				
23	17	39.159	3.968	31	12	40.603	3.950	8	6	43.004	3.929				
24	16	-39.256	-4.077	Nov.	1	11	-40.631	-3.985	9	5	-43.153	-3.936			
25	15	39.276	4.168		2	9	40.641	3.905	10	4	43.220	3.934			
26	13	-39.216	-3.962	3	8	-40.757	-3.947	11	2	-43.227	-3.936				
27	12	39.319	4.061	4	7	40.783	3.975	12	1	43.382	3.942				
28	11	-39.332	-4.151	5	5	-40.804	-3.906	13	0	-43.423	-3.936				
29	9	39.282	3.952	6	4	40.917	3.941	13	22	43.464	3.945				
30	8	-39.384	-4.050	7	3	-40.938	-3.967	14	21	-43.597	-3.947				
Oct.	1	7	39.405	4.131	8	1	40.969	3.905	15	20	43.648	3.941			
	2	5	-39.355	-3.947	9	0	-41.080	-3.938	16	18	-43.689	-3.952			
	3	4	39.458	4.035	9	23	41.104	3.959	17	17	43.830	3.954			
	4	3	-39.482	-4.116	10	21	-41.142	-3.907	18	16	-43.850	-3.945			
	5	1	39.430	3.938	11	20	41.255	3.935	19	14	43.930	3.961			
6	0	-39.543	-4.026	12	19	-41.265	-3.952	20	13	-44.045	-3.960				
6	23	39.564	4.097	13	17	41.324	3.907	21	12	44.073	3.951				
7	21	-39.523	-3.934	14	16	-41.424	-3.932	22	10	-44.160	-3.970				
8	20	39.630	4.012	15	15	41.450	3.946	23	9	44.275	3.968				
9	19	-39.656	-4.084	16	13	-41.502	-3.909	24	8	-44.277	-3.956				
10	17	39.614	3.926	17	12	41.614	3.930	25	6	44.395	3.979				
11	16	-39.728	-4.005	18	11	-41.618	-3.940	26	5	-44.494	-3.976				
12	15	39.758	4.067	19	9	41.698	3.911	27	4	44.491	3.964				
13	13	-39.717	-3.924	20	8	-41.794	-3.928	28	2	-44.629	-3.989				
14	12	39.834	3.993	21	7	41.809	3.935	29	1	44.716	3.985				
15	11	-39.857	-4.055	22	5	-41.889	-3.913	30	0	-44.692	-3.971				
16	9	39.829	3.918	23	4	41.991	3.928	30	22	44.863	4.000				
17	8	-39.941	-3.986	24	3	-41.989	-3.931	31	21	-44.927	-3.994				
18	7	39.975	4.040	25	1	42.092	3.916								
19	5	-39.944	-3.916	26	0	-42.184	-3.927								

## DIONÉ 2008

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	3	59.354	5.473	<b>Mars</b>	3	17	-62.463	-6.551	<b>Mai</b>	4	6	57.719	5.696
	3	12	-59.767	-5.611		5	2	62.119	6.696		5	15	-57.847	-5.858
	4	21	59.666	5.730		6	10	-62.400	-5.961		7	0	57.444	5.964
	6	6	-60.049	-5.867		7	19	62.109	6.106		8	9	-57.547	-6.119
	7	15	59.912	5.989		9	4	-62.351	-6.286		9	18	57.120	6.218
	9	0	-60.258	-6.123		10	13	62.020	6.430		11	2	-57.234	-5.425
	10	8	60.103	5.549		11	22	-62.211	-6.606		12	11	56.865	5.525
	11	17	-60.509	-5.690		13	6	61.865	5.809		13	20	-56.992	-5.685
	13	2	60.390	5.817		14	15	-62.115	-5.993		15	5	56.607	5.780
	14	11	-60.767	-5.959		16	0	61.798	6.136		16	14	-56.706	-5.933
	15	20	60.604	6.085		17	9	-62.011	-6.318		17	23	56.304	6.023
	17	5	-60.945	-6.229		18	18	61.647	6.456		19	8	-56.383	-6.167
	18	13	60.773	5.630		20	3	-61.817	-6.638		20	16	56.008	5.338
	19	22	-61.171	-5.781		21	11	61.463	5.814		22	1	-56.144	-5.491
	21	7	61.028	5.910		22	20	-61.688	-6.001		23	10	55.771	5.582
22	16	-61.391	-6.060	24	5	61.351	6.138	24	19	-55.883	-5.727			
24	1	61.202	6.192	25	14	-61.527	-6.319	26	4	55.495	5.813			
25	10	-61.527	-6.342	26	23	61.157	6.458	27	13	-55.582	-5.950			
26	18	61.346	5.719	28	8	-61.290	-6.632	28	22	55.180	6.033			
28	3	-61.728	-5.876	29	16	60.938	5.795	30	6	-55.306	-5.284			
29	12	61.558	6.009	31	1	-61.136	-5.978	31	15	54.952	5.370			
<b>Févr.</b>	30	21	-61.895	-6.169	<b>Avril</b>	1	10	60.775	6.112	<b>Juin</b>	2	0	-55.081	-5.510
	1	6	61.689	6.303		2	19	-60.939	-6.292		3	9	54.701	5.589
	2	15	-61.978	-6.461		4	4	60.543	6.422		4	18	-54.816	-5.724
	3	23	61.804	5.810		5	13	-60.667	-6.597		6	3	54.421	5.798
	5	8	-62.155	-5.972		6	21	60.297	5.744		7	12	-54.512	-5.928
	6	17	61.957	6.114		8	6	-60.477	-5.924		8	20	54.160	5.148
	8	2	-62.273	-6.275		9	15	60.106	6.055		10	5	-54.296	-5.286
	9	11	62.024	6.417		11	0	-60.253	-6.229		11	14	53.952	5.360
	10	19	-62.303	-5.758		12	9	59.845	6.356		12	23	-54.068	-5.490
	12	4	62.113	5.898		13	18	-59.958	-6.526		14	8	53.710	5.561
13	13	-62.443	-6.069	15	2	59.567	5.661	15	17	-53.810	-5.683			
14	22	62.210	6.210	16	11	-59.739	-5.843	17	2	53.430	5.747			
16	7	-62.494	-6.380	17	20	59.358	5.961	18	10	-53.557	-5.060			
17	16	62.217	6.522	19	5	-59.490	-6.138	19	19	53.227	5.129			
19	0	-62.496	-5.838	20	14	59.088	6.254	21	4	-53.369	-5.256			
20	9	62.269	5.981	21	23	-59.182	-6.419	22	13	53.031	5.321			
21	18	-62.575	-6.156	23	7	58.779	5.555	23	22	-53.147	-5.439			
23	3	62.302	6.300	24	16	-58.934	-5.727	25	7	52.799	5.502			
24	12	-62.561	-6.474	26	1	58.558	5.845	26	16	-52.903	-5.612			
25	21	62.250	6.617	27	10	-58.684	-6.011	28	0	52.547	4.904			
27	5	-62.524	-5.908	28	19	58.279	6.122	29	9	-52.710	-5.024			
28	14	62.276	6.052	30	4	-58.374	-6.283	30	18	52.388	5.086			
29	23	-62.536	-6.231	<b>Mai</b>	1	13	57.945	6.389	<b>Juill.</b>	2	3	-52.539	-5.203	
<b>Mars</b>	2	8	62.244		6.376	2	21	-58.095		-5.589	3	12	52.203	5.257

