

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

ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

CONNAISSANCE
DES TEMPS

2 0 1 4

edp sciences

BUREAU DES LONGITUDES

INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE
ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

OBSERVATOIRE DE PARIS

ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES 2014

CONNAISSANCE DES TEMPS

AUTRES PUBLICATIONS DU MÊME AUTEUR

Publications éditées par EDP Sciences

Annuaire du Bureau des longitudes. Guide de données astronomiques 2014.

Agenda astronomique pour 2014.

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 2014.

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

Suppléments à la Connaissance des Temps.

Phénomènes et configurations des satellites galiléens de Jupiter pour 2013.

Configurations des huit premiers satellites de Saturne pour 2013.

Le Calendrier Républicain (réédition en 1994).

L'astronomie au service de tous (2009).

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

Publications éditées par l'Observatoire de Paris

Promenade dans le système solaire (CD-ROM).

Les rendez-vous de Vénus (CD-ROM).

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

Vénus : le 8 juin 2004 (CD-ROM).

Dédié au passage de Vénus sur le disque du Soleil.

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

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

Pierre Baüer
Président du Bureau des longitudes

PRÉFACE

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

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

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

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

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

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

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

de fichiers électroniques accessibles à l'utilisateur.

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

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

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

D. Hestroffer

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

J-E. Arlot, M. Birlan

Responsables de la publication

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

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

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

LISTE DES ACRONYMES

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

ITRF	International Terrestrial Reference Frame
ITRS	International Terrestrial Reference System
JPL	Jet Propulsion Laboratory
KGRS	Kinematical Geocentric Reference System
LLR	Lunar Laser Ranging
LOD	Length of Day
MERIT	Monitoring of Earth Rotation and Inter-comparison of Techniques
NRO	Non Rotating Origin (origine non-tournante)
PFCN	Prograde Free Core Nutation
PPN	Paramètres post-newtoniens
PRT	Paramètres de rotation de la Terre
RRT	Repère de référence terrestre
SI	Système international d'unités
SIM	Space Interferometry Mission
SLR	Satellite Laser Ranging
SRT	Système de référence terrestre
TAI	Temps atomique international
TCB	Temps coordonnée barycentrique
TCG	Temps coordonné 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)
μ as	microseconde de degré ($10^{-6}''$)
μ s	microseconde (10^{-6} s)
ns	nanoseconde (10^{-9} s)

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

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

Les serveurs sur Internet

<http://www.imcce.fr>

<http://www.imcce.eu>

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

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

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

TABLE DES MATIÈRES

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

PREMIÈRE PARTIE : INTRODUCTION AUX ÉPHÉMÉRIDES I. 1

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. 9

1.4. Données concernant les corps du système solaire I. 16

1.5. Autres constantes et unités I. 31

1.6. Bibliographie. I. 34

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. 46

2.6. Le temps des éphémérides (TE ou ET, Ephemeris Time) I. 49

2.7. Les échelles de temps relativistes I. 50

2.8. Bibliographie I. 55

3. Systèmes de référence I. 63

3.1. Introduction aux systèmes de référence I. 63

3.2. Systèmes de référence relativistes I. 65

3.3. Systèmes de référence dynamiques I. 72

3.4. Le système de référence céleste international ICRS I. 80

3.5. Le système international de référence terrestre ITRS I. 86

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

DEUXIÈME PARTIE : ÉPHÉMÉRIDES POUR 2014	II. 1
Temps sidéral, nutation	II. 3
Temps sidéral, nutation en longitude et obliquité	II. 4
Angle de rotation de la Terre	II. 9
Angle de rotation de la Terre, équation des origines	II. 10
Système céleste intermédiaire	II. 15
Coordonnées du CIP X et Y, Angle s	II. 16
Soleil	II. 21
Longitude, latitude, rayon vecteur	II. 22
Ascension droite, déclinaison, temps de passage	II. 26
Coordonnées rectangulaires (X, Y, Z)	II. 30
Lune	II. 35
Ascension droite, déclinaison, distance	II. 36
Planètes principales	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
Pluton et astéroïdes	II. 91
Coordonnées géocentriques	II. 92
Pluton	II. 92
Cérès	II. 93
Pallas	II. 94
Junon	II. 95

Vesta	II. 96
Satellites de Mars	II. 97
Coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations Est	II. 98
Phobos	II. 98
Déimos	II. 106
Satellites de Jupiter	II. 109
Coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations	II. 110
Io	II. 110
Europe	II. 114
Ganymède	II. 116
Callisto	II. 117
Satellites de Saturne	II. 119
Coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations	II. 120
Mimas	II. 120
Encelade	II. 126
Téthys	II. 130
Dioné	II. 133
Rhéa	II. 135
Titan	II. 136
Hypériorion	II. 137
Japet	II. 137
Satellites d'Uranus	II. 139
Coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations	II. 140
Miranda	II. 140
Ariel	II. 144
Umbriel	II. 147
Titania	II. 149
Obéron	II. 150
Calendrier	II. 151
Composition de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides	II. 155
Composition du Bureau des longitudes	II. 158

PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION AUX ÉPHÉMÉRIDES

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

CHAPITRE 1

DÉFINITIONS ET DONNÉES ASTRONOMIQUES

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

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) ;
- IERS 2009/2012, le système de constantes astronomiques publiées dans le rapport du groupe de travail sur les standards numériques en astronomie fondamentale de l'UAI (Luzum et al. 2011) complété par la résolution B2 de l'UAI2012 concernant la redéfinition de l'unité astronomique ;

- Seidelmann et al. 2002, 2005, 2007, les données publiées par le *groupe de travail* commun à l'UAI et à l'Association internationale de géodésie (IAG, International Association of Geodesy) sur les coordonnées cartographiques et les éléments rotationnels des planètes et des satellites ;
- Fukushima 2000, les propositions du *groupe de travail* de l'UAI sur les constantes astronomiques ;

1.2. SYSTÈMES D'UNITÉS

1.2.1. Système fondamental

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

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

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

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

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

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

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

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

Unité de masse : le kilogramme est l'unité de masse ; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme (1^{er} CGPM, 1889 et 3^e CGPM, 1901). Ce prototype international en platine iridié est conservé au Bureau international des poids et mesures.

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^e 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 2×10^{-7} newton par mètre de longueur (CIPM, 1946 et 9^e 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^e 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^e 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 540×10^{12} hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est $1/683$ watt par stéradian (16^e 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^e CGPM, (1995). Ces unités sont désormais interprétées comme unités dérivées sans dimension.

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

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

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

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

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

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

1.2.2. Système UAI d'unités astronomiques

Unités de base

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

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

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

Définitions

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

L’unité de masse est la masse du Soleil.

Une nouvelle définition a été adoptée pour l’unité astronomique par la Résolution B2 de l’UAI en 2012. Par cette définition l’unité astronomique est une unité conventionnelle de longueur égale à 149 597 870 700 m exactement.

La définition antérieure de l’unité de longueur l’établissait comme étant 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 ⁽¹⁾.

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 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 lumière est le trajet parcouru par la lumière pendant une année julienne dans un espace-temps vide de matière.

Unités en mécanique céleste relativiste

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

⁽¹⁾ La valeur de k , adoptée par l’UAI en 1938 (UAI, 1939) est de $k=0.017\,202\,098\,95$.

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_G et L_B .

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

1.3. LE SYSTÈME UAI DE CONSTANTES ASTRONOMIQUES

1.3.1. Origine des temps

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

L'époque standard a été définie pour l'UAI 1976, comme le premier janvier 2000 à 12 heures de l'échelle de temps utilisée (*cf.* chapitre 2). Elle correspond au début du jour julien 2 451 545.0, et est désignée par J2000.0 (UAI, 1977). Dans la suite de cet ouvrage, nous la noterons J2000. Par définition, le début d'une année julienne est séparé de l'époque standard par un nombre entier d'années juliennes. Ainsi, le début de l'année julienne 1995, désigné par 1995.0, correspond au jour julien $2\,451\,545.0 - 5 \times 365.25 = 2\,449\,718.75$, soit le 1 janvier 1995 à 6 heures.

1.3.2. Valeurs des constantes astronomiques

La table 1.6 fournit les valeurs des constantes astronomiques dans le système UAI 2009/2012 et dans les systèmes IERS2003 et IERS2010.

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 2009 et UAI 2012, et les éphémérides DE405/LE405 (Standish, 1998).

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 en général très mal déterminées. À titre indicatif les masses des trois plus gros astéroïdes données dans le système UAI 2009 et UAI 2012 sont, exprimées en masse solaire :

$$4.72 \times 10^{-10} \pm 3 \times 10^{12} \text{ pour Cérés}$$

$$1.03 \times 10^{-10} \pm 3 \times 10^{12} \text{ pour Pallas}$$

$$1.35 \times 10^{-10} \pm 3 \times 10^{12} \text{ pour Vesta}$$

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 2009 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 ; λ , φ 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 astronomiques dans les systèmes de l'UAI 2009/2012 et IERS 2003/2010.

	UAI 2009/2012	IERS 2003/2010
Constante naturelle		
Vitesse de la lumière, c	299 792 458 m s ⁻¹	
Constantes auxiliaires		
Unité astronomique, ua	149 597 870 700 m	
1-d(TT)/d(TCG), L_G	$6.969\,290\,134 \times 10^{-10}$	
1-d(TDB)/d(TCB), L_B	$1.550\,519\,768 \times 10^{-8}$	
TDB-TCB à T_0 , TDB_0	-6.55×10^{-5}	
ERA à J2000, θ_0	0.779 057 273 2640 rev.	
Taux de variation ERA, $d\theta/dt$	1.002 737 811 911 354 48 rev. (jour UT1) ⁻¹	
Constante mesurable		
Constante de la gravitation, G	$6.674\,28 \times 10^{-11} \pm 67 \times 10^{-16}$ m ³ kg ⁻¹ s ⁻²	
Autres constantes		
Valeur moyenne de 1-d(TCG)/d(TCB), L_C	$1.480\,826\,867\,41 \times 10^{-8} \pm 2 \times 10^{-17}$	
Constante héliocentrique de la gravitation, GS	$1.327\,124\,420\,99 \times 10^{20} \pm 1 \times 10^{10}$ m ³ s ⁻² (TCB) $1.327\,124\,400\,41 \times 10^{20} \pm 1 \times 10^{10}$ m ³ s ⁻² (TDB)	
Rayon équatorial de la Terre, R		6 378 136.6 ± 0.1 m
Facteur d'ellipticité géopotentiel de la Terre, J_2		0.001 082 6359 ± 1 × 10 ⁻¹⁰
Vitesse de changement du facteur d'ellipticité de la Terre, \dot{J}_2	$-3.0 \times 10^{-9} \pm 6 \times 10^{-10}$ cycles ⁻¹	
Constante géocentrique de la gravitation, GM	$3.986\,004\,418 \times 10^{14}$ m ³ s ⁻² ± 8 × 10 ⁵ (TCB) $3.986\,004\,415 \times 10^{14}$ m ³ s ⁻² ± 8 × 10 ⁵ (TT) $3.986\,004\,356 \times 10^{14}$ m ³ s ⁻² ± 8 × 10 ⁵ (TDB)	
Potentiel de gravité à la surface du géoïde, W		62 636 856.0 ± 0.5 m ² s ⁻²
Vitesse angulaire moyenne de rotation de la Terre, ω		7.292 115 × 10 ⁻⁵ rad s ⁻¹ (TT)
Obliquité de l'écliptique pour J2000, ε_0	23° 26' 21".406 ± 0".001	23° 26' 21".4059 ± 0".003
Temps de lumière pour l'unité de distance, τ_A	499.004 782 s	499.004 783 8061 ± 2 × 10 ⁻⁸ s

Table 1.6. (fin).

	UAI 2009/2012	IERS 2003/2010
Rapport de la masse de la Lune à la masse de la Terre, μ	$0.012\,300\,0371 \pm 4 \times 10^{-10}$	$0.012\,300\,0383 \pm 5 \times 10^{-10}$
Masse du Soleil, $GS/G = S$	1.9884×10^{30} kg	
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	
Aplatissement de la Terre, f	$0.003\,352\,81 = 1/298.257$	$1/298.256\,42 \pm 1/0.00001$
Constante de la précession par siècle julien pour J2000, p	$5\,028''.796\,195(\text{TDB})$	
Constante de la nutation pour J2000, N_0	$9''.2052331$	
Parallaxe solaire, $\pi_0 = \arcsin(R/A)$	$8''.794\,148$	
Constante de l'aberration pour J2000, κ	$20''.495\,52$	

Table 1.7. Rapport de la masse du Soleil aux masses des planètes principales dans les systèmes UAI 2009 (Luzum et al, 2011), UAI 2012 et DE421. Les valeurs numériques entre parenthèses donnent les erreurs estimées.

	UAI2009 – UAI2012	DE421
Mercuré	6 023 600(300)	6 023 597.400
Vénus	408 523.719(8)	408 523.719
Terre	332 946.048 7(7)	332 946.048 166
Lune		27 068 703.185 436
Mars	3 098 703.59(2)	3 098 703.590
Jupiter + satellites galiléens	1 047.348 644(2)	1 047.3486
Saturne + satellites	3 497.9018(1)	3 497.902
Uranus + satellites	22 902.98(3)	22 902.982
Neptune + satellites	19 412.26(3)	19 412.237
(134 340) Pluton + satellites	136 566 000(28 000)	135 836 683.768
(136 199) Eris	119 100 000(1 400 000)	

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

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

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

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

⁽¹⁾ 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); EGM 2008 (b); Konopliv et al. 2006 (c); Jacobson 2001 (d); Campbell et Anderson 1989 (e); Owen et al. 1991 (f);	
Vénus			
J ₂		+ 0.000 006	(a)
Terre			
J ₂	+ 0.001 082 63	+ 0.001 082 6355	(b)
J ₃	- 0.000 002 54	- 0.000 002 5324	(b)
J ₄	- 0.000 001 61	- 0.000 001 6199	(b)
Mars			
J ₂	+ 0.001 964	+ 0.001 9566	(c)
J ₃	+ 0.000 036	+ 0.000 0315	(c)
J ₄		- 0.000 0154	(c)
C ₂₂	- 0.000 055	- 0.000 0546	(c)
S ₂₂	+ 0.000 031	+ 0.000 0316	(c)
S ₃₁	+ 0.000 026	+ 0.000 0272	(c)
Jupiter			
J ₂	+ 0.014 75	+ 0.014 7350	(d)
J ₃		+ 0.000 0002	(d)
J ₄	- 0.000 58	- 0.000 5888	(d)
J ₆		+ 0.000 0278	(d)
Saturne			
J ₂	+ 0.016 45	+ 0.016 290.71	(e)
J ₄	- 0.001 0	- 0.000 935.83	(e)
J ₆		+ 0.000 086.14	(e)
Uranus			
J ₂	+ 0.012	+ 0.003 339	(a)
J ₄		- 0.000 032	(a)
Neptune			
J ₂	+ 0.004	+ 0.003 41	(f)
J ₄		- 0.000 03	(f)

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

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

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

1.4. DONNÉES CONCERNANT LES CORPS DU SYSTÈME SOLAIRE

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

Nous donnons dans la table 1.12 les éléments orbitaux des planètes principales et de Pluton⁽¹⁾ pour les variables a (demi-grand axe de l'orbite), λ (longitude moyenne), k ($e \cos \varpi$, où e est l'excentricité de l'orbite et ϖ , 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 Ω 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 et al. (2013) pour Pluton ; on peut les considérer comme des valeurs moyennes sur l'intervalle de temps [J2000–6000, J2000+6000] pour les planètes principales et sur [J2000–1000, J2000+1000] pour Pluton.

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

Planète	a (ua)	λ (degrés)	k	h	q	p
Mercuré	0.387 098 31	252.250 905 52	0.044 660 60	0.200 723 31	0.040 615 63	0.045 635 50
Vénus	0.723 329 82	181.979 800 85	–0.004 492 82	0.005 066 85	0.006 824 10	0.028 822 86
Terre	1.000 001 02	100.466 456 83	–0.003 740 82	0.016 284 48	0	0
Mars	1.523 679 34	355.432 999 58	0.085 365 60	–0.037 899 73	0.010 470 43	0.012 284 49
Jupiter	5.202 603 21	34.351 518 74	0.046 985 75	0.012 003 88	–0.002 065 60	0.011 183 75
Saturne	9.554 909 19	50.077 444 30	–0.002 959 99	0.055 429 61	–0.008 717 47	0.019 891 48
Uranus	19.218 446 06	314.055 005 11	–0.045 951 32	0.005 637 91	0.001 859 15	0.006 486 17
Neptune	30.110 386 87	304.348 665 48	0.005 999 78	0.006 692 42	–0.010 291 48	0.011 516 84
Pluton	39.544 617 14	238.663 915 15	–0.178 738 96	–0.173 404 72	–0.051 702 31	0.139 779 92

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Table 1.14. Éléments orbitaux des satellites découverts avant 1990.

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

Table 1.14. (suite).

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

Table 1.14. (fin).

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

(e) Équateur de la planète.

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

(²) Analyse d’observations de 1981 de Voyager 2.

(³) Équateur céleste J2000.

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

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

(⁶) Équateur céleste J2000. Éléments moyens sur 50 ans.

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

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

1.4.2. Éléments osculateurs des satellites découverts après 1990

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

Ces variables sont : a (la demi-grand axe de l’orbite), e (l’excentricité), I (l’inclinaison de l’orbite du satellite par rapport à l’écliptique J2000), ω (l’argument de la latitude du périhélie), Ω (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 (10^3 km)	e	I (degrés)	ω (degrés)	Ω (degrés)	P (jours)	Année	Date (0h TT)	Référence
Jupiter										
Thémisto	XVIII	7 398	0.206	45.38	238.86	202.12	130.00	2000	1/04/01	M2000-Y16
Carpo	XLVI	17 056	0.295	55.15	83.28	45.26	455.07	2003	10/06/03	M2003-G67
Euporia	XXXIV	19 456	0.128	145.70	87.45	67.56	554.43	2001	22/11/02	M2003-C53
Jocaste	XXIV	20 424	0.389	150.37	80.01	271.32	596.29	2000	18/10/01	M2001-W07
Thyoné	XXIX	20 770	0.283	148.29	86.28	244.59	611.52	2001	22/11/02	M2002-V06
Mnémé	XL	20 823	0.223	148.51	62.18	19.66	613.88	2003	27/12/03	M2004-B42
Harpalycé	XXII	20 836	0.165	147.31	129.87	39.97	614.45	2000	18/10/01	M2001-U21
Hélicé	XLV	20 923	0.157	156.12	285.54	100.93	618.28	2003	10/06/03	M2003-E29
Euanthé	XXXIII	20 983	0.143	146.03	314.60	268.85	620.96	2001	22/11/02	M2003-A23
Hermippé	XXX	21 048	0.248	149.78	304.58	347.22	623.84	2001	22/11/02	M2002-V06
Orthosia	XXXV	21 263	0.240	141.95	223.56	222.85	633.44	2001	10/06/03	M2003-D36
Praxidicé	XXVII	21 342	0.096	146.76	209.67	285.15	636.96	2000	18/10/01	M2002-A27
Thelxinoé	XLII	21 317	0.238	150.96	318.61	192.31	635.82	2003	27/12/03	M2004-B82
Aetna	XXXI	22 274	0.311	164.34	129.90	21.51	679.15	2001	22/11/02	M2002-V18
Calé	XXXVII	22 301	0.325	164.79	37.55	65.33	680.35	2001	10/06/03	M2003-E14
Callichoré	XLIV	22 335	0.223	163.87	17.05	40.65	681.94	2003	10/06/03	M2003-E29
Taygète	XX	22 350	0.184	164.21	241.11	313.31	682.59	2000	18/10/01	M2001-T59
Chaldéné	XXI	22 452	0.266	166.59	282.54	148.71	687.29	2000	18/10/01	M2001-T59
Calycé	XXIII	22 623	0.377	165.14	216.58	38.72	695.16	2000	18/10/01	M2001-U21
Hersé	L	23 035	0.199	164.16	355.68	329.01	714.23	2003	10/06/03	M2009-S76
Mégaclyté	XIX	23 464	0.601	151.81	302.27	304.61	734.26	2000	18/10/01	M2001-T59
Callirrhé	XVII	23 498	0.206	143.49	56.96	282.84	767.94	1999	1/04/01	M2001-Y16
Cylléné	XLVIII	23 545	0.412	141.01	208.38	258.94	738.07	2003	10/06/03	M2003-G09
Arché	XLIII	23 712	0.149	164.59	190.35	353.53	745.94	2002	14/07/04	M2004-D43
Pasithée	XXXVIII	23 780	0.280	165.57	266.26	339.05	749.17	2001	10/06/03	M2003-F59
Isonoé	XXXVI	23 795	0.296	165.88	145.64	149.81	749.88	2000	18/10/01	M2002-A12
Eurydomé	XXXII	23 831	0.326	150.43	254.92	306.71	751.57	2001	22/11/02	M2003-A21
Aoidé	XLI	24 010	0.519	160.66	104.71	200.60	760.08	2003	27/12/03	M2004-B43
Erinomé	XXV	24 062	0.192	162.95	355.99	321.69	762.55	2000	18/10/01	M2001-W33
Spondé	XXXVI	24 356	0.483	155.09	81.02	128.13	776.52	2001	10/06/03	M2003-E05
Autonoé	XXVIII	24 413	0.459	152.06	57.62	273.23	779.27	2001	22/11/02	M2002-V03
Hégémoné	XXXIX	24 448	0.264	152.62	235.38	327.61	780.96	2003	10/06/03	M2003-E24
Eukéladé	XLVII	24 491	0.345	163.38	344.76	218.73	783.03	2003	10/06/03	M2003-E29
Coré	XLIX	24 974	0.222	140.89	124.42	339.81	806.29	2003	10/06/03	M2003-G10
S/2000 J 11		12 623	0.215	28.55	178.02	290.87	289.73	2000	1/04/01	M2001-A29
S/2003 J 2		28 494	0.380	151.83	167.11	4.73	982.61	2003	10/06/03	M2003-E11
S/2003 J 3		18 291	0.241	143.73	98.23	240.36	505.36	2003	10/06/03	M2003-E11
S/2003 J 4		23 196	0.204	144.86	193.98	190.71	721.71	2003	10/06/03	M2003-E11
S/2003 J 5		24 020	0.210	165.01	122.05	198.68	760.51	2003	10/06/03	M2003-E11
S/2003 J 9		22 382	0.269	164.46	327.85	61.47	684.05	2003	10/06/03	M2003-E29
S/2003 J 10		24 185	0.214	164.09	185.20	173.41	768.36	2003	10/06/03	M2003-E29
S/2003 J 12		18 952	0.376	145.76	23.36	62.94	532.99	2003	10/06/03	M2003-E29
S/2003 J 15		22 012	0.113	140.85	41.58	243.05	667.17	2003	10/06/03	M2003-G17
S/2003 J 16		20 434	0.269	148.62	82.43	23.62	596.76	2003	10/06/03	M2003-G18

Table 1.15. (suite).

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

Table 1.15. (fin).

Nom	N°	a (10^3 km)	e	I (degrés)	ω (degrés)	Ω (degrés)	P (jours)	Année	Date (0h TT)	Référence
Saturne										
Polydeuces	XXXIV							2004		IAUC 8432
S/2004 S 3		140.58					0.621	2004		IAUC 8432
S/2004 S 4								2004		IAUC 8401
S/2004 S 7		20 577	0.554	165.60	100.47	346.26	1 101.99	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 12		19 906	0.396	164.04	96.53	313.62	1 048.54	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 13		18 056	0.261	167.38	6.32	221.46	905.85	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 17		19 099	0.226	166.88	175.79	19.99	985.45	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2006 S 1		18 930	0.130	154.23	138.79	340.70	972.41	2006	26/06/06	M2006-M45
S/2006 S 3		21 076	0.471	150.82	190.86	220.51	1142.37	2006	26/06/06	M2006-M45
S/2007 S 2		16 523	0.218	176.68	62.04	113.11	792.96	2007	10/04/07	M2007-J09
S/2007 S 3		19 179	0.151	177.01	284.03	96.94	991.66	2007	10/04/07	M2007-J09
S/2009 S 1		117						2009		IAUC 9091
Uranus										
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
Neptune										
Halimède	IX	16 560	0.260	111.77	156.94	217.40	1 874.35	2002	10/06/03	M2003-R18
Sao	XI	22 277	0.137	52.74	63.92	61.84	2 924.44	2002	27/12/03	M2003-S67
Laomédie	XII	22 553	0.416	39.56	138.05	53.57	2 978.81	2002	27/12/03	M2003-S106
Néso	XIII	47 153	0.605	139.31	89.77	52.17	9 005.57	2002	27/12/03	M2003-S107
Psamathee	X	49 281	0.268	124.23	126.76	319.63	9 622.07	2003	10/06/03	M2003-R19
S/2004 N 1		105					0.95	2004		CBET 3586
Pluton										
Nix	II	49.4					25.3	2005		IAUC 8625
Hydre	III	64.7					38.2	2005		IAUC 8625
Kerberos	IV	59					32.1	2011		IAUC 9221
Styx	V	42					20.2	2012		IAUC 9253

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

Planètes, Systèmes planétaires et petites planètes	m		Gm ($\text{m}^3 \text{s}^{-2}$)	ρ (10^3 kg/m^3)	T (K)	Albédo	
	(masse solaire)	(10^{24} 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	7.3964×10^{-9}	0.014 71	9.816×10^{11}			0.145	0.3
Pluton	6.663×10^{-9}	0.013 25	8.843×10^{11}	1.9			

1.4.3. Paramètres physiques

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

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

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

Nom	R_p (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 ⁽¹⁾	66 854					69 911	1.409 577	197.166
Saturne ⁽¹⁾	54 364					58 232	0.422 04	70.027
Uranus ⁽¹⁾	24 973					25 362	0.064 4663	25.223
Neptune ⁽¹⁾	24 341					24 622	0.076 05	30.71
Pluton	1 195					1 195		

⁽¹⁾ Le rayon à une surface de pression 10^5 Pa.

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

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

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

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

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

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

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

Table 1.18. Masses des principaux satellites.

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

Table 1.18. (fin).

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

Table 1.19. Demi-diamètres a_s, a_1, a_2, a_3 ; masse ; masse volumique, ρ ; 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)	ρ (10^3 kg/m ³)	m_v	Albédo géométrique
Terre							
Lune		1737.4±1	1737.4 - 1737.4 - 1737.4	73.476	3.34	-12.7	0.12
Mars							
Phobos	I	11.1±0.15	13.4 - 11.2 - 9.2	1.02×10^{-5}	2.22	11.6	0.06
Déimos	II	6.2±0.18	7.5 - 6.1 - 5.2	2.25×10^{-6}	1.8	12.7	0.06
Jupiter							
Métis	XVI	21.5±4	30 - - 20	9.5×10^{-5}	2.3	17.5	0.05
Adrastéia	XV	8.2±4	10 - 8 - 7	1.9×10^{-5}	8.2	18.9	0.05
Amalthée	V	83.5±3	125 - 73 - 64	7.2×10^{-3}	3.0	14.1	0.05
Thébé	XIV	49.3±4	58 - 49 - 42	7.6×10^{-4}	1.5	15.7	0.04
Io	I	1821.46	1829.4 - 1819.3 - 1815.7	89.3	3.53	5.02	0.61
Europe	II	1562.09	1564.13 - 1561.23 - 1560.93	48.0	3.00	5.29	0.64
Ganymède	III	2632.345	2632.4 - 2632.29 - 2632.35	148.2	1.94	4.61	0.42
Callisto	IV	2409.3	2409.4 - 2409.2 - 2409.3	107.6	1.84	5.65	0.20
Léda	XIII	5		5.7×10^{-6}	11	20	
Himalia	VI	85±10		9.5×10^{-3}	3.7	14.8	0.03
Lysithéa	X	12		7.6×10^{-5}	10.5	18.4	
Elara	VII	40±10		7.6×10^{-4}	2.8	16.8	0.03
Ananké	XII	10		3.8×10^{-5}	9.1	18.9	
Carmé	XI	15		9.5×10^{-5}	6.7	18.0	
Pasiphaé	VIII	18		1.9×10^{-4}	7.8	17.0	
Sinopé	IX	14		7.6×10^{-5}	6.6	18.3	
Saturne							
Anneau C				9.7×10^{-4}			
Anneau B				2.4×10^{-2}			
Anneau A				6.3×10^{-3}			
Pan	XVIII	10±3					0.4-0.7
Atlas	XV	16±4	18.5 - 17.2 - 13.5			18	0.4
Prométhée	XVI	50.1±3	74.0 - 50.0 - 34.0			15	0.6
Pandore	XVII	41.9±2	55.0 - 44.0 - 31.0			15.5	0.6
Épiméthée	XI	59.5±3	69.0 - 55.0 - 55.0			15	0.4
Janus	X	88.8±4	97.0 - 95.0 - 77.0			14	0.4
Mimas	I	198.6±0.6	209.1 - 196.2 - 191.4	0.0455	1.4	12.9	0.77
Encelade	II	249.4±0.3	256.3 - 247.3 - 244.6	0.074	1.1	11.7	1.04
Téthys	III	529.8±1.5	535.6 - 528.2 - 525.8	0.674	1.1	10.3	0.8
Télesto	XIII	11±4	15 - 12.5 - 7.5			18	0.6
Calypso	XIV	9.5±4	15.0 - 8.0 - 8.0			18.5	0.8
Dioné	IV	560±5	560 - 560 - 560	1.052	1.4	10.4	0.55
Hélène	XII	16	17.5 - - -			17	0.5

Table 1.19. (fin).