## DIONÉ 2008

## 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	21	-52.340	-5.369	<b>Sept.</b>	3	3	-50.205	-4.658	<b>Nov.</b>	2	9	-52.263	-4.468
	6	6	51.998	5.419		4	12	49.983	4.683		3	18	52.151	4.475
	7	15	-52.112	-5.523		5	21	-50.210	-4.751		5	3	-52.492	-4.521
	8	23	51.801	4.860		7	6	49.986	4.772		6	12	52.360	4.525
	10	8	-51.964	-4.972		8	15	-50.193	-4.835		7	21	-52.690	-4.567
	11	17	51.665	5.026		10	0	49.964	4.853		9	6	52.542	4.568
	13	2	-51.816	-5.131		11	8	-50.204	-4.522		10	15	-52.858	-4.607
	14	11	51.506	5.181		12	17	50.019	4.547		11	23	52.728	4.463
	15	20	-51.643	-5.281		14	2	-50.268	-4.613		13	8	-53.099	-4.510
	17	5	51.322	5.326		15	11	50.066	4.634		14	17	52.985	4.513
18	14	-51.446	-5.420	16	20	-50.311	-4.695	16	2	-53.340	-4.555			
19	22	51.169	4.806	18	5	50.095	4.712	17	11	53.207	4.556			
21	7	-51.345	-4.908	19	14	-50.331	-4.770	18	20	-53.549	-4.596			
22	16	51.061	4.957	20	23	50.104	4.782	20	5	53.399	4.593			
24	1	-51.224	-5.052	22	7	-50.382	-4.499	21	13	-53.759	-4.515			
25	10	50.927	5.097	23	16	50.208	4.519	22	22	53.659	4.517			
26	19	-51.081	-5.187	25	1	-50.476	-4.580	24	7	-54.035	-4.561			
28	4	50.771	5.225	26	10	50.292	4.596	25	16	53.925	4.561			
29	12	-50.926	-4.702	27	19	-50.550	-4.652	27	1	-54.280	-4.602			
30	21	50.665	4.746	29	4	50.350	4.664	28	10	54.153	4.600			
<b>Août</b>	1	6	-50.856	-4.843	<b>Oct.</b>	30	13	-50.599	-4.716	<b>Déc.</b>	29	19	-54.492	-4.637
	2	15	50.585	4.882		1	21	50.403	4.427		1	3	54.380	4.537
	4	0	-50.763	-4.971		3	6	-50.702	-4.488		2	12	-54.778	-4.581
	5	9	50.482	5.008		4	15	50.544	4.503		3	21	54.677	4.582
	6	18	-50.650	-5.091		6	0	-50.824	-4.558		5	6	-55.058	-4.623
	8	3	50.361	5.124		7	9	50.657	4.570		6	15	54.938	4.622
	9	11	-50.537	-4.649		8	18	-50.927	-4.620		8	0	-55.295	-4.661
	10	20	50.297	4.687		10	3	50.748	4.629		9	9	55.153	4.657
	12	5	-50.495	-4.775		11	12	-51.010	-4.676		10	17	-55.556	-4.615
	13	14	50.250	4.810		12	20	50.847	4.432		12	2	55.465	4.616
14	23	-50.435	-4.891	14	5	-51.165	-4.487	13	11	-55.866	-4.659			
16	8	50.181	4.923	15	14	51.013	4.498	14	20	55.744	4.658			
17	17	-50.359	-4.997	16	23	-51.318	-4.549	16	5	-56.127	-4.699			
19	2	50.084	5.026	18	8	51.157	4.556	17	14	55.983	4.696			
20	10	-50.289	-4.599	19	17	-51.448	-4.603	18	22	-56.361	-4.660			
21	19	50.058	4.633	21	2	51.272	4.607	20	7	56.277	4.662			
23	4	-50.283	-4.713	22	10	-51.559	-4.437	21	16	-56.682	-4.706			
24	13	50.046	4.742	23	19	51.430	4.448	23	1	56.580	4.707			
25	22	-50.253	-4.817	25	4	-51.764	-4.499	24	10	-56.959	-4.749			
27	7	50.011	4.843	26	13	51.623	4.505	25	19	56.829	4.748			
28	16	-50.204	-4.912	27	22	-51.942	-4.552	27	4	-57.186	-4.789			
30	1	49.953	4.934	29	7	51.790	4.555	28	12	57.093	4.716			
31	9	-50.176	-4.556	30	16	-52.091	-4.598	29	21	-57.516	-4.763			
<b>Sept.</b>	1	18	49.967	4.585	<b>Nov.</b>	1	1	51.929	4.599	31	6	57.403	4.765	



## RHÉA 2008

## 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>	3	5	83.292	7.558	<b>Avril</b>	13	19	-83.615	-8.220	<b>Juill.</b>	24	12	71.384	6.682	
	5	12	-83.587	-8.068		16	1	83.346	7.990		26	18	-71.196	-6.538	
	7	18	83.911	7.972		18	7	-83.008	-7.854		29	1	71.085	6.839	
	10	0	-84.167	-7.931		20	14	82.753	8.429		31	7	-70.954	-6.695	
	12	6	84.454	7.824		22	20	-82.406	-8.285		<b>Août</b>	2	13	70.833	6.503
	14	12	-84.690	-7.787		25	2	82.144	8.046		4	20	-70.683	-6.836	
	16	19	84.959	8.262		27	8	-81.792	-7.895		7	2	70.621	6.645	
	19	1	-85.178	-8.225		29	14	81.466	7.654		9	8	-70.510	-6.515	
	21	7	85.460	8.123	<b>Mai</b>	1	21	-81.138	-8.293		11	14	70.414	6.334	
	23	13	-85.657	-8.085			4	3	80.865	8.048		13	21	-70.321	-6.642
	25	19	85.861	7.972			6	9	-80.503	-7.891		16	3	70.288	6.470
<b>Févr.</b>	28	1	-86.035	-7.930		8	15	80.195	7.639		18	9	-70.196	-6.348	
	30	8	86.238	8.442		10	22	-79.822	-8.251		20	16	70.133	6.586	
	1	14	-86.389	-8.407		13	4	79.564	8.006		22	22	-70.099	-6.469	
	3	20	86.574	8.292		15	10	-79.205	-7.836		25	4	70.069	6.309	
		6	2	-86.693	-8.247		17	16	78.902	7.579		27	10	-70.003	-6.200
	8	8	86.836	8.130		19	22	-78.540	-7.413		29	17	70.006	6.420	
	10	14	-86.898	-8.077		22	5	78.273	7.913	<b>Sept.</b>	31	23	-69.993	-6.313	
	12	21	87.008	8.623		24	11	-77.919	-7.742			3	5	69.981	6.172
	15	3	-87.077	-8.582		26	17	77.641	7.485			5	12	-69.965	-6.411
	17	9	87.176	8.453		28	23	-77.291	-7.312		7	18	70.005	6.273	
	19	15	-87.175	-8.398		31	6	77.010	7.789		10	0	-70.018	-6.181	
	21	21	87.241	8.261	<b>Juin</b>	2	12	-76.692	-7.611		12	7	70.030	6.363	
	24	3	-87.213	-8.200			4	18	76.425	7.357		14	13	-70.068	-6.272
	26	10	87.193	8.775			7	0	-76.083	-7.186		16	19	70.141	6.152
<b>Mars</b>	28	16	-87.168	-8.715		9	7	75.830	7.633		19	1	-70.173	-6.070	
	1	22	87.170	8.567		11	13	-75.525	-7.455		21	8	70.228	6.234	
	4	4	-87.080	-8.501		13	19	75.282	7.210		23	14	-70.318	-6.157	
	6	10	87.032	8.341		16	1	-74.956	-7.036		25	20	70.393	6.051	
	8	16	-86.904	-8.259		18	8	74.726	7.455		28	2	-70.451	-5.981	
	10	22	86.812	8.096		20	14	-74.456	-7.285	<b>Oct.</b>	30	9	70.573	6.131	
	13	5	-86.657	-8.778		22	20	74.220	7.040			2	15	-70.681	-6.064
	15	11	86.568	8.604		25	2	-73.914	-6.872			4	21	70.781	5.975
	17	17	-86.397	-8.520		27	9	73.727	7.266			7	4	-70.896	-6.134
	19	23	86.264	8.337		29	15	-73.479	-7.098			9	10	71.042	6.050
	22	5	-86.027	-8.236	<b>Juill.</b>	1	21	73.251	6.865		11	16	-71.182	-5.997	
	24	11	85.861	8.043			4	4	-72.997	-7.302		13	23	71.305	6.113
	26	18	-85.632	-8.735			6	10	72.832	7.070		16	5	-71.465	-6.062
	29	0	85.447	8.540			8	16	-72.601	-6.911		18	11	71.648	5.994
	31	6	-85.202	-8.428			10	22	72.400	6.684		20	17	-71.810	-5.951
<b>Avril</b>	2	12	84.993	8.222		13	5	-72.191	-7.094		23	0	71.964	6.053	
	4	18	-84.695	-8.104		15	11	72.055	6.877		25	6	-72.178	-6.014	
	7	1	84.448	8.695		17	17	-71.842	-6.720		27	12	72.368	5.959	
	9	7	-84.162	-8.568		20	0	71.670	7.043		29	18	-72.554	-5.926	
	11	13	83.941	8.356		22	6	-71.517	-6.893	<b>Nov.</b>	1	1	72.764	6.017	

## RHÉA 2008

## 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>Nov.</b>	3	7	-72.997	-5.987	<b>Nov.</b>	23	15	75.230	5.979	<b>Déc.</b>	13	23	-77.934	-6.092
	5	13	73.216	5.947		25	21	-75.509	-5.973		16	6	78.244	6.145
	7	19	-73.426	-5.923		28	4	75.810	6.035		18	12	-78.569	-6.156
	10	2	73.675	6.002		30	10	-76.115	-6.034		20	18	78.889	6.161
	12	8	-73.940	-5.984		<b>Déc.</b>	2	16	76.392		6.023	23	0	-79.220
14	14	74.178	5.954	4	22	-76.682	-6.024	25	7	79.491	6.226			
16	20	-74.407	-5.939	7	5	77.002	6.081	27	13	-79.847	-6.243			
19	3	74.700	6.009	9	11	-77.323	-6.086	29	19	80.170	6.254			
21	9	-74.987	-5.999	11	17	77.614	6.083							

## TITAN 2008

## 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	15	192.719	17.132	<b>Mai</b>	8	22	186.190	17.326	<b>Sept.</b>	13	23	161.903	13.818
	10	11	-195.391	-18.880		16	18	-182.752	-18.771		21	20	-163.394	-14.484
	18	13	197.221	17.577		24	21	180.883	16.750		30	0	162.875	13.689
	26	9	-199.213	-19.493		<b>Juin</b>	1	17	-177.673		-17.997	<b>Oct.</b>	7	21
<b>Févr.</b>	3	11	200.520	18.114	9		20	175.870	15.977	16	0		164.823	13.500
	11	6	-201.532	-19.728		17	17	-173.086	-17.495		23	21	-167.863	-14.025
	19	8	202.149	18.191		25	20	171.425	15.525	<b>Nov.</b>	1	1	167.724	13.542
	27	3	-201.995	-19.836	<b>Juill.</b>	3	17	-169.206	-16.852		8	21	-171.473	-13.936
<b>Mars</b>	6	6	201.889	18.595			11	21	167.712		15.361	17	1	171.492
	14	1	-200.565	-20.211		19	17	-166.159	-16.150	24	21	-175.864	-13.992	
	22	3	199.778	18.255		27	21	164.856	14.766	<b>Déc.</b>	3	1	175.989	13.760
	29	22	-197.452	-19.748	<b> Août</b>	4	18	-164.017	-15.771		10	21	-180.840	-14.186
<b>Avril</b>	7	1	196.135	18.108			12	22	162.907		14.505	19	0	180.993
	14	20	-193.102	-19.434		20	18	-162.828	-15.106		26	20	-186.106	-14.488
	22	23	191.432	17.617		28	22	161.914	14.001					
	30	19	-188.037	-19.276	<b>Sept.</b>	5	19	-162.619	-14.770					

## HYPÉRION 2008

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			Date			Date		
Mois	j	h	Mois	j	h	Mois	j	h
"			"			"		
<b>Janv.</b>	6	1	<b>Mai</b>	11	17	<b>Sept.</b>	16	14
	16	21		22	14		27	18
	27	5	<b>Juin</b>	1	23	<b>Oct.</b>	8	1
<b>Févr.</b>	6	23		12	19		19	5
	17	8		23	5		29	11
	28	1	<b>Juill.</b>	4	2	<b>Nov.</b>	9	15
<b>Mars</b>	9	9		14	12		19	21
	20	3		25	12	<b>Déc.</b>	1	2
	30	11	<b>Août</b>	4	20		11	7
<b>Avril</b>	10	5		15	21		22	12
	20	14		26	5			
<b>Mai</b>	1	8	<b>Sept.</b>	6	6			

## JAPET 2008

**X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			Date			Date		
Mois	j	h	Mois	j	h	Mois	j	h
"			"			"		
<b>Janv.</b>	21	20	<b>Mai</b>	17	13	<b>Sept.</b>	16	21
<b>Févr.</b>	29	1	<b>Juin</b>	27	8	<b>Oct.</b>	26	22
<b>Avril</b>	8	15	<b>Août</b>	6	8	<b>Déc.</b>	7	1



## SATELLITES D'URANUS

Coordonnées différentielles 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 2008

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 3	2.043	-8.281	<b>Févr.</b>	1 22	-2.073	8.175	<b>Mars</b>	4 18	2.167	-7.830
	1 19	-2.039	8.471		2 15	2.078	-8.184		5 11	-2.167	7.786
	2 12	2.044	-8.486		3 8	-2.077	8.146		6 4	2.173	-7.790
	3 5	-2.041	8.453		4 1	2.082	-8.156		6 21	-2.173	7.744
	3 22	2.046	-8.468		4 18	-2.080	8.116		7 14	2.179	-7.748
	4 15	-2.043	8.436		5 11	2.086	-8.126		8 7	-2.178	7.701
	5 8	2.048	-8.448		6 4	-2.083	8.084		9 0	2.185	-7.707
	6 1	-2.044	8.416		6 21	2.090	-8.095		9 17	-2.184	7.656
	6 18	2.049	-8.427		7 14	-2.087	8.051		10 10	2.190	-7.663
	7 11	-2.046	8.396		8 7	2.093	-8.061		11 3	-2.189	7.610
	8 4	2.051	-8.404		9 0	-2.091	8.019		11 20	2.196	-7.618
	8 21	-2.048	8.373		9 17	2.096	-8.025		12 13	-2.194	7.563
	9 14	2.052	-8.380		10 10	-2.094	7.984		13 6	2.202	-7.570
	10 7	-2.049	8.347		11 3	2.100	-7.989		13 23	-2.200	7.514
11 0	2.054	-8.357	11 20	-2.098	7.947	14 16	2.207	-7.520			
11 17	-2.050	8.320	12 13	2.103	-7.952	15 9	-2.205	7.466			
12 10	2.055	-8.331	13 6	-2.101	7.908	16 2	2.212	-7.468			
13 3	-2.051	8.292	13 23	2.106	-7.913	16 19	-2.210	7.415			
13 20	2.056	-8.303	14 16	-2.104	7.868	17 12	2.216	-7.416			
14 13	-2.052	8.263	15 9	2.110	-7.875	18 5	-2.215	7.362			
15 6	2.057	-8.274	16 2	-2.107	7.825	18 22	2.221	-7.363			
15 23	-2.053	8.233	16 19	2.113	-7.833	19 15	-2.220	7.307			
16 16	2.058	-8.242	17 12	-2.110	7.782	20 8	2.226	-7.309			
17 9	-2.054	8.202	18 5	2.116	-7.789	21 1	-2.224	7.250			
18 2	2.059	-8.208	18 22	-2.113	7.738	21 18	2.231	-7.255			
18 19	-2.055	8.169	19 15	2.119	-7.744	22 11	-2.228	7.191			
19 12	2.060	-8.174	20 8	-2.116	7.692	23 4	2.235	-7.197			
20 5	-2.056	8.134	21 1	2.122	-7.697	23 20	-2.235	7.769			
20 22	2.060	-8.140	21 18	-2.119	7.647	24 13	2.243	-7.780			
21 15	-2.057	8.098	22 11	2.124	-7.649	25 6	-2.243	7.731			
22 8	2.061	-8.103	23 4	-2.122	7.599	25 23	2.251	-7.739			
23 1	-2.057	8.059	23 21	2.127	-7.600	26 16	-2.252	7.690			
23 18	2.062	-8.067	24 14	-2.125	7.548	27 9	2.259	-7.696			
24 11	-2.057	8.019	25 6	2.130	-8.039	28 2	-2.260	7.648			
25 4	2.063	-8.027	25 23	-2.130	7.999	28 19	2.267	-7.652			
25 21	-2.058	7.978	26 16	2.137	-8.008	29 12	-2.268	7.604			
26 14	2.063	-7.986	27 9	-2.137	7.967	30 5	2.275	-7.607			
27 7	-2.058	7.937	28 2	2.143	-7.977	30 22	-2.276	7.557			
27 23	2.064	-8.284	28 19	-2.142	7.932	31 15	2.282	-7.563			
28 16	-2.061	8.250	29 12	2.150	-7.943	<b>Avril</b> 1 8	-2.283	7.509			
29 9	2.067	-8.261	<b>Mars</b> 1 5	-2.148	7.897	2 1	2.290	-7.515			
30 2	-2.066	8.227	1 22	2.156	-7.907	2 18	-2.290	7.459			
30 19	2.071	-8.236	2 15	-2.155	7.862	3 11	2.298	-7.467			
31 12	-2.070	8.202	3 8	2.162	-7.869	4 4	-2.297	7.408			
<b>Févr.</b> 1 5	2.075	-8.210	4 1	-2.161	7.824	4 21	2.305	-7.416			