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

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

1.5. AUTRES CONSTANTES ET UNITÉS

1.5.1. Système de référence galactique

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

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

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

Les coordonnées équatoriales héliocentriques du centre galactique sont :

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

et la longitude galactique du pôle céleste nord vaut :

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

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 (θ_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 (θ_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 θ_0 adoptées vaut :

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

1.5.3. Système de référence extragalactique

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

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

1.5.4. Valeurs estimées de quantités dynamiques

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

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

Bien que le paramètre α 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 β et γ 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 :

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

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 (γ), est une unité utilisée pour exprimer l'intensité du champ magnétique. On a :

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

L'atmosphère

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

L'inch

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

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

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

Le jansky

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

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

1.6. BIBLIOGRAPHIE

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

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

- Jacobson, R.A., Campbell, J.K., et al. : 1992, The masses of Uranus and its major satellites from Voyager tracking data and Earth-based Uranian satellite data, *Astron. J.* **103**, 2068.
- Jacobson, R.A., Riedel, J.E., Taylor, A.H. : 1991, The orbits of Triton and Nereid from spacecraft and Earth-based observations, *Astron. Astrophys.* **247**, 565.
- Jacobson, R.A. : 2001, The Gravity Field of the Jovian System and the Orbits of the Regular Jovian Satellites, *Bull. Amer. Astron. Soc.* **33**, 1039.
- Jacobson, R.A., Antreasian, P., Bordi, J.J., et al. : 2006, The Gravity Field of the Saturnian System from Satellite Observations and Spacecraft Tracking Data *Astron. J.* **132**, 2520.
- Jacobson, R.A., Spitale, J., Porco, C.C., et al. : 2008, Revised Orbits of Saturn's Small Inner Satellites, *Astron. J.* **135**, 261.
- Jacobson, R.A. : 2009, The Orbits of the Neptunian Satellites and the Orientation of the Pole of Neptune, *Astron. J.* **137**, 4322.
- Johnson, T., Becklin, E.E., et al. : 1979, Jupiter, *Circ. UAI* **3338**.
- Kerr, F.J., Lynden-Bell, D. : 1986, Review of galactic constants, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **221**, 1023.
- Konopliv, A.S., Yoder, C.F., Standish, E.M., et al. : 2006, A global solution for the Mars static and seasonal gravity, Mars orientation, Phobos and Deimos masses, and Mars ephemeris *Icarus* **128**, 23.
- Laskar, J., Jacobson, R.A. : 1987, GUST86. An analytical ephemeris of the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.* **188**, 212.
- Lainey, V., Dehant, V., Pätzold, M. : 2007, First numerical ephemerides of the Martian moons, *Astron. Astrophys.*, **465**, 1075.
- Lainey, V., Duriez, V., Vienne, A. : 2004, New accurate ephemerides for the Galilean satellites of Jupiter. I. Numerical integration of elaborated equations of motion, *Astron. Astrophys.*, **420**, 1171.
- Lieske, J.H. : 1980, Improved ephemerides of the Galilean satellites, *Astron. Astrophys.* **82**, 340.
- Lieske, J.H. : 1987, Galilean satellites evolution : observational evidence for secular changes in mean motions, *Astron. Astrophys.* **176**, 146.
- Luzum, B., Capitaine, N., et al. : 2011, The IAU 2009 system of astronomical constants : the report of the IAU working group on numerical standards for Fundamental Astronomy, *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, **110**, 293.
- Melbourne, W., Anderle, R., et al. : 1983, Project MERIT standards, *U.S. Naval Observatory, Circ.* **167**.
- Moisson, X., Bretagnon, P. : 2001, Analytical planetary solution VSOP2000, *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, **80**, 205.
- Murray, C.A. : 1989, The transformation of coordinates between the systems of B1950.0 and J2000.0 and the principal galactic axes referred to J2000.0, *Astron. Astrophys.* **218**, 325.
- Nicholson, P.D., Cooke, M.L., et al. : 1990, Five stellar occultations by Neptune : further observations of ring arcs, *Icarus* **87**, 1.
- Nicholson, P.D., Matthews, K. : 1991, Near-infrared observations of the Jovian ring and small satellites, *Icarus* **93**, 331.

- Null, G.W., Owen, W.M., Synnott, S.P. : 1993, Masses and densities of Pluto and Charon, *Astron. J.* **105**, 2319.
- Oberti, P., Vienne, A. : 2003, An upgraded theory for Helene, Telesto, and Calypso, *Astron. Astrophys.* **397**, 353.
- Owen, W.M., Synnott, S.P. : 1987, Orbits of the ten small satellites of Uranus, *Astron. J.* **93**, 1268.
- Owen, W.M., Vaughan, R.M., Synnott, S.P. : 1991, Orbits of the six new satellites of Neptune, *Astron. J.* **101**, 1511.
- Pascu, D., Panossian, S.P., et al. : 1992, B, V photometry of Thebe (JXIV), *Icarus* **98**, 38.
- Rocher, P. : 1996, Communication privée.
- Seidelmann, P.K., Fukushima, T. : 1992, Why new time scales?, *Astron. Astrophys.* **265**, 833.
- Seidelmann, P.K., Abalakin, V.K., et al. : Report of the IAU/IAG working group on cartographic coordinates and rotational elements of the planets and satellites : 2002, *Celest. Mech.* **82**, 83.
- Seidelmann, P.K., Archinal, B.A., et al. : Report of the IAU/IAG working group on cartographic coordinates and rotational elements of the planets and satellites : 2006, *Celest. Mech.* **98**, 155.
- Showalter, M.R., Cuzzi, J.N., et al. : 1986, Satellite “wakes” and the orbit of the Encke gap moonlet, *Icarus* **66**, 297.
- Showalter, M.R. : 1990, Saturn, *Circ. UAI* **5052**.
- Simon, J.-L., Francou, G., Fienga, A., Manche, H. : 2013, New analytical planetary theories VSOP2013 and TOP2013, *Astron. Astrophys.* **577**, A49.
- Simon, J.-L., Bretagnon, P., et al. : 1994, Numerical expressions for precession formulae and mean elements for the Moon and the planets, *Astron. Astrophys.* **282**, 663.
- Smith, B.A., Soderblom, L., et al. : 1981, A new look at the Saturn system : the Voyager 2 images, *Science* **212**, 163.
- Standish, E.M. : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides DE405/LE405, JPL IOM **312.F**, 98.
- Stone, E.C., Miner, E.D. : 1982, Voyager 2 encounter with the Saturnian system, *Science* **215**, 499.
- Synnott, S.P. : 1984, Orbits of the small inner satellites of Jupiter, *Icarus* **58**, 178.
- Synnott, S.P., Peters, et al. : 1981, Orbits of the small satellites of Saturn, *Science* **212**, 191.
- Synnott, S.P., Terrile, R.J., et al. : 1983, Orbits of Saturn’s F ring and its shepherding satellites, *Icarus* **53**, 156.
- Tholen, D.J., Buie, M.W. : 1990, Further analysis of Pluto-Charon mutual event observations - 1990, *BAAS* **22**, 1129.
- Tholen, D.J., Buie, M.W. : 1997, The orbit of Charon.I. New Hubble Space telescope observations, *Icarus* **125**, 245.
- Tholen, D.J., Buie, M.W., et al. : 2008, Masses of Nix and Hydra, *Astron. J.* **135**, 777.
- Tholen, D.J., Zellner, B. : 1983, Eight-color photometry of Hyperion, Iapetus and Phoebe, *Icarus* **53**, 341.
- Thomas, P., Weitz, C., Veverka, J. : 1989, Small satellites of Uranus : disk integrated photometry and estimated radii, *Icarus* **81**, 92.
- Thuillot, W., Vu, D.T. : 1986, Excentricités et inclinaisons moyennes des orbites des satellites galiléens de Jupiter, *Notes scientifiques et techniques du Bureau des longitudes* **S009**.

- Tyler, G.L., Eshleman, V.R., et al. : 1982, Radio science with Voyager 2 at Saturn : atmosphere and ionosphere and the masses of Mimas, Tethys and Iapetus, *Science* **215**, 553.
- Tyler, G.L., Balmino, G., et al. : 2003, USA_NASA_JPL_MORS_1021, (http://pds-geosciences.wustl.edu/geodata/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.
- UAI : 2006, Resolutions of the twenty-sixth General Assembly, *IAU Information Bull.* **98**.
- Vienne, A., Duriez, L. : 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.*, **297**, 588.
- Will, C. M. : 2006, The Confrontation between General Relativity and Experiment, (<http://relativity.livingreviews.org/Articles/lrr-2006-3/>).
- Young, L.A., Olkin, C.B., et al. : 1994, The Charon-Pluto mass ratio from MKO astrometry, *Icarus* **108**, 186.
- Yuan, D-N., Sjogren, W.L. et al. 2001, Gravity Field of Mars : A 75th Degree and Order Model, *J. Geoph. Res.*, **106**, **E10**.

CHAPITRE 2

ÉCHELLES DE TEMPS

F. MIGNARD

2.1. INTRODUCTION. LE TEMPS ET LES ASTRONOMES

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

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

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

2.2. ÉVOLUTION DES ÉCHELLES DE TEMPS

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

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

Table 2.1. Évolution des échelles de temps.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

où A et B sont des constantes. E , appelé *équation du temps*, est la somme de l’*équation du centre* de période un an due à l’excentricité de l’orbite terrestre, de la *réduction à l’équateur* de période six mois due à l’obliquité de l’écliptique sur l’équateur et des inégalités du temps sidéral (angle horaire du point vernal γ) 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 τ 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 τ . Or τ 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 1×10^{-14} , atteignant même avec les horloges à fontaine à atomes froids (Allemagne, États-Unis, France) des valeurs de 1×10^{-15} . Ces nouvelles

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

2.4.2. Réalisation du Temps atomique international

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

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

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

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

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

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

2.4.3. Uniformité du TAI

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

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

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 l'introduction d'une seconde intercalaire, imposant des mises à jour de tables dans des programmes informatiques. De plus certains systèmes automatiques ne sont pas en mesure d'intégrer ces sauts.

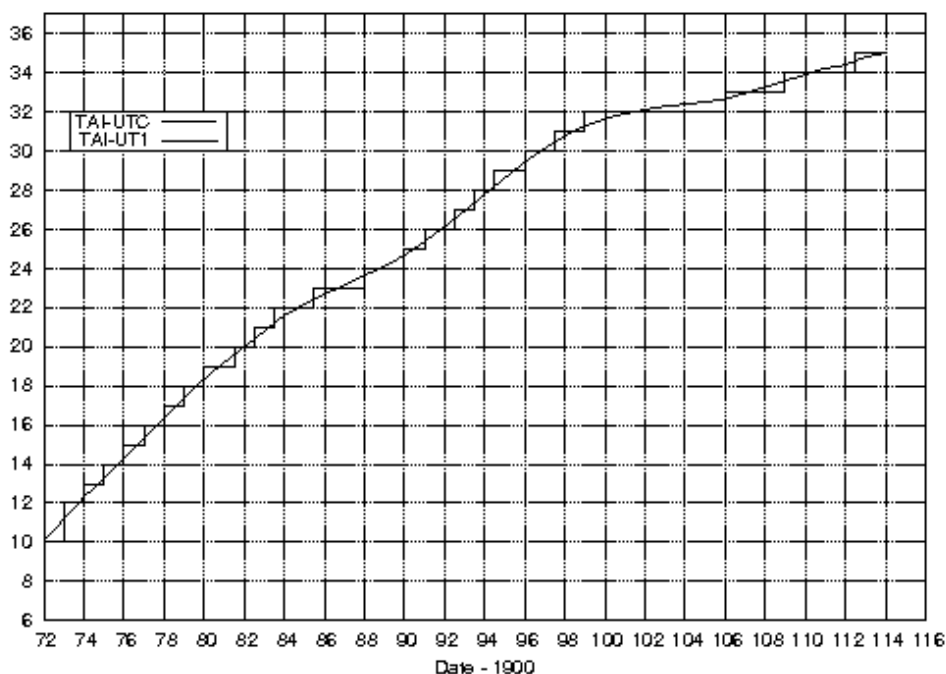
Cependant l'idée de remplacer l'UTC actuel par une échelle continue sans relation à long terme avec le temps solaire moyen ne fait pas l'unanimité, bien que le tendance soit vers une suppression des sauts de seconde avec un décalage de plusieurs années entre la décision et sa mise en œuvre. En France,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

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

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

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

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

**Fig. 2.1.** Différence TAI – UTC et différence observée TAI – UT1, en secondes, de 1972 à 2014.

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 :

$$T = 0 \text{ soit } L_0 = 279^\circ 41' 48''.04 = 279.696\,677\,77.$$

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 δ_{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 ($c = 299\,792\,458 \text{ ms}^{-1}$). À 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^α ; 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 τ de l'horloge sur sa ligne d'Univers. Le TAI d'un autre côté est construit pour être une coordonnée de repérage temporel mais ne coïncide pas avec le x^0/c de la métrique ci-dessus. Le raccordement entre les échelles TCB, TCG et le TAI est examiné dans la section suivante.

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

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

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

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

où

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

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

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

qui conduit par intégration à l'équation suivante :

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

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

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

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

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

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^{α} sont exprimés en microsecondes (μs) (en toute rigueur μs pour $\alpha = 0$, $\mu\text{s}/\text{siècle}$ pour $\alpha = 1$, etc.). La table 3.3 contient tous les termes dont l'amplitude est supérieure à 0.1 nanoseconde (ns) sur une durée d'un siècle. Elle assure une précision de 1 ns sur la transformation $\text{TCB} \Leftrightarrow \text{TCG}$. Elle contient 474 termes périodiques ($\alpha=0$), 81 termes en $t \sin t$ ($\alpha=1$), 6 termes en $t^2 \sin t$ ($\alpha=2$) et un terme en $t^3 \sin t$ ($\alpha=3$). Notons que le deuxième terme de la série en $t^2 \sin t$ a une fréquence nulle et est donc, en réalité, un terme en t^2 .