## MIRANDA 2008

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 14	-2.304	7.356	<b>Mai</b>	7 10	2.464	-6.844	<b>Juin</b>	8 5	-2.615	7.137
	6 7	2.312	-7.362		8 3	-2.462	6.772		8 22	2.621	-7.138
	7 0	-2.311	7.304		8 20	2.469	-6.777		9 15	-2.620	7.072
	7 17	2.318	-7.307		9 12	-2.468	7.522		10 8	2.627	-7.077
	8 10	-2.317	7.249		10 5	2.477	-7.532		11 1	-2.625	7.004
	9 3	2.324	-7.251		10 22	-2.477	7.472		11 18	2.631	-7.011
	9 20	-2.324	7.193		11 15	2.486	-7.480		12 11	-2.629	6.937
	10 13	2.330	-7.194		12 8	-2.487	7.423		13 4	2.635	-6.943
	11 6	-2.330	7.135		13 1	2.495	-7.427		13 21	-2.632	6.869
	11 23	2.336	-7.135		13 18	-2.496	7.370		14 14	2.639	-6.873
	12 16	-2.336	7.074		14 11	2.504	-7.373		15 7	-2.634	6.798
	13 9	2.342	-7.078		15 4	-2.505	7.315		16 0	2.641	-6.801
	14 2	-2.341	7.011		15 21	2.512	-7.318		16 17	-2.637	6.729
	14 19	2.348	-7.016		16 14	-2.513	7.258		17 10	2.642	-6.727
	15 12	-2.346	6.947		17 7	2.519	-7.261		18 2	-2.642	7.563
16 5	2.353	-6.953	18 0	-2.520	7.198	18 19	2.650	-7.567			
16 21	-2.351	7.620	18 17	2.527	-7.204	19 12	-2.650	7.508			
17 14	2.360	-7.629	19 10	-2.527	7.137	20 5	2.657	-7.513			
18 7	-2.360	7.575	20 3	2.534	-7.144	20 22	-2.657	7.451			
19 0	2.369	-7.582	20 20	-2.533	7.075	21 15	2.664	-7.456			
19 17	-2.370	7.530	21 13	2.541	-7.082	22 8	-2.664	7.392			
20 10	2.378	-7.534	22 6	-2.539	7.013	23 1	2.670	-7.400			
21 3	-2.379	7.482	22 23	2.547	-7.017	23 18	-2.669	7.330			
21 20	2.387	-7.485	23 16	-2.545	6.948	24 11	2.676	-7.339			
22 13	-2.388	7.431	24 9	2.552	-6.951	25 4	-2.674	7.268			
23 6	2.395	-7.436	25 2	-2.551	6.884	25 21	2.681	-7.276			
23 23	-2.397	7.379	25 19	2.557	-6.883	26 14	-2.678	7.207			
24 16	2.404	-7.384	26 12	-2.555	6.816	27 7	2.685	-7.211			
25 9	-2.405	7.324	27 5	2.561	-6.814	28 0	-2.681	7.142			
26 2	2.412	-7.332	27 22	-2.559	6.745	28 17	2.688	-7.145			
26 19	-2.412	7.268	28 15	2.565	-6.746	29 10	-2.685	7.077			
27 12	2.420	-7.276	29 8	-2.563	6.672	30 3	2.690	-7.077			
28 5	-2.420	7.212	30 0	2.569	-7.544	30 20	-2.687	7.009			
28 22	2.427	-7.219	30 17	-2.571	7.484	<b>Juill.</b> 1 13	2.692	-7.008			
29 15	-2.427	7.156	31 10	2.579	-7.493	2 6	-2.688	6.937			
<b>Mai</b>	30 8	2.434	-7.159	<b>Juin</b>	1 3	-2.579	7.429	2 23	2.693	-6.941	
	1 1	-2.434	7.096		1 20	2.588	-7.439	3 16	-2.689	6.864	
	1 18	2.441	-7.098		2 13	-2.587	7.373	4 9	2.693	-6.869	
	2 11	-2.441	7.036		3 6	2.596	-7.381	5 1	-2.688	7.700	
	3 4	2.447	-7.036		3 23	-2.595	7.319	5 18	2.696	-7.711	
	3 21	-2.447	6.973		4 16	2.603	-7.322	6 11	-2.695	7.646	
	4 14	2.453	-6.973		5 9	-2.602	7.260	7 4	2.702	-7.656	
	5 7	-2.452	6.908		6 2	2.610	-7.262	7 21	-2.700	7.590	
	6 0	2.459	-6.910		6 19	-2.609	7.200	8 14	2.707	-7.598	
	6 17	-2.457	6.840		7 12	2.616	-7.201	9 7	-2.706	7.535	

## MIRANDA 2008

**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 0	2.712	-7.538	<b>Août</b>	10 19	-2.725	7.866	<b>Sept.</b>	11 14	2.682	-8.198
	10 17	-2.710	7.475		11 12	2.731	-7.876		12 7	-2.676	8.133
	11 10	2.716	-7.478		12 5	-2.726	7.809		13 0	2.680	-8.143
	12 3	-2.714	7.414		12 22	2.732	-7.816		13 17	-2.673	8.077
	12 20	2.719	-7.417		13 15	-2.727	7.752		14 10	2.677	-8.087
	13 13	-2.716	7.351		14 8	2.731	-7.755		15 3	-2.670	8.021
	14 6	2.721	-7.354		15 1	-2.726	7.692		15 20	2.674	-8.028
	14 23	-2.718	7.285		15 18	2.730	-7.694		16 13	-2.666	7.962
	15 16	2.723	-7.291		16 11	-2.724	7.629		17 6	2.669	-7.967
	16 9	-2.719	7.217		17 4	2.727	-7.632		17 23	-2.662	7.904
	17 2	2.724	-7.225		17 21	-2.722	7.564		18 16	2.664	-7.905
	17 19	-2.719	7.148		18 14	2.724	-7.567		19 9	-2.656	7.841
	18 12	2.724	-7.156		19 7	-2.718	7.496		20 2	2.658	-7.842
	19 5	-2.718	7.081		20 0	2.721	-7.503		20 19	-2.649	7.776
	19 22	2.723	-7.085		20 17	-2.713	7.427		21 12	2.651	-7.779
	20 15	-2.716	7.009		21 10	2.716	-7.435		22 5	-2.642	7.709
	21 8	2.721	-7.012		22 3	-2.707	7.358		22 21	2.644	-8.459
	22 0	-2.715	7.844		22 20	2.710	-7.365		23 14	-2.640	8.402
	22 17	2.722	-7.849		23 12	-2.706	8.147		24 7	2.645	-8.413
	23 10	-2.720	7.790		24 5	2.712	-8.156		25 0	-2.639	8.352
24 3	2.726	-7.794	24 22	-2.707	8.095	25 17	2.644	-8.364			
24 20	-2.724	7.734	25 15	2.713	-8.102	26 10	-2.638	8.302			
25 13	2.729	-7.740	26 8	-2.708	8.043	27 3	2.642	-8.312			
26 6	-2.727	7.675	27 1	2.712	-8.047	27 20	-2.635	8.252			
26 23	2.732	-7.682	27 18	-2.708	7.987	28 13	2.640	-8.258			
27 16	-2.729	7.615	28 11	2.712	-7.991	29 6	-2.633	8.198			
28 9	2.735	-7.624	29 4	-2.707	7.929	29 23	2.636	-8.203			
29 2	-2.730	7.553	29 21	2.710	-7.935	30 16	-2.629	8.143			
29 19	2.736	-7.563	30 14	-2.704	7.868	<b>Oct.</b>	1 9	2.632	-8.146		
30 12	-2.731	7.490	31 7	2.708	-7.876		2 2	-2.625	8.086		
31 5	2.736	-7.498	<b>Sept.</b>	1 0	-2.701	7.807	2 19	2.627	-8.088		
31 22	-2.731	7.429		1 17	2.705	-7.816	3 12	-2.620	8.026		
<b>Août</b>	1 15	2.735	-7.432	2 10	-2.697	7.744	4 5	2.622	-8.031		
	2 8	-2.729	7.363	3 3	2.700	-7.752	4 22	-2.614	7.964		
	3 1	2.733	-7.365	3 20	-2.692	7.680	5 15	2.616	-7.971		
	3 18	-2.728	7.296	4 13	2.695	-7.686	6 8	-2.607	7.901		
	4 11	2.731	-7.296	5 6	-2.686	7.617	7 1	2.610	-7.908		
	5 4	-2.725	7.226	5 23	2.689	-7.618	7 18	-2.599	7.838		
	5 21	2.727	-7.227	6 16	-2.680	7.549	8 11	2.602	-7.844		
	6 14	-2.721	7.154	7 8	2.682	-8.348	9 3	-2.596	8.476		
	7 6	2.724	-8.039	8 1	-2.678	8.293	9 20	2.602	-8.486		
	7 23	-2.722	7.976	8 18	2.682	-8.299	10 13	-2.596	8.431		
8 16	2.727	-7.986	9 11	-2.679	8.242	11 6	2.600	-8.437			
9 9	-2.724	7.921	10 4	2.682	-8.248	11 23	-2.594	8.383			
10 2	2.730	-7.932	10 21	-2.678	8.189	12 16	2.598	-8.387			



## MIRANDA 2008

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	9	-2.592	8.333	Nov.	9	6	-2.517	7.935	Déc.	6	2	-2.478	8.136
	14	2	2.596	-8.337		9	23	2.520	-7.940		6	19	2.484	-8.143
	14	19	-2.590	8.280		10	15	-2.511	8.471		7	12	-2.477	8.089
	15	12	2.593	-8.285		11	8	2.517	-8.482		8	5	2.482	-8.091
	16	5	-2.586	8.226		12	1	-2.511	8.428		8	22	-2.476	8.037
	16	22	2.590	-8.233		12	18	2.517	-8.438		9	15	2.481	-8.039
	17	15	-2.581	8.169		13	11	-2.510	8.384		10	8	-2.475	7.984
	18	8	2.585	-8.178		14	4	2.516	-8.391		11	1	2.479	-7.986
	19	1	-2.576	8.112		14	21	-2.510	8.339		11	18	-2.473	7.930
	19	18	2.580	-8.120		15	14	2.515	-8.343		12	11	2.477	-7.932
	20	11	-2.571	8.056		16	7	-2.509	8.292		13	4	-2.471	7.873
	21	4	2.575	-8.060		17	0	2.513	-8.294		13	21	2.476	-7.878
	21	21	-2.565	7.996		17	17	-2.507	8.242		14	14	-2.468	7.814
	22	14	2.568	-7.999		18	10	2.511	-8.246		15	7	2.473	-7.820
	23	7	-2.559	7.936		19	3	-2.505	8.190		16	0	-2.465	7.756
	24	0	2.561	-7.936		19	20	2.509	-8.195		16	17	2.471	-7.761
	24	16	-2.553	8.515		20	13	-2.502	8.137		17	10	-2.463	7.697
	25	9	2.557	-8.520		21	6	2.506	-8.143		18	3	2.468	-7.700
	26	2	-2.552	8.469		21	23	-2.498	8.081		18	20	-2.459	7.636
	26	19	2.557	-8.477		22	16	2.503	-8.089		19	13	2.464	-7.638
27	12	-2.551	8.422	23	9	-2.495	8.026	20	5	-2.460	8.168			
28	5	2.556	-8.430	24	2	2.500	-8.032	20	22	2.466	-8.171			
28	22	-2.550	8.374	24	19	-2.491	7.971	21	15	-2.462	8.123			
29	15	2.554	-8.383	25	12	2.495	-7.974	22	8	2.468	-8.127			
30	8	-2.547	8.324	26	5	-2.487	7.913	23	1	-2.463	8.077			
31	1	2.552	-8.333	26	22	2.491	-7.915	23	18	2.469	-8.082			
31	18	-2.544	8.273	27	15	-2.483	7.855	24	11	-2.465	8.029			
Nov.	1	11	2.549	-8.280	28	8	2.486	-7.854	25	4	2.471	-8.034		
	2	4	-2.541	8.223	29	1	-2.478	7.794	25	21	-2.466	7.979		
	2	21	2.545	-8.226	29	17	2.483	-8.373	26	14	2.472	-7.987		
3	14	-2.537	8.168	Déc.	30	10	-2.478	8.324	27	7	-2.466	7.928		
4	7	2.541	-8.171		1	3	2.484	-8.332	28	0	2.473	-7.936		
5	0	-2.534	8.113	1	20	-2.479	8.279	28	17	-2.467	7.877			
5	17	2.536	-8.115	2	13	2.484	-8.287	29	10	2.474	-7.883			
6	10	-2.529	8.056	3	6	-2.479	8.233	30	3	-2.468	7.827			
7	3	2.531	-8.058	3	23	2.485	-8.241	30	20	2.474	-7.829			
7	20	-2.523	7.996	4	16	-2.478	8.185	31	13	-2.468	7.772			
8	13	2.526	-8.001	5	9	2.484	-8.193							

## ARIEL 2008

## 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 5	3.368	-12.348	<b>Févr.</b>	26 23	-3.292	12.039	<b>Avril</b>	23 18	3.462	-11.862
	2 11	-3.359	12.267		28 6	3.297	-12.025		25 0	-3.460	11.909
	3 17	3.365	-12.240		29 12	-3.293	12.012		26 6	3.470	-12.007
	4 23	-3.350	12.141	<b>Mars</b>	1 18	3.304	-12.054	27 13	-3.470	11.767	
	6 6	3.356	-12.304		3 0	-3.294	12.028	28 19	3.486	-11.885	
	7 12	-3.347	12.226		4 7	3.305	-12.013	<b>Mai</b>	30 1	-3.482	11.929
	8 18	3.350	-12.195	5 13	-3.301	12.005	1 8		3.494	-11.727	
	10 0	-3.336	12.105	6 19	3.309	-12.044	2 14		-3.495	11.791	
	11 7	3.344	-12.260	8 2	-3.301	11.946	3 20	3.508	-11.905		
	12 13	-3.334	12.186	9 8	3.313	-12.002	5 2	-3.505	11.956		
	13 19	3.337	-12.158	10 14	-3.309	11.999	6 9	3.518	-11.746		
	15 2	-3.325	12.231	11 20	3.316	-12.043	7 15	-3.519	11.812		
	16 8	3.333	-12.223	13 3	-3.311	11.937	8 21	3.532	-11.932		
	17 14	-3.322	12.147	14 9	3.324	-12.000	10 3	-3.527	11.982		
	18 20	3.325	-12.123	15 15	-3.318	11.995	11 10	3.544	-11.771		
	20 3	-3.316	12.195	16 22	3.325	-11.922	12 16	-3.543	11.836		
	21 9	3.323	-12.185	18 4	-3.324	11.936	13 22	3.556	-11.959		
	22 15	-3.312	12.114	19 10	3.335	-11.998	15 4	-3.550	12.013		
23 22	3.315	-12.216	20 16	-3.329	11.998	16 11	3.567	-11.795			
25 4	-3.308	12.160	21 23	3.340	-11.921	17 17	-3.567	11.865			
26 10	3.314	-12.154	23 5	-3.338	11.935	18 23	3.579	-11.988			
27 16	-3.302	12.082	24 11	3.348	-12.002	20 6	-3.575	11.681			
28 23	3.308	-12.182	25 18	-3.341	11.840	21 12	3.592	-11.824			
30 5	-3.301	12.129	27 0	3.356	-11.922	22 18	-3.590	11.894			
31 11	3.306	-12.123	28 6	-3.353	11.941	24 0	3.602	-12.020			
<b>Févr.</b>	1 18	-3.294	12.142	29 12	3.362	-12.007	25 7	-3.599	11.709		
	3 0	3.303	-12.153	30 19	-3.359	11.843	26 13	3.615	-11.851		
	4 6	-3.294	12.100	<b>Avril</b>	1 1	3.373	-11.929	27 19	-3.613	11.926	
	5 12	3.299	-12.099		2 7	-3.368	11.947	29 1	3.624	-12.055	
	6 19	-3.290	12.112		3 13	3.377	-12.019	30 8	-3.622	11.736	
	8 1	3.299	-12.128	4 20	-3.377	11.848	<b>Juin</b>	31 14	3.638	-11.885	
	9 7	-3.290	12.078	6 2	3.391	-11.938		1 20	-3.636	11.957	
	10 14	3.293	-12.120	7 8	-3.386	11.960		3 2	3.647	-12.090	
	11 20	-3.289	12.090	8 15	3.397	-11.820	4 9	-3.644	11.769		
	13 2	3.296	-12.103	9 21	-3.397	11.861	5 15	3.660	-11.914		
	14 8	-3.287	12.058	11 3	3.409	-11.948	6 21	-3.658	11.994		
	15 15	3.294	-12.100	12 9	-3.404	11.975	8 3	3.668	-12.124		
	16 21	-3.288	12.066	13 16	3.419	-11.834	9 10	-3.666	11.799		
	18 3	3.296	-12.088	14 22	-3.417	11.871	10 16	3.681	-11.951		
	19 10	-3.284	12.043	16 4	3.429	-11.967	11 22	-3.678	12.026		
	20 16	3.296	-12.081	17 11	-3.424	11.734	13 4	3.688	-12.165		
	21 22	-3.289	12.052	18 17	3.441	-11.847	14 11	-3.685	11.829		
	23 4	3.295	-12.070	19 23	-3.439	11.891	15 17	3.701	-11.985		
24 11	-3.289	12.029	21 5	3.449	-11.982	16 23	-3.697	12.066			
25 17	3.298	-12.063	22 12	-3.448	11.753	18 5	3.707	-12.199			