2.7.2. Les échelles TT et TDB

L'échelle de *Temps terrestre* (TT) est l'échelle de temps utilisée pour les éphémérides géocentriques apparentes. Le TCG est une échelle de temps-coordonnée rattachée au géocentre, sans lien ni théorique ni pratique avec le TAI. Pour pallier ce défaut, on a souhaité définir une échelle idéale très proche du temps propre sur le géoïde et donc réalisable par des horloges locales. Son unité devait être la seconde SI sur le géoïde et l'échelle devait être en continuité avec le TE. À la date du 1 janvier 1977 à 0 h TAI, TT a pour valeur 1 janvier 1977, 0 h 0 min 32.184 s. L'échelle TT est une échelle de temps idéale dont la réalisation pratique est liée au TAI. On peut donc écrire :

$$\text{TT} = \text{TE} = \text{TAI} + 32.184 \text{ s.}$$

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

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

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

où W_0 est le potentiel gravitationnel de la Terre à sa surface. Avec $L_G \sim W_0/c^2 \sim GM_{\oplus}/R_{\oplus}c^2 = 6.95 \times 10^{-10}$. Pour exprimer la relation complète entre TT et TCG il faut prendre également

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

$$L_G = 6.969\,290\,134 \times 10^{-10}$$

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

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

$$dTDB/dTCB = 1 - L_B$$

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

$$L_B = 1.550\,519\,768 \times 10^{-8}$$

et

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

où $TDB_0 = -6.55 \times 10^{-5}$ s est une nouvelle constante de définition introduite pour maintenir la continuité avec les formules en usage.

Avec cette définition on conserve,

$$TDB = TT + P$$

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

2.7.3. Relations entre les échelles de temps

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

$$TCB - TCG = L_C \times (JD - 2\,443\,144,5) \times 86\,400 + P + \mathbf{v}_E \cdot \mathbf{r}/c^2, \quad L_c = 1.480\,826\,867\,41 \times 10^{-8}$$

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

$$\begin{aligned} TCB - TDB &= L_B \times (JD - 2\,443\,144,5) \times 86\,400 - TDB_0 ; \\ TDB_0 &= -6.55 \times 10^{-5} \text{ s} ; \quad L_B = 1.550\,519\,768 \times 10^{-8} \\ TCG - TT &= L_G \times (JD - 2\,443\,144,5) \times 86\,400 ; \quad L_G = 6.969\,290\,134 \times 10^{-10} \\ TT(\text{TAI}) &= \text{TAI} + 32.184 \text{ s} \\ TDB &= TT + P \end{aligned}$$

2.8. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

Table 2.3. (suite).

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

Table 2.3. (suite).

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

Table 2.3. (suite).

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

Table 2.3. (suite).

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

Table 2.3. (fin).

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

CHAPITRE 3

SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

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

3.1. INTRODUCTION AUX SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

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

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

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

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

3.2. SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE RELATIVISTES

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

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

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

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

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

3.2.2. Relation entre les systèmes de référence BCRS et ITRS

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

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

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

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

3.2.3. Description mathématique

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

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

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

où P_C et P_Q sont des matrices de rotation constante. Cette rotation constante est aussi présente au niveau géocentrique dans les transformations entre systèmes du 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 ε et χ ont été proposées par Bretagnon et al. (2003) pour la construction de futures éphémérides planétaires analytiques. Le problème de cohérence entre la hiérarchie des systèmes de référence relativistes d'une part et les théories planétaires et lunaires actuelles (numériques et analytiques) ainsi que la théorie de la rotation de la Terre d'autre part, n'est pas encore complètement résolu. En complément de (3.2.1), au niveau géocentrique, on a :

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

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

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

et

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

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

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

Nous appliquons ici, et partout dans la suite où se trouve un indice latin répété deux fois, la convention d'Einstein¹. 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 :

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

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

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

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

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

Dans (3.2.7), la sommation est effectuée sur tous les corps A du système solaire (le Soleil, la Lune et les planètes principales), à l'exception de la Terre notée E . Bretagnon et Brumberg (2003) donnent une expression détaillée de \dot{F}^i et F^i ; Brumberg et Simon (2003) donnent les séries pour F_C^i . Puisque la théorie SMART de rotation de la Terre (Bretagnon et al., 1997, 1998) est supposée construite dans le DGRSC, les trois angles d'Euler de la matrice $\hat{P}_1(u)$ peuvent 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

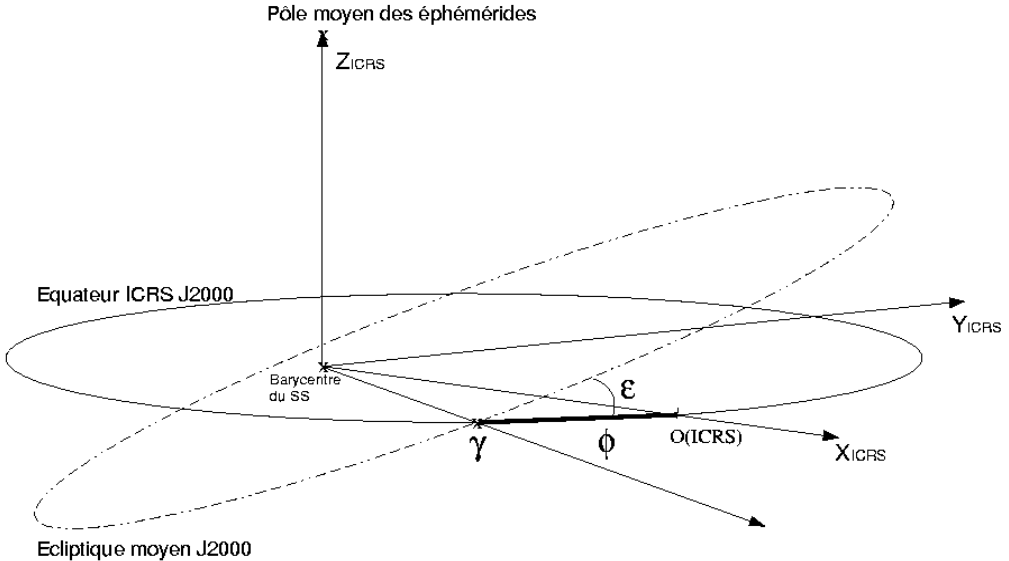


Fig. 3.3.1. Définition des axes et raccordement des systèmes de référence dynamiques à l'ICRS

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

3.3.2. Définitions

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

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

Afin de relier le repère dynamique représenté par le plan de l'écliptique moyen inertiel de la date à un repère matérialisant un système de référence, on associe au plan de l'écliptique moyen inertiel de la date, *l'équinoxe dynamique moyen inertiel de la date* qui sera le nœud ascendant, noté γ 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 ε 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 : α, δ pour des quantités angulaires et ρ pour des distances.

Observations	Dates	Planète	Observables	Précision	Nombres
Phobos VLBI	1989	Mars	α, δ	10-100 mas	2
Ulysses VLBI	1992	Jupiter	α, δ	3-6 mas	2
Magellan VLBI	1990-1994	Vénus	α, δ	3-10 mas	18
Galileo VLBI	1995	Jupiter	α, δ	50-200 mas	2
LLR	1969-1996	Lune	ρ	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,

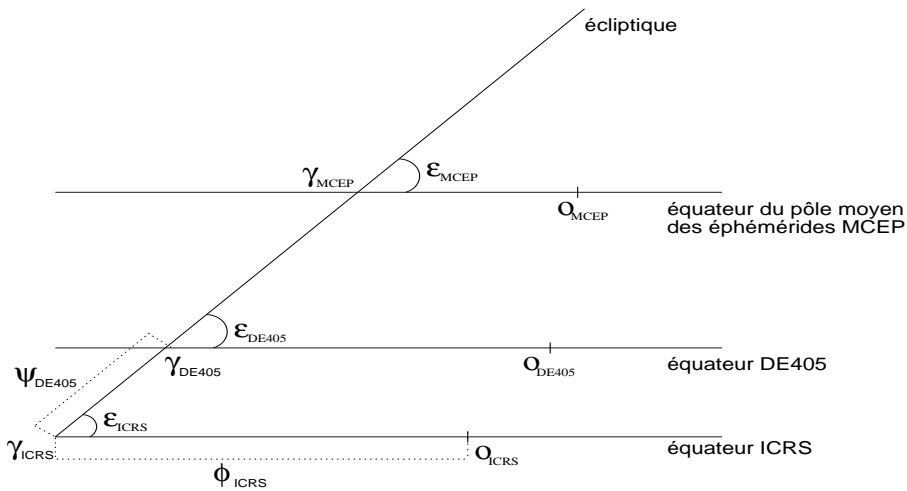


Fig. 3.3.2. Angles utilisés pour les raccords entre systèmes de référence (d'après Chapront et al., 2002).

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	$\epsilon - 84381''$ ($''$)	ϕ ($''$)	ψ ($''$)
ICRF	Chapront et al., 2002	0.41100 ± 0.00005	-0.05542 ± 0.00011	
MCEP	Chapront et al., 2002	0.40564 ± 0.00009	-0.01460 ± 0.00015	0.0445 ± 0.0003
DE403	Chapront et al., 2002	0.40928 ± 0.00000	-0.05294 ± 0.00001	0.0048 ± 0.0004
DE405	Chapront et al., 2002	0.40960 ± 0.00001	-0.05028 ± 0.00001	0.0064 ± 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 : ϵ 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), ϕ 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 ψ 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 ϵ et ϕ que sur les figures 3.3.1 et 3.3.2. On trouvera les valeurs ainsi déterminées dans la table 3.3.2.

3.3.4. Conclusion

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

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

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

3.4.1. Une nouvelle conception : le système de référence cinématique

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

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

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

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

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

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

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

3.4.2. Les recommandations de l'UAI

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

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

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

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

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

3.4.3. Définition de l'ICRS

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

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

Le plan principal de l'ICRS a été défini par le plan de l'équateur donné par les modèles conventionnels UAI (1976) et UAI (1980) de la précession et de la nutation (Lieske et al., 1977 ; Seidelmann, 1982). Des analyses (Souchay et al., 1995 ; Charlot et al., 1995) ont montré que le pôle de l'ICRS est déplacé par rapport au pôle moyen en J2000 de moins de 20 mas. Ceci indique que l'équateur moyen en J2000 et le plan principal de l'ICRS sont en accord. Afin de suivre les recommandations de l'UAI, la direction du pôle céleste de l'ICRS doit être aussi proche que possible de celle du système FK5. On estime que l'incertitude de la direction du pôle moyen J2000 du FK5 est de ± 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 ± 10 mas entre l'axe Ox de l'ICRS et l'équinoxe moyen de l'époque J2000. Tenant compte de l'incertitude de l'origine des ascensions droites (voir, par exemple, Morrison et al., 1990), on peut affirmer que l'origine des ascensions droites de l'ICRS est confondue avec celle du FK5 dans la limite de l'incertitude de ce dernier.

3.4.4. Maintenance de l'ICRS

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

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

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

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

3.4.5. Accessibilité à l'ICRS

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

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

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

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

3.4.6. Le repère de référence céleste international ICRF

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.4.8. Futur de l'ICRS

L'extension de l'ICRF à d'autres fréquences est un besoin permanent. Elle ne pourra se faire qu'avec l'ajout d'observations réalisées dans des fréquences autres qu'optiques et radio, dans des programmes astrométriques de routine. Le catalogue stellaire Hipparcos réalise l'ICRS dans les fréquences optiques. En raison des incertitudes dans les mouvements propres stellaires, il est nécessaire aussi de réaliser des opérations de maintenance sur le rattachement optique-radio. Des grands projets d'astrométrie spatiale vont sans doute y contribuer. La mission Gaia peut être considérée comme une extension de la mission Hipparcos, toutes deux ont les mêmes caractéristiques en ce qui concerne le concept d'astrométrie globale. Le projet prévoit l'observation de 10^9 étoiles, et ses objectifs concernent des applications astrométriques et astrophysiques. La prochaine décennie nous permettra d'utiliser ces nouvelles observations.

3.5. LE SYSTÈME INTERNATIONAL DE RÉFÉRENCE TERRESTRE ITRS

3.5.1. Introduction

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

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

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

Toutefois, chaque technique et chaque stratégie d'analyse définit et réalise son propre système. Ainsi, assiste-t-on à des réalisations diverses de systèmes de référence, présentant des biais et systématismes les uns par rapport aux autres. Ce constat a conduit les instances internationales et en particulier l'Union Astronomique Internationale (UAI), l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI) et l'Association internationale de géodésie (AIG) à adopter, en 1991, l'ITRS

(International Terrestrial Reference System) en tant que système de référence terrestre unique, pour toutes les applications relatives à la science de la Terre.

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

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

3.5.2. Concepts et définitions des systèmes de référence terrestres

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

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

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

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

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

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

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

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

$$X_2 = T + \lambda \cdot \mathcal{R} \cdot X_1 \tag{3.5.2}$$

où T est le vecteur translation, λ 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) suivante, supposée linéaire pour des jeux de coordonnées issus des techniques de géodésie spatiale (les différences d'origine sont de quelques centaines de mètres, et celles d'échelle et d'orientation sont inférieures à 10^{-5} ⁽¹⁾) :

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

avec :

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

où I est la matrice unité.

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

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

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 :

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

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

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

3.5.3. Réalisation d'un système de référence terrestre

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

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

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

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

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

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

- contraintes détachables : solutions pour lesquelles les positions/vitesses des stations sont contraintes à des valeurs externes avec une incertitude $\sigma \approx 10^{-5}$ m pour les positions et 10^{-5} m/an pour les vitesses.
- contraintes lâches : solutions pour lesquelles les incertitudes appliquées aux contraintes sont $\sigma \geq 1$ m pour les positions et ≥ 10 cm/an pour les vitesses.