## ARIEL 2008

## 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 12	-3.704	11.867	<b>Août</b>	15 4	3.798	-12.772	<b>Oct.</b>	10 20	-3.667	13.062
	20 18	3.719	-12.017		16 10	-3.788	12.833		12 2	3.671	-13.127
	22 0	-3.715	12.101		17 17	3.792	-12.588		13 8	-3.657	13.127
	23 6	3.725	-12.241		18 23	-3.786	12.664		14 15	3.659	-13.014
	24 13	-3.720	11.896		20 5	3.795	-12.796		15 21	-3.650	13.031
	25 19	3.736	-12.056		21 11	-3.784	12.849		17 3	3.656	-13.098
	27 1	-3.731	12.135		22 17	3.789	-12.966		18 9	-3.641	13.091
	28 7	3.742	-12.278		24 0	-3.778	12.677		19 15	3.643	-13.142
	29 14	-3.736	11.934		25 6	3.788	-12.811		20 22	-3.633	12.993
	30 20	3.750	-12.088		26 12	-3.778	12.868		22 4	3.639	-13.061
<b>Juill.</b>	2 2	-3.747	12.176	27 18	3.783	-12.977	23 10	-3.627	13.057		
	3 8	3.756	-12.314	29 0	-3.770	13.021	24 16	3.628	-13.101		
	4 15	-3.749	11.966	30 7	3.778	-12.819	25 23	-3.616	12.957		
	5 21	3.764	-12.126	31 13	-3.770	12.878	27 5	3.622	-13.018		
	7 3	-3.759	12.209	<b>Sept.</b>	1 19	3.776	-12.991	28 11	-3.611	13.016	
	8 9	3.770	-12.355		3 1	-3.762	13.026	29 17	3.613	-13.062	
	9 15	-3.760	12.423		4 8	3.768	-12.830	31 0	-3.597	12.911	
	10 22	3.774	-12.159		5 14	-3.759	12.882	<b>Nov.</b>	1 6	3.605	-12.978
	12 4	-3.770	12.247		6 20	3.767	-12.995		2 12	-3.593	12.969
	13 10	3.780	-12.389		8 2	-3.755	13.034		3 18	3.597	-13.016
14 16	-3.772	12.462	9 8		3.756	-13.124	5 0		-3.582	12.993	
15 23	3.782	-12.192	10 15		-3.748	12.887	6 7		3.587	-12.928	
17 5	-3.779	12.279	11 21		3.755	-12.995	7 13		-3.578	12.925	
18 11	3.789	-12.426	13 3		-3.744	13.033	8 19		3.581	-12.966	
19 17	-3.780	12.497	14 9	3.748	-13.126	10 1	-3.567		12.945		
21 0	3.789	-12.225	15 16	-3.733	12.882	11 8	3.571		-12.881		
22 6	-3.785	12.312	16 22	3.742	-12.992	12 14	-3.560		12.872		
23 12	3.795	-12.458	18 4	-3.731	13.028	13 20	3.565	-12.918			
24 18	-3.787	12.532	19 10	3.736	-13.119	15 2	-3.551	12.892			
26 0	3.793	-12.662	20 16	-3.722	13.138	16 9	3.554	-12.828			
27 7	-3.789	12.342	21 23	3.727	-12.983	17 15	-3.545	12.822			
28 13	3.800	-12.492	23 5	-3.718	13.018	18 21	3.549	-12.864			
29 19	-3.791	12.562	24 11	3.723	-13.108	20 3	-3.536	12.841			
31 1	3.798	-12.695	25 17	-3.710	13.125	21 10	3.537	-12.774			
<b>Août</b>	1 8	-3.790	12.373	26 23	3.712	-13.197	22 16	-3.529	12.767		
	2 14	3.801	-12.519	28 6	-3.703	13.004	23 22	3.534	-12.811		
	3 20	-3.794	12.595	29 12	3.709	-13.092	25 4	-3.520	12.786		
	5 2	3.800	-12.722	30 18	-3.697	13.110	26 11	3.522	-12.719		
	6 9	-3.789	12.398	<b>Oct.</b>	2 0	3.699	-13.178	27 17	-3.513	12.712	
	7 15	3.801	-12.548		3 7	-3.686	12.985	28 23	3.518	-12.754	
	8 21	-3.793	12.618		4 13	3.694	-13.072	<b>Déc.</b>	30 5	-3.505	12.731
	10 3	3.801	-12.753		5 19	-3.682	13.086		1 12	3.507	-12.663
	11 9	-3.789	12.806		7 1	3.686	-13.157		2 18	-3.498	12.655
	12 16	3.798	-12.571		8 7	-3.670	13.152		4 0	3.504	-12.699
13 22	-3.791	12.645	9 14		3.677	-13.047	5 6		-3.490	12.674	

**ARIEL 2008****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 13	3.492	-12.606	<b>Déc.</b>	15 8	-3.463	12.562	<b>Déc.</b>	24 4	3.452	-12.474
	7 19	-3.484	12.600		16 15	3.467	-12.494		25 10	-3.440	12.456
	9 1	3.489	-12.641		17 21	-3.458	12.484		26 17	3.447	-12.381
	10 7	-3.477	12.620		19 3	3.464	-12.531		27 23	-3.438	12.375
	11 14	3.479	-12.547		20 9	-3.452	12.510		29 5	3.443	-12.423
	12 20	-3.471	12.543		21 16	3.455	-12.434		30 11	-3.429	12.400
	14 2	3.477	-12.587		22 22	-3.448	12.433		31 18	3.438	-12.327

## UMBRIEL 2008

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 11	4.708	-17.086	<b>Avril</b>	3 21	-4.718	16.644	<b>Juill.</b>	6 5	5.241	-17.123
	3 13	-4.690	17.112		5 23	4.724	-16.637		8 7	-5.261	17.008
	5 15	4.689	-17.108		8 1	-4.740	16.566		10 9	5.253	-16.981
	7 16	-4.676	16.992		10 3	4.745	-16.556		12 10	-5.272	17.221
	9 18	4.675	-16.991		12 5	-4.762	16.477		14 12	5.266	-17.199
	11 20	-4.662	17.022		14 7	4.765	-16.451		16 14	-5.282	17.085
	13 22	4.660	-17.016		16 8	-4.787	16.602		18 15	5.273	-17.402
	15 23	-4.649	16.914		18 10	4.791	-16.581		20 17	-5.291	17.301
	18 1	4.645	-16.904		20 12	-4.811	16.508		22 19	5.283	-17.272
	20 3	-4.639	16.947		22 14	4.816	-16.484		24 20	-5.295	17.502
	22 5	4.635	-16.933		24 15	-4.835	16.642		26 22	5.289	-17.475
	24 7	-4.628	16.960		26 17	4.840	-16.622		29 0	-5.301	17.371
26 9	4.623	-16.944	28 19	-4.864	16.552	31 2	5.293	-17.343			
28 10	-4.618	16.876	30 21	4.868	-16.525	<b>Août</b>	2 3	-5.302	17.564		
30 12	4.614	-16.866	<b>Mai</b>	2 23	-4.889		16.438	4 5	5.297	-17.547	
<b>Févr.</b>	1 14	-4.611		16.892	5 1		4.895	-16.414	6 7	-5.301	17.427
	3 16	4.608		-16.879	7 2		-4.915	16.598	8 8	5.296	-17.734
	5 18	-4.605		16.892	9 4	4.923	-16.583	10 10	-5.300	17.620	
	7 20	4.602	-16.878	11 6	-4.943	16.487	12 12	5.295	-17.606		
	9 21	-4.598	16.832	13 8	4.951	-16.471	14 13	-5.296	17.790		
11 23	4.599	-16.834	15 9	-4.967	16.655	16 15	5.294	-17.795			
14 1	-4.597	16.833	17 11	4.979	-16.651	18 17	-5.290	17.656			
16 3	4.599	-16.833	19 13	-4.996	16.540	20 18	5.287	-17.953			
18 5	-4.596	16.817	21 15	5.008	-16.540	22 20	-5.285	17.829			
20 7	4.599	-16.815	23 17	-5.021	16.405	24 22	5.281	-17.832			
22 8	-4.595	16.789	25 18	5.032	-16.727	26 23	-5.276	17.976			
24 10	4.602	-16.806	27 20	-5.049	16.604	29 1	5.275	-17.991			
26 12	-4.599	16.774	29 22	5.061	-16.610	31 3	-5.265	17.847			
<b>Mars</b>	28 14	4.607	-16.788	<b>Juin</b>	1 0	-5.073	16.468	<b>Sept.</b>	2 4	5.263	-18.124
	1 16	-4.605	16.746		3 2	5.084	-16.474		4 6	-5.258	17.996
3 18	4.613	-16.756	5 3	-5.100	16.671	6 8	5.251	-18.000			
5 20	-4.609	16.694	7 5	5.110	-16.688	8 9	-5.246	18.122			
7 21	4.620	-16.775	9 7	-5.123	16.536	10 11	5.240	-18.128			
9 23	-4.620	16.723	11 9	5.131	-16.542	12 12	-5.231	18.228			
12 1	4.631	-16.743	13 10	-5.148	16.754	14 14	5.226	-18.233			
14 3	-4.632	16.680	15 12	5.155	-16.761	16 16	-5.221	18.118			
16 5	4.643	-16.694	17 14	-5.169	16.610	18 18	5.209	-18.107			
18 7	-4.644	16.619	19 15	5.173	-16.971	20 19	-5.207	18.218			
20 9	4.654	-16.626	21 17	-5.192	16.834	22 21	5.196	-18.203			
22 10	-4.661	16.680	23 19	5.194	-16.835	24 22	-5.190	18.297			
24 12	4.671	-16.693	25 21	-5.210	16.695	27 0	5.179	-18.279			
26 14	-4.679	16.623	27 22	5.210	-17.045	29 2	-5.175	18.185			
28 16	4.687	-16.626	30 0	-5.230	16.920	1 4	5.160	-18.156			
30 18	-4.696	16.548	<b>Juill.</b>	2 2	5.228	-16.912	<b>Oct.</b>	3 5	-5.160	18.259	
<b>Avril</b>	1 20	4.703		-16.540	4 3	-5.244		17.132	5 7	5.145	-18.222

### UMBRIEL 2008

**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 8	-5.141	18.305	<b>Nov.</b>	5 8	-5.008	18.041	<b>Déc.</b>	4 8	-4.882	17.647
	9 10	5.128	-18.271		7 10	5.003	-18.022		6 10	4.879	-17.632
	11 12	-5.123	18.195		9 11	-4.988	18.024		8 11	-4.864	17.613
	13 13	5.108	-18.298		11 13	4.985	-18.015		10 13	4.862	-17.603
	15 15	-5.106	18.235		13 15	-4.970	17.921		12 15	-4.852	17.519
	17 17	5.092	-18.194		15 17	4.965	-17.905		14 17	4.846	-17.493
	19 18	-5.086	18.252		17 18	-4.951	17.902		16 19	-4.837	17.404
	21 20	5.074	-18.216		19 20	4.950	-17.896		18 20	4.831	-17.466
	23 22	-5.067	18.144		21 22	-4.931	17.791		20 22	-4.826	17.392
	26 0	5.056	-18.111		23 23	4.930	-17.867		23 0	4.819	-17.361
	28 1	-5.048	18.152		26 1	-4.915	17.774		25 2	-4.812	17.274
	30 3	5.039	-18.124		28 3	4.914	-17.767		27 4	4.804	-17.232
<b>Nov.</b>	1 5	-5.027	18.042		30 5	-4.896	17.662		29 5	-4.804	17.272
	3 6	5.020	-18.122	<b>Déc.</b>	2 6	4.895	-17.735		31 7	4.795	-17.228