- contraintes minimales qui servent uniquement à définir le RRT avec un minimum d'information. Pour plus de détails sur les concepts et l'utilisation des contraintes minimales, voir par exemple, (Sillard et Boucher, 2001 ; Altamimi et al., 2001, 2003b).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La distinction fondamentale entre les deux approches est que dans l'équation (3.5.6), l'inconnue X est contrainte à être égale à X_0 , alors que dans l'équation (3.5.7), X est exprimée dans le même RRT X_0 , en utilisant le projecteur B qui contient toute l'information nécessaire à définir le RRT sous-jacent. Notons cependant que les deux approches sont sensibles à la configuration et à la qualité des stations (X_0) utilisées dans ces contraintes. En terme d'équation normale, l'équation (3.5.7) peut s'écrire sous la forme :

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

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

3.5.3.2. Réalisation par combinaison de repères de référence individuels

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

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

La combinaison consiste en l'estimation :

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

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

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

3.5.4. Le Système International de Référence Terrestre ITRS

3.5.4.1. Historique

L'historique de l'ITRS remonte à 1984, quand pour la première fois un RRT combiné, appelé BTS84 a été obtenu en utilisant des coordonnées de stations issues des observations VLBI, LLR, SLR et Doppler/ TRANSIT le prédécesseur de GPS (Boucher et Altamimi, 1985). Le BTS84 a été réalisé dans le cadre des activités du Bureau International de l'Heure (BIH) jouant le rôle de centre de coordination pour la campagne internationale MERIT (Monitoring of Earth Rotation and Inter-comparison of Techniques). Trois autres réalisations du BTS ont été successivement établies, la

dernière étant le BTS87, quand, en 1988, l'IERS a été créé par l'Union Internationale de Géodésie et de Géophysique et l'Union Astronomique International.

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

3.5.4.2. Définition de l'ITRF

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

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

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

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

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

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

L'ITRF2000 est une solution étendue et améliorée dans le but de servir de référence à la fois pour le géo-référencement et les applications en science de la Terre. En plus des sites primaires, VLBI,

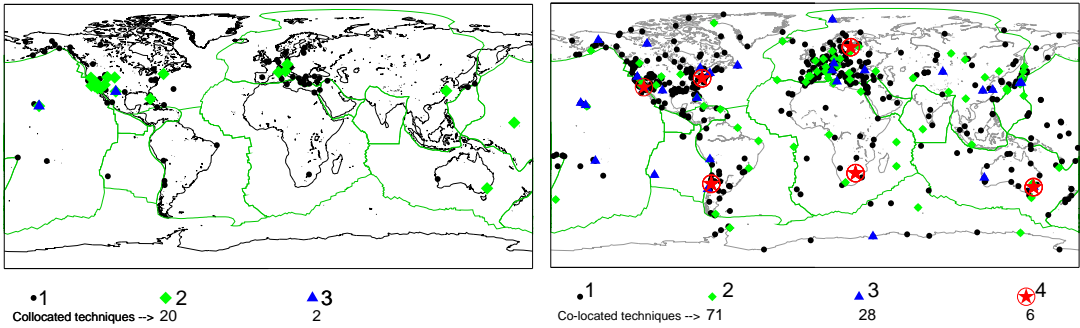


Fig. 3.5.1. Répartition des sites ITRF88 (gauche) et ITRF2008 (droite).

SLR, GPS et DORIS, l'ITRF2000 comprends une densification par des réseaux GPS régionaux, en Alaska, Antarctique, Asie, Europe, les deux Amériques et dans le Pacifique.

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

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

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

3.5.5. L'ITRF2005

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.6.1. Introduction

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

Cette transformation de coordonnées s'effectue en deux étapes. La première étape, qui correspond au passage d'un système de référence centré au barycentre du système solaire à un système de référence centré au centre de masse de la Terre, a été décrite en 3.2. dans le cadre de la forme générale de la transformation entre les systèmes de référence relativistes notés BCRS et GCRS. Cette transformation prend en compte les effets de parallaxe annuelle et d'aberration annuelle à la date d'observation, ainsi que l'effet de déflexion de la lumière dans le champ gravitationnel des corps du système solaire (excepté la Terre). Cela permet de passer des coordonnées d'un objet céleste

données par un catalogue ou par une éphéméride à ses coordonnées dans le système de référence céleste géocentrique GCRS, appelés couramment coordonnées *apparentes* (cf. 3.3). La deuxième étape, qui correspond au passage des coordonnées dans le système de référence céleste géocentrique GCRS aux coordonnées dans le système de référence de référence terrestre ITRS, prend en compte l'orientation de la Terre dans le système de référence céleste à la date d'observation.

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

3.6.2. Expression générale de la transformation

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

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

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

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

- le mouvement du pôle, ou déplacement du pôle intermédiaire par rapport au système de référence terrestre, dans $W(t)$;
- l'angle de rotation de la Terre dans le système de référence céleste autour de l'axe du pôle, c'est-à-dire le long de l'équateur de la date, dans $R(t)$;

– le déplacement céleste du pôle intermédiaire, c'est-à-dire la précession-nutation, ainsi que l'écart entre le système de référence équatorial moyen de l'époque de référence et le système de référence céleste, dans $C(t)$.

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

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

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

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

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

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

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

La résolution B1.7 précise que le mouvement du CIP dans le GCRS est obtenu par le modèle de précession-nutation UAI 2000 pour des périodes supérieures à deux jours, corrigées des corrections

additionnelles dépendant du temps et fournies par l'IERS à partir d'observations astro-géodésiques. De même, le mouvement du CIP dans l'ITRS est fourni par l'IERS à partir d'observations astro-géodésiques et des modèles incluant des variations à hautes fréquences.

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

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

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

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

où t est la date julienne en UT1.

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

3.6.4. Les paramètres d'orientation de la Terre

3.6.4.1. Définition des paramètres à utiliser

L'orientation de la Terre dans un système de référence céleste, centré au centre de masse de la Terre, est donnée par trois paramètres. En fait, le mouvement de la Terre autour de son centre de masse comporte une composante non prévisible, constituée du mouvement du pôle et des variations de la vitesse angulaire de rotation, et une composante prévisible qui constitue la précession-nutation. Ces diverses composantes sont décrites dans le chapitre 4. La représentation de la rotation de la Terre exige la connaissance du mouvement de l'axe instantané de rotation à la fois dans le système de référence céleste et dans le système de référence terrestre, ainsi que du mouvement de rotation de la Terre autour de son axe de rotation. On utilise ainsi, en pratique, cinq paramètres appelés *paramètres d'orientation de la Terre* (EOP, Earth Orientation Parameters) (cf. 4.4). Deux d'entre eux représentent la trajectoire du pôle intermédiaire sur la sphère céleste, deux autres expriment les

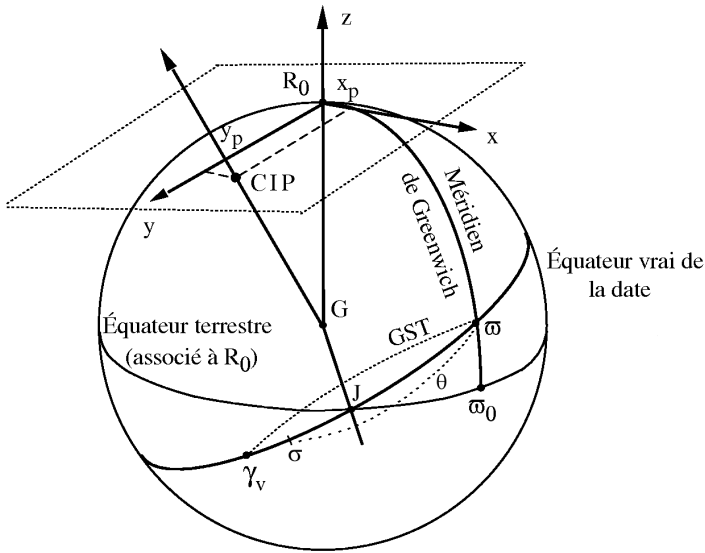


Fig. 3.6.1. Définition des paramètres d'orientation de la Terre.

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 θ , 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 γ (expression classique) ou l'ERA, θ , angle horaire de l'origine non-tournante (expression nouvelle). GST se rapporte à une direction qui subit la précession et la nutation, tandis que θ 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 ΔUT1 du paramètre UT1, telles que : $\Delta\text{UT1} = (1/k) \int_0^t m_3 dt$, k étant le facteur de proportionalité entre θ et UT1. Elles s'obtiennent par la détermination de UT1 – TAI à partir d'observations.

La figure 3.6.1 illustre la définition des paramètres qui décrivent l'orientation de la Terre à

sur le système de référence FK5 qui a été remplacé, au 1 janvier 1998, par le système de référence ICRS, décrit au paragraphe 3.4.

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

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

- UT1 doit être proportionnel à la rotation sidérale de la Terre.
- Le coefficient de proportionnalité doit être tel que UT1 reste en moyenne en phase avec l'alternance des jours et des nuits.
- La phase de UT1 doit être fixée de telle sorte qu'il soit approximativement 12 h UT1 en moyenne lorsque le Soleil passe par le méridien origine.
- La relation linéaire entre l'ERA θ 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 γ_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 γ_v , un point σ tel que le trièdre (GP, G_σ) n'ait, à aucun moment, de composante de rotation autour de GP par rapport à (P_0) . Ce point σ est le CIO, origine non-tournante dans le GCRS (Guinot, 1979).

Une telle définition implique que la rotation instantanée de σ 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).

Soient d et E les coordonnées sphériques du CIP dans le système de référence céleste GCRS et

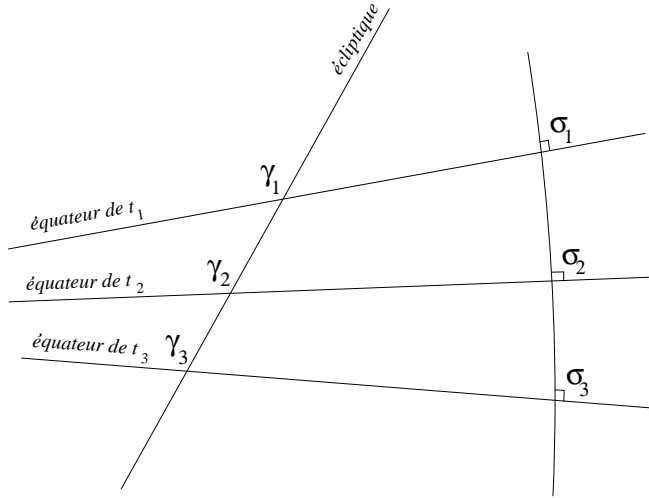


Fig. 3.6.2. Mouvement de l'origine non-tournante σ comparé à celui de l'équinoxe vrai de la date γ_v .

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

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

Ou bien, à des termes en d^4 près :

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

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

À cause du mouvement du pôle dans le système de référence terrestre, on définit également, dans l'équateur mobile, une origine non-tournante, relative au système de référence terrestre, le TIO noté ϖ . Le déplacement angulaire du TIO sur l'équateur du CIP du fait du mouvement du pôle dans le système de référence terrestre est noté s' ; son expression s'obtient en remplaçant X et Y dans (3.6.5) par les coordonnées du CIP dans le système de référence terrestre, x_p et $-y_p$ (cf. 3.6.5.1). On obtient :

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

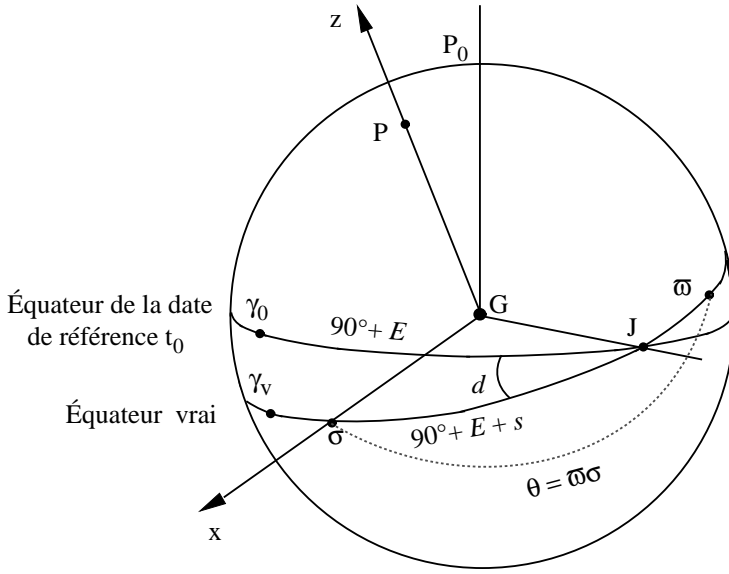


Fig. 3.6.3. Définition de l’origine “non-tournante”.

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

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

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

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

ω_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 :

$$UT1 = (1/k) (\theta + a_0). \tag{3.6.8}$$

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

3.6.4.6. Relation entre le temps sidéral et UT1

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

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

ψ_A , ω_A et χ_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.

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

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

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

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

Toute transformation entre les système de référence GCRS et ITRS centrés au centre de masse de la Terre G s’exprime sous la forme (3.6.1) en fonction de matrices de transformation qui dépendent de l’origine utilisée sur l’équateur du CIP. Notons W' , R' , C' les matrices de transformation lorsque l’on utilise les origines non-tournantes CIO et TIO, comme le recommande la résolution B1.8 (UAI, 2000).

Désignons par x_p et y_p les coordonnées terrestres du CIP défini en 3.6.4.2. Du fait de la proximité de l’axe des z du système de référence terrestre et de l’axe du CIP, ces coordonnées, appelées *coordonnées du pôle*, sont des coordonnées angulaires différentielles par rapport au pôle terrestre origine. Par convention, elles sont comptées respectivement, le long du méridien terrestre origine, positivement vers Greenwich pour x_p et le long d’un axe perpendiculaire à ce méridien, positivement vers la longitude 90° 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, θ , permet d'écrire :

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

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

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

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

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

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

3.6.5.2. Valeurs standard à utiliser pour les paramètres

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

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

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

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

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

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

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

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

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

où T_u = 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 2000/2006 des coordonnées X et Y du CIP à la date t dans le GCRS, qui ont été donnés sous la forme suivante par Capitaine et al. (2003a) et Capitaine et al. (2005, table 5) pour la partie polynomiale :

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

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

où t est compté en siècles juliens à partir de J2000 et où ARGUMENT représente les arguments des nutations luni-solaires et planétaires du modèle UAI 2000A ; c'est une combinaison linéaire des arguments fondamentaux de la nutation (*i.e.* arguments de Delaunay l, l', F, D, Ω), des longitudes des planètes $L_{Me}, L_{Ve}, L_E, L_{Ma}, L_J, L_{Sa}, L_U, L_{Ne}$ et de la précession p_A . Ces développements ont été déduits des expressions de X et Y (Capitaine, 1990) en fonction des quantités classiques de précession-nutation ; ils sont compatibles avec le modèle de nutation UAI 2000A et incluent les décalages à J2000 par rapport aux axes du GCRS (ξ_0, η_0 pour le CIP et $d\alpha_0$ pour l'équinoxe). Un extrait des développements (3.6.18) et (3.6.19) pour les termes périodiques les plus importants est donné dans la table 3.1. Pour les observations exigeant une précision de l'ordre de $10^{-4}''$ sur les

EOP, il faut ajouter à ces valeurs, les corrections sur la position du pôle céleste, $dX = d\psi \sin \varepsilon$ et $dY = d\varepsilon$, diffusées par l'IERS par rapport au modèle UAI.