## TITANIA 2008

## 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	11	7.618	-27.945	<b>Mai</b>	5	21	7.985	-26.972	<b>Sept.</b>	4	16	8.551	-29.636
	8	20	-7.605	27.957		10	5	-8.037	27.212		9	1	-8.547	29.671
	13	5	7.567	-27.895		14	14	8.079	-27.089		13	9	8.507	-29.651
	17	14	-7.563	27.922		18	23	-8.135	27.122		17	17	-8.500	29.855
	21	23	7.520	-27.810		23	8	8.170	-26.993		22	1	8.461	-29.844
<b>Févr.</b>	26	7	-7.526	27.788	<b>Juin</b>	27	16	-8.227	27.261	<b>Oct.</b>	26	9	-8.442	29.961
	30	16	7.490	-27.686		1	1	8.262	-27.146		30	17	8.406	-29.945
	4	1	-7.500	27.739		5	10	-8.314	27.153		5	2	-8.383	29.892
	8	10	7.470	-27.633		9	18	8.346	-27.299		9	10	8.345	-29.854
	12	19	-7.493	27.703		14	3	-8.402	27.348		13	18	-8.326	29.931
<b>Mars</b>	17	4	7.458	-27.552	<b>Juill.</b>	18	11	8.416	-27.459	<b>Nov.</b>	18	2	8.280	-29.859
	21	13	-7.494	27.648		22	20	-8.474	27.515		22	10	-8.262	29.895
	25	22	7.466	-27.487		27	4	8.483	-27.637		26	19	8.216	-29.714
	1	7	-7.508	27.576		1	13	-8.533	27.684		31	3	-8.197	29.734
	5	16	7.490	-27.420		5	21	8.538	-27.805		4	11	8.151	-29.627
<b>Avril</b>	10	1	-7.537	27.506	<b>Août</b>	10	5	-8.586	28.173	<b>Déc.</b>	8	19	-8.139	29.653
	14	10	7.525	-27.333		14	14	8.574	-27.955		13	4	8.080	-29.412
	18	19	-7.580	27.431		18	22	-8.622	28.342		17	12	-8.077	29.455
	23	4	7.574	-27.246		23	6	8.601	-28.396		21	21	8.017	-29.208
	27	13	-7.634	27.338		27	15	-8.642	28.491		26	5	-8.015	29.238
31	22	7.643	-27.176	31	23	8.619	-28.551	30	13	7.957	-29.054			
<b>Mai</b>	5	7	-7.695	27.229	<b>Sept.</b>	5	7	-8.647	28.910	<b>Nov.</b>	4	22	-7.961	29.038
	9	16	7.716	-27.073		9	15	8.617	-28.928		9	7	7.898	-28.749
	14	1	-7.773	27.130		14	0	-8.642	29.035		13	15	-7.909	28.818
	18	9	7.798	-27.142		18	8	8.603	-29.035		18	0	7.849	-28.529
<b>Mai</b>	22	18	-7.858	27.205	<b>Nov.</b>	22	16	-8.623	29.364	<b>Janv.</b>	22	8	-7.860	28.594
	27	3	7.892	-27.077		27	0	8.586	-29.379		26	17	7.810	-28.325
	1	12	-7.943	27.091		31	8	-8.586	29.633		31	2	-7.821	28.299

## OBÉRON 2008

---

**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 17	-10.152	37.434	<b>Mai</b>	5 16	-10.603	36.321	<b>Sept.</b>	3 18	-11.364	39.667
	11 11	10.079	-37.268		12 10	10.689	-36.310		10 11	11.323	-39.794
	18 6	-10.045	37.256		19 4	-10.795	36.463		17 4	-11.278	39.914
	25 0	9.999	-37.153		25 22	10.883	-36.447		23 20	11.216	-40.055
	31 19	-9.970	37.094		<b>Juin</b>	1 17	-10.978		36.407	30 13	-11.172
<b>Févr.</b>	7 13	9.949	-37.029	8 10	11.065	-36.632	<b>Oct.</b>	7 6	11.098	-40.059	
	14 8	-9.929	36.938	15 4	-11.138	36.789		13 23	-11.049	40.086	
	21 3	9.944	-36.945	21 22	11.228	-36.839		20 16	10.973	-39.933	
	27 22	-9.937	36.810	28 15	-11.273	37.215		27 9	-10.918	39.893	
<b>Mars</b>	5 16	9.980	-36.832	<b>Juill.</b>	5 9	11.351	-37.292	<b>Nov.</b>	3 2	10.844	-39.703
	12 11	-9.993	36.692		12 2	-11.368	37.606		9 19	-10.779	39.575
	19 6	10.058	-36.673		18 19	11.434	-37.973		16 12	10.721	-39.403
	26 1	-10.095	36.520		25 13	-11.425	38.011		23 6	-10.648	39.153
	<b>Avril</b>	1 19	10.172		-36.555	<b>Août</b>	1 6		11.468	-38.363	29 23
8 14		-10.240	36.441	7 23	-11.443		38.583	<b>Déc.</b>	6 17	-10.523	38.688
15 9		10.324	-36.331	14 16	11.457		-38.906	13 11	10.491	-38.505	
22 3	-10.411	36.373	21 9	-11.418	39.087	20 5	-10.419	38.189			
28 22	10.497	-36.201	28 1	11.404	-39.503	26 23	10.399	-38.009			

---



# CALENDRIER

Notations :

**D** : Date, jour du mois.

**JOUR** : Jour de la semaine.

**JJ** : Jour Julien à 12h.

**JDA** : Jour de l'année.

## CALENDRIER 2008

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			60
1	Mar	2454467	1	1	Ven	2454498	32	1	Sam	2454527	61
2	Mer	4468	2	2	Sam	4499	33	2	Dim	4528	62
3	Jeu	4469	3	3	Dim	4500	34	3	Lun	4529	63
4	Ven	4470	4	4	Lun	4501	35	4	Mar	4530	64
5	Sam	4471	5	5	Mar	4502	36	5	Mer	4531	65
6	Dim	4472	6	6	Mer	4503	37	6	Jeu	4532	66
7	Lun	4473	7	7	Jeu	4504	38	7	Ven	4533	67
8	Mar	4474	8	8	Ven	4505	39	8	Sam	4534	68
9	Mer	4475	9	9	Sam	4506	40	9	Dim	4535	69
10	Jeu	4476	10	10	Dim	4507	41	10	Lun	4536	70
11	Ven	4477	11	11	Lun	4508	42	11	Mar	4537	71
12	Sam	4478	12	12	Mar	4509	43	12	Mer	4538	72
13	Dim	4479	13	13	Mer	4510	44	13	Jeu	4539	73
14	Lun	4480	14	14	Jeu	4511	45	14	Ven	4540	74
15	Mar	4481	15	15	Ven	4512	46	15	Sam	4541	75
16	Mer	4482	16	16	Sam	4513	47	16	Dim	4542	76
17	Jeu	4483	17	17	Dim	4514	48	17	Lun	4543	77
18	Ven	4484	18	18	Lun	4515	49	18	Mar	4544	78
19	Sam	4485	19	19	Mar	4516	50	19	Mer	4545	79
20	Dim	4486	20	20	Mer	4517	51	20	Jeu	4546	80
21	Lun	4487	21	21	Jeu	4518	52	21	Ven	4547	81
22	Mar	4488	22	22	Ven	4519	53	22	Sam	4548	82
23	Mer	4489	23	23	Sam	4520	54	23	Dim	4549	83
24	Jeu	4490	24	24	Dim	4521	55	24	Lun	4550	84
25	Ven	4491	25	25	Lun	4522	56	25	Mar	4551	85
26	Sam	4492	26	26	Mar	4523	57	26	Mer	4552	86
27	Dim	4493	27	27	Mer	4524	58	27	Jeu	4553	87
28	Lun	4494	28	28	Jeu	4525	59	28	Ven	4554	88
29	Mar	4495	29	29	Ven	4526	60	29	Sam	4555	89
30	Mer	4496	30					30	Dim	4556	90
31	Jeu	4497	31					31	Lun	4557	91

AVRIL				MAI				JUIN			
D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA
0			91	0			121	0			152
1	Mar	2454558	92	1	Jeu	2454588	122	1	Dim	2454619	153
2	Mer	4559	93	2	Ven	4589	123	2	Lun	4620	154
3	Jeu	4560	94	3	Sam	4590	124	3	Mar	4621	155
4	Ven	4561	95	4	Dim	4591	125	4	Mer	4622	156
5	Sam	4562	96	5	Lun	4592	126	5	Jeu	4623	157
6	Dim	4563	97	6	Mar	4593	127	6	Ven	4624	158
7	Lun	4564	98	7	Mer	4594	128	7	Sam	4625	159
8	Mar	4565	99	8	Jeu	4595	129	8	Dim	4626	160
9	Mer	4566	100	9	Ven	4596	130	9	Lun	4627	161
10	Jeu	4567	101	10	Sam	4597	131	10	Mar	4628	162
11	Ven	4568	102	11	Dim	4598	132	11	Mer	4629	163
12	Sam	4569	103	12	Lun	4599	133	12	Jeu	4630	164
13	Dim	4570	104	13	Mar	4600	134	13	Ven	4631	165
14	Lun	4571	105	14	Mer	4601	135	14	Sam	4632	166
15	Mar	4572	106	15	Jeu	4602	136	15	Dim	4633	167
16	Mer	4573	107	16	Ven	4603	137	16	Lun	4634	168
17	Jeu	4574	108	17	Sam	4604	138	17	Mar	4635	169
18	Ven	4575	109	18	Dim	4605	139	18	Mer	4636	170
19	Sam	4576	110	19	Lun	4606	140	19	Jeu	4637	171
20	Dim	4577	111	20	Mar	4607	141	20	Ven	4638	172
21	Lun	4578	112	21	Mer	4608	142	21	Sam	4639	173
22	Mar	4579	113	22	Jeu	4609	143	22	Dim	4640	174
23	Mer	4580	114	23	Ven	4610	144	23	Lun	4641	175
24	Jeu	4581	115	24	Sam	4611	145	24	Mar	4642	176
25	Ven	4582	116	25	Dim	4612	146	25	Mer	4643	177
26	Sam	4583	117	26	Lun	4613	147	26	Jeu	4644	178
27	Dim	4584	118	27	Mar	4614	148	27	Ven	4645	179
28	Lun	4585	119	28	Mer	4615	149	28	Sam	4646	180
29	Mar	4586	120	29	Jeu	4616	150	29	Dim	4647	181
30	Mer	4587	121	30	Ven	4617	151	30	Lun	4648	182
				31	Sam	4618	152				





**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 :* William THUILLOT

*Directeur adjoint :* Alain VIENNE

**CORPS DES ASTRONOMES ET DES ASTRONOMES ADJOINTS**

*Astronomes :* William THUILLOT,  
Patrick ROCHER.

*Astronomes adjoints :* Pascal DESCAMPS,  
Daniel HESTROFFER,  
Agnès FIENGA,  
Valéry LAINEY.

**CORPS DES CHERCHEURS DU CNRS**

*Directeurs de recherche :* Jean-Eudes ARLOT,  
Jacques LASKAR.

*Chargés de recherche :* François COLAS,  
Alain ALBOUY,  
David SAUZIN,  
Philippe ROBUTEL,  
Benjamin LEVRARD.

**CORPS DES ENSEIGNANTS-CHERCHEURS  
DES UNIVERSITÉS**

*Professeurs :* Alain CHENCINER.

*Maîtres de conférences :* Laurent NIEDERMAN,  
Luc DURIEZ,  
Alain VIENNE,  
Jacques FEJOZ,  
Marc FOUCHARD.

**CORPS DES INGÉNIEURS ET TECHNICIENS DU CNRS**

*Ingénieurs de recherche :* Mickaël GASTINEAU,  
Jérôme BERTHIER,  
Frédéric VACHIER.

*Ingénieurs d'études :* Christian RUATTI,  
Alain MONTINTIN,  
Mirel BIRLAN,  
Julien LECUBIN,  
Hervé MANCHE.

*Assistant ingénieur :* Isabelle NICOLAS.

**CORPS DES INGÉNIEURS ET TECHNICIENS  
DE RECHERCHE ET DE FORMATION**

*Assistant ingénieur :* Sylvie LEMAÎTRE-POTTIER,  
Christian BAKABADIO.

*Techniciens :* Viviane RAOULT,  
Maryse MARTINEZ,  
Thérèse DEROUAZI,  
Philippe DUHAMEL,  
Luc TOUCHET.

**ÉTUDIANTS pour l'année 2008**

*Thésitifs :* Guillaume MORIN,  
Julien BODOSSIAN,  
Jocelyn COUETDIC,  
Serge MOURET,  
Josselin DESMARS,  
François FARAGO,  
Petr KUCHYNKA,  
Vincent ROBERT.

## BUREAU DES LONGITUDES

23, QUAI DE CONTI, 75006 PARIS

---

### Bureau pour l'année 2007

*Président* : François BARLIER

*Vice-Président* : André LEBEAU

*Secrétaire* : Pierre BAÜER

### MEMBRES TITULAIRES

Jean-François DENISSE (\*), membre de l'Académie des sciences.

Jean KOVALEVSKY (\*), membre de l'Académie des sciences.

Bernard GUINOT, astronome honoraire, observatoire de Paris, correspondant de l'Académie des sciences.

Charles FEHRENBACH (\*), membre de l'Académie des sciences.

Pierre GIACOMO, directeur honoraire du Bureau international des poids et mesures.

Roger CAYREL, astronome, observatoire de Paris.

Nicole CAPITAINE, astronome, observatoire de Paris.

Jean-Louis LE MOUËL, physicien, institut de physique du globe de Paris.

Suzanne DÉBARBAT, astronome titulaire honoraire, observatoire de Paris.

Jean-Paul POIRIER, physicien, institut de physique du globe de Paris.

Claude AUDOIN, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

François BARLIER, astronome honoraire, observatoire de la Côte d'Azur.

André LEBEAU, professeur, ancien président du CNES.

### MEMBRES EN SERVICE EXTRAORDINAIRE

Gilles BESSERO, directeur du Service hydrographique et océanographique de la Marine.

Marc PIERROT-DESEILLIGNY, directeur technique adjoint de l'Institut géographique national.

Stéphane JANICHEWSKI, directeur général délégué du CNES.

William THUILLOT (°), directeur de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

---

(\*) Au titre de l'Académie des sciences.

(°) Au titre de l'Observatoire de Paris

## MEMBRES CORRESPONDANTS

Marcel GOLAY, ancien directeur de l'observatoire de Genève.  
Jean-Claude PECKER, professeur au Collège de France.  
Pierre MERLIN, professeur, université de Paris VIII.  
Raymond MICHARD, astronome titulaire honoraire.  
André BERROIR, professeur, ancien directeur de l'INSU.  
Gilbert AMAT, professeur honoraire, université de Paris VI.  
Bernard SAINT-GUILY, ancien sous-directeur du laboratoire d'océanographie physique du Muséum national d'histoire naturelle.  
Michel LEFEBVRE, ingénieur honoraire, CNES.  
Pierre BAÜER, directeur de recherche au CNRS.  
Claude BOUCHER, ingénieur général des Ponts et Chaussées, membre permanent du conseil général des Ponts et Chaussées, chargé de mission au ministère de la Recherche.  
Jean CHAPRON, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.  
Jean-Claude DUPLESSY, directeur de recherche au CNRS, directeur du Centre des faibles radioactivités.  
Jean-Eudes ARLOT, directeur de recherche au CNRS, Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.  
François MIGNARD, directeur de recherche au CNRS, observatoire de la Côte d'Azur.  
Jacques HINDERER, directeur de recherche au CNRS, institut de physique du globe de Strasbourg.  
Viktor BRUMBERG, professeur, Institut d'astronomie appliquée, Saint-Pétersbourg.  
Jean-Claude HUSSON, président directeur général d'Alcatel Espace.  
Jean-Louis SIMON, astronome, Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.  
Georges BALMINO, ingénieur émérite, ancien directeur exécutif du GRGS, CNES.  
Michel CRÉPON, directeur de recherche au CNRS.  
Pascal WILLIS, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à l'IGN, mis à disposition de l'institut de physique du globe de Paris.  
Sylvio FERRAZ-MELLO, professeur, université de São Paulo.  
Elisa Felicitas ARIAS, physicienne, Bureau international des poids et mesures.  
Catherine TURON, astronome, observatoire de Paris.  
Christophe SOTIN, professeur, université de Nantes.  
José ACHACHE, directeur général adjoint scientifique, CNES.  
Catherine DE BERGH, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.  
Yves DESNOËS, ingénieur général de l'Armement.  
Frédéric PERRIER, professeur associé à l'institut de physique du globe de Paris.  
Frédérique RÉMY, directeur de recherche au CNRS.  
Chantal BALKOWSKI, astronome, observatoire de Paris.

**Secrétaire administratif :** Michel TELLIER



# ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

2 0 0 8

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 différentielles tangentielles aux heures les plus proches des elongations 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 basée sur le modèle numérique NOE (Numerical Orbit and Ephemerides) développé à l'IMCCE. Ce nouveau modèle dynamique et les éphémérides associées font l'objet du chapitre sept de la première partie.

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 330<sup>e</sup> d'une éphéméride qui a paru sans interruption depuis sa création.



37 euros

978-2-7598-0045-2

[www.edpsciences.org](http://www.edpsciences.org)