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

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

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

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

3.6.6.1. Expression des matrices de rotation

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

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

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

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

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

$$C''(t) = \underbrace{R_1(-\varepsilon_A - \Delta\varepsilon)R_3(-\Delta\psi)R_1(\varepsilon_A)}_{\text{nutation}} \underbrace{R_3(\chi_A)R_1(-\omega_A)R_3(-\psi_A)R_1(\epsilon_0)}_{\text{précession}} \underbrace{R_1(-\eta_0)R_2(\xi_0)R_3(d\alpha_0)}_{\text{décalage à J2000}} \quad (3.6.22)$$

Dans (3.6.22) ε_A , z_A , θ_A et ζ_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.

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	Ω	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	Ω	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	Ω	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	Ω	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	
.....																	

3.6.6.2. Valeurs standard à utiliser pour les paramètres

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

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

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

Les deux derniers termes de (3.6.23) sont des termes complémentaires à ajouter à l'expression

classique de l'équation des équinoxes, $\Delta\psi \cos \epsilon_A$, de façon à assurer l'équivalence avec la relation entre GST et θ avec une exactitude de 1 microseconde de degré.

Les valeurs numériques des angles de nutation $\Delta\psi$ et $\Delta\epsilon$ à la date t sont obtenues à partir des tables du modèle UAI 2000 de la nutation (IAU 2000A de Mathews et al. (2002) pour une précision meilleure que $10^{-3}''$ ou IAU 2000B de McCarthy & Luzum (2003) pour une précision de l'ordre de $10^{-3}''$). Pour les observations exigeant une précision de l'ordre de $10^{-4}''$, il faut ajouter à ces valeurs conventionnelles, les valeurs IERS (observées ou prédites) des corrections $d\psi_{IAU2000}$ et $d\epsilon_{IAU2000}$. Les valeurs à utiliser pour les décalages à J2000 sont les valeurs associées au modèle UAI 2000 pour ξ_0 et η_0 et la valeur $d\alpha_0 = -0.0146''$ obtenue par Chapront et al. (2002) à partir d'observations LLR.

Les valeurs des quantités ϵ_A , ψ_A , ω_A et χ_A sont données dans la table 4.2.1.

3.6.6.3. Comparaison avec l'expression 1982 de GMST

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

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

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

Ou bien, de façon équivalente :

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

à comparer avec la définition 1982 de UT1 :

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

3.7. BIBLIOGRAPHIE

- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2002, ITRF2000 : A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications, *J. Geophys. Res.* **107 (B10)**, 2214, doi :10.1029/2001JB000561.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2003a, The impact of a No-Net-Rotation Condition on ITRF2000, *Geophys. Res. Lett.* **30 (2)**, 1064, doi :10.1029/2002GL016279.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2003b, ITRF2000 : From Theory to Implementation, *Proceedings of IAG V Hotine Marussi symposium*.
- Altamimi, Z., Collilieux, X., Legrand J., Garayt, B., Boucher, C. : 2007. ITRF2005 : A New release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters, *J. Geophys. Res.*, **112**, B09401, doi : 10.1029/2007JB004949.
- Aoki, S., Guinot, B., et al. : 1982, The New Definition of Universal Time, *Astron. Astrophys.* **105**, 359.
- Argus, D.F., Gordon, R.G. : 1991, No-net rotation model of current plate velocities incorporating plate motion model NUVEL-1, *Geophys. Res. Lett.* **18**, 2038.
- Arias, E.F., Bouquillon, S. : 2004, Representation of the International Celestial Reference System (ICRS) by different sets of selected radio sources, *Astron. Astrophys.* **422**, 1105.
- Arias, E.F., Charlot, P., et al. : 1995, The extragalactic reference system of the International Earth Rotation Service, ICRF, *Astron. Astrophys.* **303**, 604.
- Arias, F., Feissel, M., Lestrade, J.-F. : 1988, Comparison of VLBI celestial reference frames, *Astron. Astrophys.* **199**, 357.
- Arias, E.F., Feissel, M., Lestrade, J.-F. : 1988, An extragalactic celestial reference frame consistency with the BIH terrestrial system (1987), BIH Annual Report for 1988, D-113, observatoire de Paris.
- Boucher, C. : 1989, Current intercomparisons between CTS's in *Reference frames in Astronomy and Geophysics*, Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolacek, B. eds, Kluwer Academic Publishers, 324.
- Boucher, C. : 2001, Terrestrial coordinate systems and frames, in *Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*, MacMillan.
- Boucher, C., Altamimi, Z. : 1985, Towards an improved realization of the BIH terrestrial frame, *The MERIT/COTES Report on Earth Rotation and Reference Frames* Vol. **2**, Mueller, I.I ed., OSU/DGS, Columbus, Ohio, USA.
- Bretagnon, P. : 1982, 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.
- Brzeźniński, A., Capitaine N. : 2003, Lunisolar perturbations in Earth rotation due to the triaxial figure of the Earth : geophysical aspects, in the Proceedings of the *Journées Systèmes de Référence Spatio-temporels 2001*, N. Capitaine ed, observatoire de Paris, 51.
- Capitaine, N. : 1990, The Celestial Pole Coordinates,” *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **48**, 127.
- Capitaine, N. : 2000a, Overview and proposition for a modern definition of the CEP in “Polar motion : Historical and scientific problems”, *ASP Conference series*, Vol 208, S. Dick, D.D. McCarthy and B. Luzum eds, 573.
- Capitaine, N. : 2000b, Definition of the Celestial Ephemeris Pole and the Celestial Ephemeris Origin, in “Towards Models and Constants for Sub-Microarcsecond astrometry”, K.J. Johnston, D.D. McCarthy, B. Luzum, G. Kaplan eds, USNO, 153.
- Capitaine, N., Gontier A.-M. : 1993, Accurate procedure for deriving UT1 at a submilliarcsecond accuracy from Greenwich sidereal time or from stellar angle, *Astron. Astrophys.* **275**, 645.
- Capitaine, N., Guinot, B., McCarthy, D.D. : 2000, Definition of the Celestial Ephemeris origin and of UT1 in the international Reference Frame, *Astron. Astrophys.* **335**, 398.
- Capitaine, N., Chapront J., Lambert, S., Wallace, P.T : 2003a, Expressions for the Celestial Intermediate Pole and Celestial Ephemeris Origin consistent with the IAU 2000A precession-nutation model, *Astron. Astrophys.* **400**, 1145.
- Capitaine, N., Wallace, P.T, McCarthy, D.D. : 2003b, Expressions to implement the IAU 2000 definition of UT1, *Astron. Astrophys.* **406**, 1135.
- Capitaine, N., Wallace, P.T., Chapront, J. : 2003c, Expressions for IAU 2000 precession quantities *Astron. Astrophys.* **412**, 467.
- Chapront, J., Chapront-Touzé, M. : 1997, Lunar motion : theory and observations, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **66**, 31.
- Chapront, J., Chapront-Touzé, M., Francou, G. : 1999, Determination of the lunar orbital and rotational parameters of the ecliptic reference system orientation from LLR measurements and IERS data, *Astron. Astrophys.* **343**, 624.

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

Paris.

- IERS : 1999, : First extension of the ICRF, ICRF-Ext.1, *1998 IERS Annual Report*, Gambis, D. ed., observatoire de Paris, 87.
- IERS : 2002, Proceedings of the IERS Workshop on the Implementation of the New IAU Resolutions, *IERS technical note 29*, Capitaine, N., Gambis, D., McCarthy, D.D., Petit, G., Ray, J., Richter, B., Rothacher, M., Standish, E.M., Vondrak, J. eds., Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main.
- IERS : 2003, IERS Conventions (2003), *IERS technical note 32*, McCarthy, D.D., Petit, G. eds, Frankfurt am Main : Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie.
- IERS : 2009, The Second Realization of the International Celestial Reference Frame by Very Long Baseline Interferometry, *IERS technical note 35*, Fey A., Gordon, D., Jacobs, C. eds., Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main.
- Kinoshita, H., Aoki, S. : 1983, The definition of the ecliptic, *Celest. Mech.* **31**, 329.
- Kovalevsky, J., Mueller, I.I. : 1981, in *Reference Coordinate Systems for Earth Dynamics*, Gaposchkin E.M., Kolaczek, B. eds., Reidel, 375.
- Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolaczek, B. : 1989, in *Reference frames in Astronomy and Geophysics*, Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolaczek, B. eds, Kluwer Academic Publishers, 1.
- Kovalevsky, J., 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.
- Schwan, H. : 1983, *Veröffentlichungen Astronomisches Rechen-Institut Heidelberg* **30**, 47.
- Schwann, H. : 1988, Precession and Galactic Rotation in the System of the FK5, *Astron. Astrophys.* **198**, 116.
- Sillard, P., Boucher, C. : 2001, Review of Algebraic Constraints in Terrestrial Reference Frame Datum Definition, *Journal of Geodesy* **75**, 63.
- Soffel, M., Klioner, S.A., et al. : 2003, The new IAU2000 resolutions for astrometry, celestial mechanics and metrology in the relativistic framework : explanatory supplement, *Astron. J.* **126**, 2687.
- Souchay, J., Feissel, et al. : 1995, Precession and Nutation for a Non-rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **299**, 277.
- Standish, E.M. : 1981, Two differing definitions of the dynamical equinox and the mean obliquity, *Astron. Astrophys.* **101**, L17.
- Standish, E.M. : 1982, DE200, magnetic tape.
- Standish, E.M., Newhall, X.X., Williams, J.G., Folkner, W.F. : 1995, JPL planetary and lunar ephemerides, DE403/LE403, JPLIOM **314.10**.
- Standish, E.M. : 1998a, Times scales in the JPL and CfA ephemerides, *Astron. Astrophys.* **336**, 381.
- Standish, E.M. : 1998b, JPL planetary and lunar ephemerides, DE405/LE405, JPLIOM **312, F-98-048**.
- Standish, E.M. : 1998c, Orientation of the JPL Ephemerides onto the international celestial reference frame, in *IV International Workshop on positional and celestial mechanics*, Lopez Garcia et al. eds, Valencia, Spain.
- UAI : 1991, Reference Systems, in *Proceedings of the IAU Colloquium* 127, Hughes, J.A., Smith, C.A. and Kaplan, G.H. eds, USNO, Washington.
- UAI : 1992, Resolutions of the twenty-first General Assembly, *IAU Information Bull.* **67**.
- UAI : 1994, Resolutions of the twenty-second General Assembly, *IAU Information Bull.* **74**.
- UAI : 1997, Resolutions of the twenty-third General Assembly, *IAU Information Bull.* **81**.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**, 28–40 (Errata : *ibid.* **89**, 4, 2001).

UAI : 2006, Resolutions of the twenty-sixth General Assembly, *IAU Information Bull.* **99**.

UAI : 2010, Resolutions of the twenty-sixth General Assembly, *IAU Information Bull.* **105**.

Wallace, P., Capitaine, N. : 2006, Precession-nutation procedures consistent with IAU 2006 resolutions, *Astron. Astrophys.* **459**, 981.

van Leeuwen, F. : 2007, Hipparcos, the new reduction of raw data, *ASPL series*, Springer, doi : 10.1007/978-1-4020-6342-8.

Williams, J.G. : 1994, Contributions to the Earth's obliquity rate, precession and nutation, *Astron. J.* **108**, 7.

CHAPITRE 4

ROTATION DE LA TERRE

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

4.1. INTRODUCTION DES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES ET OBSERVATIONS

4.1.1. Introduction

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

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

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

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

4.1.2. Les composantes de la rotation terrestre

4.1.2.1. Précession-nutation

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

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

4.1.2.2. Mouvement du pôle

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

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

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

4.1.2.3. Vitesse de rotation et longueur du jour

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

Associée à cette vitesse de rotation, la durée du jour (LOD, Length of Day) fluctue également par rapport à sa valeur nominale de 86 400 s. Ces variations sont principalement attribuées :

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

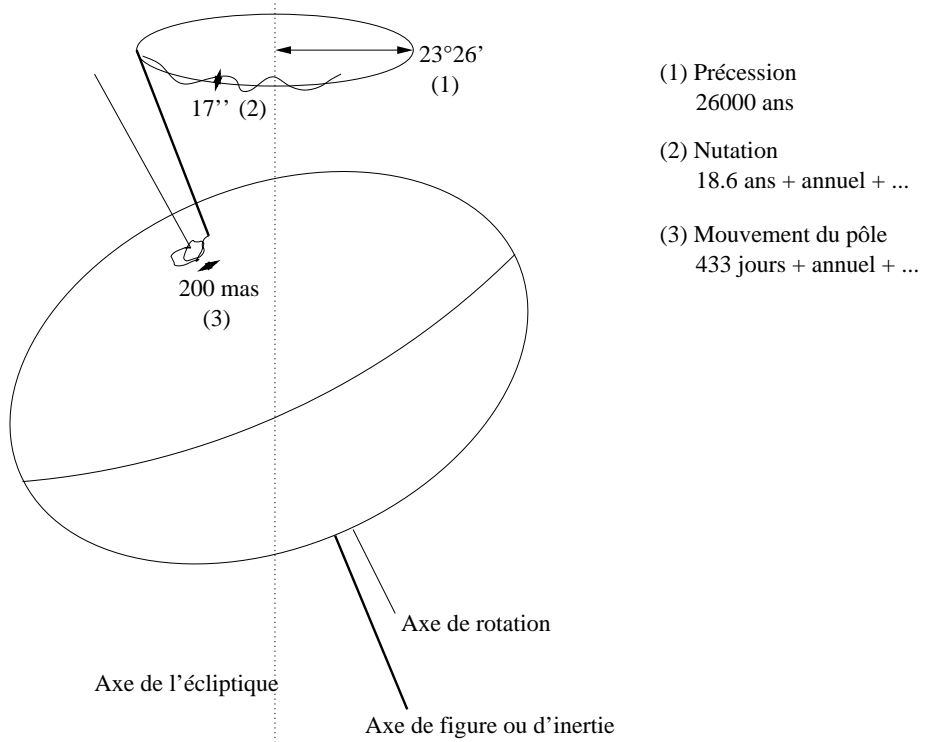


Fig. 4.1. Précession-nutation et mouvement du pôle.

4.1.3. Dynamique de la rotation de la Terre

4.1.3.1. Les équations

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

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

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

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

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

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

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

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

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

où $A = B = 8.011 \times 10^{37}$ kg m² et $C = 8.037 \times 10^{37}$ kg m² sont les moments d'inertie principaux moyens de la Terre et les c_{ij} de petits incréments d'inertie dus aux déformations ou aux anomalies de masse.

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

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

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

$$\tilde{m} + \frac{i}{e\Omega_0} \dot{\tilde{m}} = \frac{i\tilde{\Gamma}}{Ae\Omega_0^2} - \frac{i\dot{\tilde{c}} - \Omega_0\tilde{c}}{Ae\Omega_0} - \frac{i\dot{\tilde{h}} - \Omega_0\tilde{h}}{Ae\Omega_0^2}, \quad (4.1.6)$$

$$m_3 = \int \frac{\Gamma_3}{C\Omega_0} dt - \frac{c_{33}}{C} - \frac{h_3}{C\Omega_0} + C^{te},$$

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

comprenant donc les déformations et le moment cinétique relatif, est souvent notée $\tilde{\chi}$ pour la partie équatoriale et χ_3 pour la partie axiale.

4.1.3.2. Le mouvement du pôle

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

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

4.1.3.3. La durée du jour

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

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

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

4.1.3.4. La précession-nutation

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

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

où ψ 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, θ est l'inclinaison entre l'équateur et l'écliptique (comptée à partir de l'équateur), et ϕ est la longitude écliptique de l'origine du repère terrestre. Ces deux angles sont reliés aux angles de nutation classiques ψ et ϵ suivant $\Delta\Psi \sin \theta = \Delta\psi \sin \epsilon$ et $\Delta\theta = -\Delta\epsilon$. La précession est constituée par la partie polynomiale des variations de Ψ et θ . Leur partie périodique constitue la nutation.

4.2. LA PRÉCESSION

4.2.1. Quantités liées à la précession

Les quantités de précession sont complètement déterminées par les mouvements du pôle de l'équateur et du pôle de l'écliptique. La figure 4.2 représente, pour une époque de référence F (par exemple J2000) et pour une date D, les écliptiques moyens E_F et E_D et les équateurs moyens A_F et A_D . N est l'intersection de E_F et E_D , J l'intersection de A_F et A_D , I l'intersection de E_F et A_D . ε_0 , angle entre E_F et A_F , est l'obliquité de l'écliptique pour l'époque de référence.

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

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

On note :

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

4.2.2. Modèles de précession

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

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

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

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

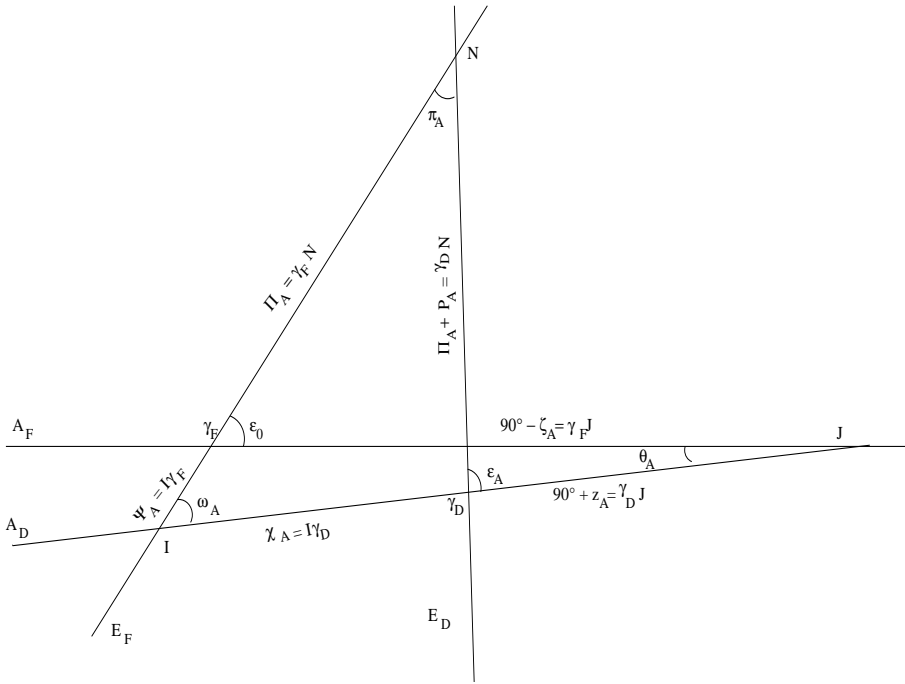


Fig. 4.2. Écliptiques E_F, E_D et équateurs moyens A_F, A_D aux époques σ_F, σ_D .

4.2.2.1. Le modèle UAI 2000

Les conventions 2000 de l’IERS recommandent d’associer les expressions de Lieske et al. (1977) avec des valeurs numériques améliorées des termes proportionnels au temps pour les angles Π_A et ω_A et avec la valeur UAI 1976 de l’obliquité ε_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 Franou, 1988) pour le mouvement du Soleil et des planètes et ELP2000-82B issue des travaux de Chapront-Touzé et Chapront (1983, 1988) pour le mouvement de la Lune.

Les expressions de la précession sont calculées de la manière suivante. Les valeurs de $\frac{d\psi_A}{dt}$ et \mathcal{P}_1 utilisées sont celles données par les formules (4.2.4) et (4.2.5). La valeur de ε_0 provient d'observations récentes :

$$\varepsilon_0 = 84381.40880'' = 23^\circ 26' 21.40880'' \quad (4.2.6)$$

Les quantités liées à la précession de l'écliptique π_A , Π_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 ψ et ω sont les séries de Poisson données par SMART97. À partir de π_A , Π_A , ψ et ω on peut calculer toutes les autres quantités de la précession (Bretagnon et al., 1997). Finalement les variables ψ , ω , \mathcal{P} , ε et χ 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 ψ_A . Dans la suite, la notation B03 se rapporte au modèle de Bretagnon et al. (2003) corrigé de cet effet de la variation séculaire du J_2 de la Terre.

4.2.2.3. Le modèle UAI 2006

Le modèle de précession adopté par l'UAI en 2006 (résolution B1) est présenté dans Hilton et al. (2006). Il est issu des travaux de Capitaine, Wallace et Chapront (2003) et était désigné par P03 dans les éditions antérieures à 2009. Pour calculer les quantités liées à la précession de l'écliptique les auteurs partent de VSOP87. Cette théorie analytique étant ajustée à l'intégration numérique du JPL DE200 (Standish et al., 1981), ils corrigent son écliptique par comparaison avec l'intégration numérique DE406 du JPL, prolongement sur l'intervalle de temps $[-3000, +3000]$ de DE405 (Standish, 1998), intégration numérique ajustée à des observations récentes.

Les quantités liées à la précession équatoriale sont obtenues en résolvant les équations dynamiques de la précession selon la méthode exposée par Williams (1994). Les corrections dues

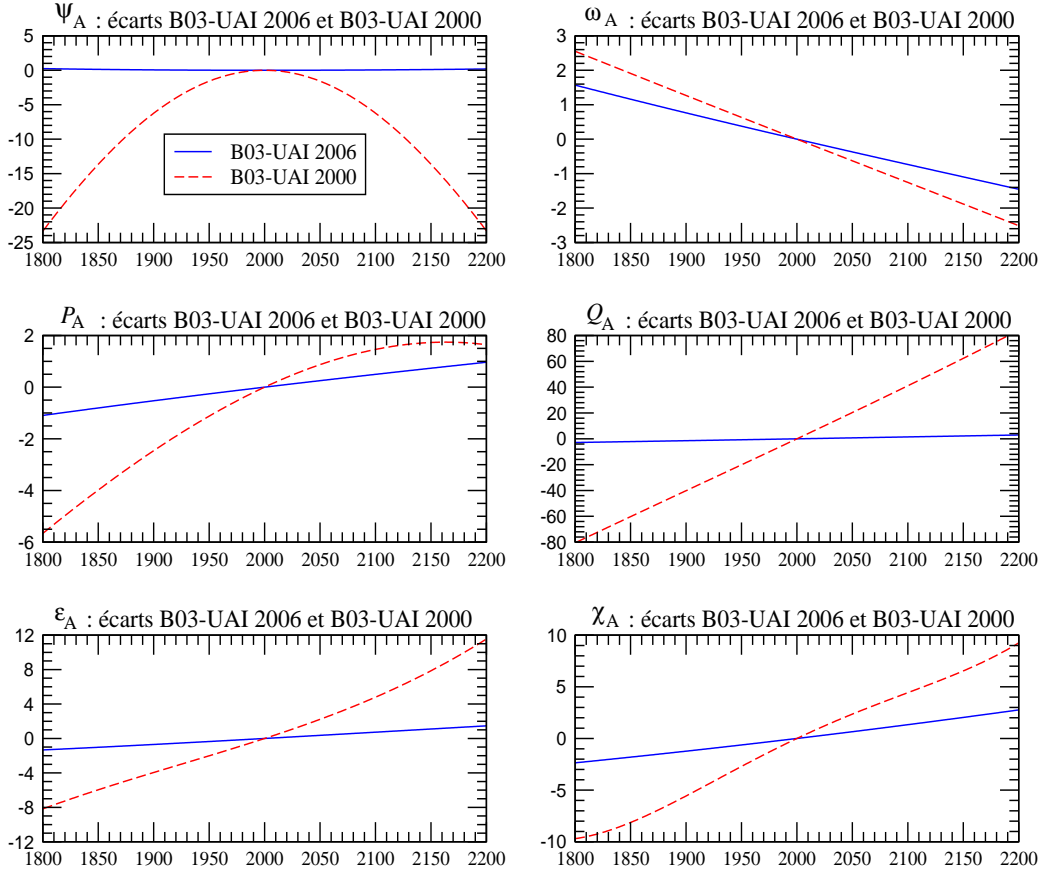


Fig. 4.3. Écarts entre les modèles B03 et UAI 2006 et entre les modèles B03 et UAI 2000, sur [1800, 2200], pour les variables ψ_A , ω_A , P_A , Q_A , ε_A et χ_A . L'unité est le mas (0.001").

à la non-rigidité de la Terre sont prises en compte d'une manière très complète.

Les auteurs prennent la valeur de ε_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 ε_0 . Ils ont finalement :

$$\begin{aligned} \frac{d\psi_A}{dt} &= 50\,384.81507''/\text{millier d'années juliennes} \\ \varepsilon_0 &= 84381.406'' \end{aligned} \quad (4.2.7)$$

4.2.2.4. Expressions de la précession et comparaisons entre les modèles

La table 4.2.1. donne les coefficients des polynômes du temps représentant la précession pour les douze variables définies par (4.2.1) et (4.2.2) et pour les trois modèles UAI 2000, B03 et UAI 2006. Ces polynômes peuvent aller jusqu'en t^3 pour UAI 2000, t^7 pour B03 et t^5 pour UAI 2006. Les coefficients sont exprimés en secondes de degré et le temps est compté en millier d'années juliennes à partir de J2000.

On peut constater que les modèles B03 et UAI 2006 sont voisins et assez différents du modèle UAI 2000. Ces différences sont illustrées par la figure 4.3. Les courbes de cette figure représentent les écarts sur l'intervalle de temps [1800, 2200] entre les modèles B03 et UAI 2006 d'une part et B03 et UAI 2000 d'autre part, pour les six variables principales ψ_A , ω_A , P_A , Q_A , ε_A et χ_A . Elles ont été tracées en supposant que le terme en t de ψ_A et le terme constant de ε_A étaient les mêmes pour les trois modèles. Les différences sont exprimées en mas (0.001"). On voit que les écarts entre B03 et UAI 2006 sont petits. Ils sont inférieurs à 0.25 mas pour ψ_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 ψ_A et 80 mas pour Q_A .

4.2.3. Dérivées des quantités de précession par rapport aux constantes \mathcal{P}_1 et ε_0

À partir des formules de Simon et al. (1994), nous pouvons calculer les corrections ΔX des quantités de précession X dues à d'éventuelles améliorations $\Delta \mathcal{P}_1$ et $\Delta \varepsilon_0$ de \mathcal{P}_1 et ε_0 . Ces corrections sont de la forme :

$$\Delta X = \frac{\partial X}{\partial \mathcal{P}_1} \Delta \mathcal{P}_1 + \frac{\partial X}{\partial \varepsilon_0} \Delta \varepsilon_0. \quad (4.2.8)$$

Pour toutes les quantités de précession de la table 4.2.1, les corrections qui doivent être ajoutées aux polynômes sont données par :

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

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

Table 4.2.1. Coefficients des polynômes de la précession issus des formulaires UAI 2000, B03 (Bretagnon et al., 2003) et UAI 2006 (Hilton et al., 2003). Les coefficients sont exprimés en secondes de degré; le temps est compté en milliers d'années juliennes à partir de J2000.

Modèle		t^0	t	t^2	t^3	t^4	t^5	t^6	t^7
UAI 2000 B03 UAI 2006	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 UAI 2006	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 UAI 2006	π_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 UAI 2006	Π_A	629 554.982 629 543.988 629 546.7936	- 8698.089 - 8679.218 - 8679.5758	3.536 15.342 15.7992	0.005 - 0.5371	- 0.037 - 0.4797	- 0.001 0.0072		
UAI 2000 B03 UAI 2006	\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 UAI 2006	ε_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 UAI 2006	ω_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 ⁽¹⁾ UAI 2006	ψ_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 UAI 2006	χ_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

⁽¹⁾ 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	θ_A		20043.109	- 42.665	- 41.883				
B03			20041.90936	- 42.66980	- 41.82364	- 0.07291	- 0.01127	0.00036	0.00009
UAI 2006			20041.91903	- 42.94934	- 41.82264	- 0.07089	- 0.01274		
UAI 2000	ζ_A		23062.181	30.188	17.998				
B03		2.72767	23060.80472	30.23262	18.01752	- 0.05708	- 0.03040	- 0.00013	
UAI 2006		2.650545	23060.83227	29.88499	18.01828	- 0.05971	- 0.03173		
UAI 2000	z_A		23062.181	109.468	18.203				
B03		- 2.72767	23060.76070	109.56768	18.26676	- 0.28276	- 0.02486	- 0.00005	
UAI 2006		- 2.650545	23060.77181	109.27348	18.26837	- 0.28596	- 0.02904		

4.3. MODÈLES DE NUTATION

Cette section introduit les développements théoriques et les concepts géophysiques sur lesquels est construit le modèle de précession-nutation MHB2000 (Mathews et al., 2002), base du modèle IAU2000. Il présente aussi les principales différences entre cette nouvelle modélisation et le modèle dynamique de Wahr (1981) qui a servi de base au modèle IAU1980 (Seidelmann, 1982).

4.3.1. Introduction

Les planètes et les satellites de notre système solaire sont tous animés d'un mouvement de rotation sur eux-mêmes. Si ces corps étaient sphériques, rigides et isolés, leur rotation resterait uniforme au cours du temps. Mais l'interaction gravitationnelle entre les corps célestes proches ou très massifs perturbe leur rotation en créant des variations de la durée d'une rotation (longueur du jour) et en modifiant l'orientation de l'axe de rotation par rapport à la surface de la planète (mouvement du pôle) et dans l'espace (précession-nutation). La définition précise de ces mouvements et leur séparation sont établies à partir de leurs fréquences. Dans la pratique, le mouvement du pôle est défini par le mouvement dans le repère terrestre d'un pôle fictif, le CIP. Dans cette définition on exclut le mouvement diurne rétrograde dans le repère terrestre qui est pris en compte, dans le repère céleste, par la nutation (*cf.* 4.1.1).

À cause de leur élasticité, de leur rotation et de leur dynamique interne, les corps du système solaire ne sont pas sphériques. Ils présentent notamment un renflement à l'équateur. De plus, l'axe associé à leur rotation n'est pas toujours perpendiculaire au plan de l'orbite. Par conséquent, l'attraction gravitationnelle exercée par le Soleil et les autres corps massifs ou proches ne s'exerce pas symétriquement sur le bourrelet équatorial. Ceci crée un couple de forces tendant à aligner l'axe de rotation sur le plan de l'orbite. À cause de ces effets, ces corps réagissent comme un gyroscope :

leur axe de rotation décrit un cône d'ouverture constante. Ce mouvement est appelé précession astronomique.

Comme les positions relatives des corps du système solaire varient de façon périodique, le moment du couple de forces qui agit sur le bourrelet équatorial n'est pas constant. Ceci entraîne des oscillations de l'axe de rotation autour du cône de précession, ce sont les nutations astronomiques. Enfin, la présence sur notre planète de couches fluides superficielles (atmosphère, hydrosphère, océan) et celle d'une couche fluide interne (noyau liquide) entraînent des variations additionnelles de la rotation.

Le calcul du moment des forces astronomiques et des nutations pour une Terre rigide qui y sont associées, s'effectue dans un cadre de mécanique céleste en utilisant des éphémérides de position des planètes et de la Lune. En outre, la Terre ne peut être considérée comme un corps rigide et doit donc être traitée comme un système complexe : sa réponse au moment de force astronomique est altérée par les interactions internes au système Terre. Ce système est constitué de trois couches principales :

- un manteau viscoélastique en convection ;
- un noyau liquide, composé principalement de fer liquide et qui est le lieu d'intenses mouvements hydromagnétiques associés à la création et à l'entretien du champ magnétique terrestre ;
- une graine solide, composée également principalement de fer.

Dans le cadre des nutations, la convection et la viscosité dans le manteau, les interactions fluides-solides (pression et friction essentiellement) entre le noyau et le manteau et entre le noyau et la graine, ont un effet observable sur la réaction de la Terre à l'excitation astronomique. Pour tenir compte de ces facteurs, on définit une *fonction de transfert*, c'est-à-dire une fonction qui donne la réponse de la Terre à une force d'excitation unitaire. Les développements théoriques et les observations nous ont montré que cette fonction est différente pour des fréquences différentes. Elle est donc donnée en fonction de la fréquence de l'excitation.

Les nutations sont observées très précisément par les techniques de pointe de la géodésie spatiale (essentiellement le VLBI). On peut donc calculer une fonction de transfert empirique, comme le rapport entre la réponse de la Terre à chaque fréquence et la réponse au moment de force astronomique qu'aurait une Terre rigide. On peut aussi, à partir des connaissances actuelles de l'intérieur de la Terre, calculer une fonction de transfert théorique par intégration numérique d'équations aux déformations. La comparaison entre les deux approches permet d'évaluer et d'améliorer la fonction de transfert théorique. Ceci a conduit les scientifiques à converger vers un modèle adopté par les unions internationales, en 2000 par l'UAI et en 2003 par l'Union de Géodésie et Géophysique Internationale (UGGI). Le modèle de précession-nutation adopté est un modèle semi-analytique, c'est-à-dire basé sur une fonction de transfert pour un modèle simple de Terre dont quelques paramètres physiques sont estimés de manière à minimiser les résidus entre les nutations observées et les nutations modélisées. Ce type de modèle est un bon compromis entre un modèle numérique basé sur les observations, plus précis, mais n'apportant aucune information sur la physique, et un modèle purement théorique, qui est une mine d'informations sur la physique, mais n'est pas encore assez précis pour l'utilisation dans la réduction des observations. Toutefois, le développement de tels modèles théoriques est un passage obligé pour une meilleure compréhension et une meilleure modélisation des interactions qui se produisent dans le système Terre.

Le modèle actuellement adopté est construit sur une théorie simplifiée, mais déjà très complexe, qui utilise les équations de bilan du moment cinétique dans un repère lié à la Terre. Elles consistent à exprimer d'une part, les couples de force qui agissent sur la Terre et aux différentes interfaces à l'intérieur de la Terre, et d'autre part, les variations temporelles du moment cinétique des différentes couches à l'intérieur de la Terre. Celui-ci fait intervenir, pour chaque couche, les répartitions des masses à l'intérieur de la couche dans des surfaces déformées et la rotation propre de cette couche. Ces équations appelées *équations de Liouville* (cf. 4.1.3.1) permettent d'obtenir la position de l'axe de rotation instantané dans le repère terrestre (le mouvement du CIP est déduit par des relations simples pour chacune des fréquences en jeu). Les théoriciens utilisent des approximations linéaires en de petites quantités dans les équations pour résoudre le système.

Un ensemble d'améliorations a été considéré dans le dernier modèle adopté MHB2000 :

- Le modèle intègre la présence d'une graine penchée à l'intérieur du noyau liquide (on considère que l'axe principal d'inertie de la graine et celui du noyau peuvent être non alignés) dans un champ magnétique et considère l'ensemble des couplages gravitationnels entre les différentes couches ellipsoïdales à l'intérieur de la Terre, ainsi que les couplages électromagnétiques aux deux interfaces du noyau.
- Les déformations sont traitées par l'intermédiaire des changements dans la matrice d'inertie (représentant la répartition des masses à l'intérieur de la Terre ou des différentes couches) et des changements de forme des interfaces et de la surface de la Terre.
- Les effets des marées des océans à la surface de la Terre engendrées par les forces gravitationnelles de la Lune et du Soleil sont également pris en considération.
- Les effets diurnes de l'atmosphère ne sont pris en compte que pour une fréquence (la fréquence correspondant à exactement un jour solaire est la fréquence principale de ce phénomène), et l'amplitude est évaluée à partir des observations.

Il est à noter que le modèle contient des résonances à cause de la forme ellipsoïdale de la graine et du noyau. Les modes de vibration propre d'un système sont liés à sa forme, sa composition et sa structure. Ces résonances induisent des amplifications dans des fréquences proches de $(1+1/430)$ cycle/jour, fréquence de la nutation libre du noyau et de $11/1000$ cycle/jour, fréquence de la nutation libre de la graine.

4.3.2. Précession, nutation et mouvement du pôle

Les théories géophysiques de nutation pour une Terre non rigide supposent, en première approximation, que la Terre est un ellipsoïde de symétrie axiale. A désigne les moments d'inertie par rapport aux axes équatoriaux et C le moment d'inertie par rapport à l'axe polaire. On a $C = (1 + e)A$ où e est l'*ellipticité dynamique* qui vaut environ $1/300$. (En astronomie, on note $H_d \equiv e/(1 + e)$, l'ellipticité dynamique). Le mouvement de nutation est engendré par le moment des forces agissant sur la Terre autour d'un axe équatorial. Ce moment de force est produit par l'attraction gravitationnelle des objets du système solaire (principalement la Lune et le Soleil) sur la structure ellipsoïdale de la Terre caractérisée par le paramètre e ; le moment de force est donc proportionnel à e . La majeure partie du travail mis en place pour obtenir une modélisation précise de la nutation

porte sur cette partie dynamique dominante, présentant un spectre de basses fréquences avec des fréquences de moins de 1/2 cycle par jour sidéral (cpsd, cycle per sidereal day) en amplitude, 1 cpsd étant équivalent à la fréquence angulaire moyenne Ω_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 ν cpsd soit $\sigma = \nu - 1$ cpsd, et que son amplitude $\tilde{m}(\sigma)$ et l'amplitude $\tilde{\eta}(\nu)$ de la nutation soient liées par

$$\tilde{m}(\sigma) = -(1 + \sigma)\tilde{\eta}(\nu), \quad \sigma = \nu - 1, \quad (4.3.1)$$

et cela, indépendamment du choix de la modélisation rigide ou non rigide de la Terre. La fonction de transfert, définie comme le rapport (sous forme d'une fonction de la fréquence) entre l'amplitude d'un modèle de Terre réaliste (non rigide) et celle obtenue à partir d'un modèle de Terre rigide, est alors la même pour les nutations et les mouvements de l'axe instantané de rotation du manteau associés :

$$\frac{\tilde{\eta}(\nu)}{\tilde{\eta}_R(\nu)} = \frac{\tilde{m}(\sigma)}{\tilde{m}_R(\sigma)}, \quad (4.3.2)$$

où l'indice R indique les amplitudes pour une Terre rigide. Les amplitudes de la nutation sont celles de nutations circulaires progrades et rétrogrades, qui apparaissent par paires avec les fréquences $\nu_p > 0$ et $\nu_r = -\nu_p < 0$. La contribution de chacune d'entre elles à $\Delta\psi(t)$ et $\Delta\epsilon(t)$ est :

$$(\Delta\psi(t) \sin \epsilon_0 + i\Delta\epsilon(t))_\nu = -i\tilde{\eta}(\nu)e^{i\Xi_\nu(t)}, \quad (4.3.3)$$

où $\Xi_\nu = \pm(\arg)$ pour la composante prograde ($\nu = \nu_p$), (\arg) étant l'argument du terme des séries de la nutation considéré ; \pm est le signe de $d(\arg)/dt$ ou de la période de ce terme de nutation (par

exemple, $-$ pour le terme de 18.6 ans et $+$ pour le terme annuel) ; et $d\Xi_\nu/dt = \nu_p\Omega_0$. Pour le terme rétrograde, \pm doit être remplacé par \mp . L'équation (4.3.3) conduit aux relations reliant $\tilde{\eta}(\nu_p)$ et $\tilde{\eta}(\nu_r)$ aux coefficients de $\cos(\arg)$ et $\sin(\arg)$ dans $\Delta\psi$ et $\Delta\epsilon$ (voir, par exemple, Defraigne et al., 1995).

Les *équations dynamiques* de la théorie MHB2000 sont les équations de bilan du moment cinétique décrites dans un repère de référence terrestre (équations de moments de force). On trouvera dans Mathews et al. (1991) une description générale de ces équations, qu'il faut encore compléter par des termes représentant les nouveaux aspects géophysiques du modèle.

Ces équations décrivent les variations des vecteurs vitesse angulaire $\mathbf{\Omega}$, $\mathbf{\Omega}_f$, $\mathbf{\Omega}_s$ du manteau, du noyau externe fluide et du noyau interne solide, sous la forme

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

où $\Omega_0\mathbf{i}_3 \equiv \mathbf{\Omega}_0$ est le vecteur vitesse angulaire moyenne du manteau, \mathbf{i}_3 étant son axe de moment d'inertie maximum, que l'on choisit confondu avec l'axe polaire du repère terrestre de référence (TRF, Terrestrial Reference Frame). Les deux premières composantes (équatoriales) de \mathbf{m} sont les variables du mouvement de l'axe instantané de rotation du manteau. Celles de \mathbf{m}_f et \mathbf{m}_s représentent des mouvements des axes instantanés de rotation différentielle du noyau externe fluide et de la graine solide par rapport au manteau. Les troisièmes composantes de ces vecteurs décrivent les variations des vitesses de rotation de chacune des régions. Un autre paramètre à introduire dans la dynamique du problème est la déviation \mathbf{n}_s de la direction de l'axe de symétrie de la graine par rapport à \mathbf{i}_3 . Les trois équations de bilan du moment cinétique ainsi que l'équation cinématique reliant \mathbf{n}_s à \mathbf{m}_s , constituent un système de quatre équations vectorielles couplées pour les variables dynamiques \mathbf{m} , \mathbf{m}_f , \mathbf{m}_s , et \mathbf{n}_s (toutes très faibles en amplitude, typiquement d'environ 10^{-8} radian). Les propriétés de la Terre importantes pour la nutation sont prises en considération dans ces équations par l'intermédiaire de paramètres que nous appellerons dans la suite les BEP (Basic Earth Parameters). Par exemple, les ellipticités dynamiques de la Terre globale e , du noyau fluide e_f et de la graine solide e_s font partie des BEP, de même que les paramètres représentant les déformations des différentes régions. Dans les équations de bilan du moment cinétique, les termes non linéaires par rapport aux variables dynamiques ne contribuent que marginalement aux solutions. Il faut donc, en premier lieu, linéariser les équations, ce qui transforme le système des quatre équations en deux systèmes d'équations indépendants, l'un pour les mouvements de l'axe instantané de rotation, impliquant seulement les deux premières composantes de chacun des quatre vecteurs, et l'autre pour les variations des vitesses de rotation. Les solutions du système homogène des équations des mouvements de l'axe instantané de rotation donnent les fréquences des modes normaux de rotation de la Terre (on considère les moments de force extérieurs nuls). La solution du système non-homogène donne les mouvements forcés pour les trois régions en réponse à un potentiel extérieur connu. Une fois les amplitudes des mouvements de l'axe instantané de rotation du manteau calculées pour une Terre non rigide, la fonction de transfert est obtenue directement, puisque l'amplitude de ces mouvements pour une Terre rigide est une fonction très simple de la fréquence. Les amplitudes des nutations pour une Terre non rigide peuvent alors être déterminées en multipliant les amplitudes correspondantes pour une Terre rigide par la fonction de transfert. Des tables regroupant les amplitudes des nutations pour une Terre rigide sont disponibles avec des précisions inférieures à 1 microseconde de degré (μas). 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 $\boldsymbol{\omega} = \Omega_o \mathbf{m}$ et $\boldsymbol{\omega}_f = \Omega_o \mathbf{m}_f$, en négligeant les termes de second ordre, on retrouve dans les équations obtenues (*équations de Liouville*) les termes hors diagonale c_{13} et c_{23} du tenseur d'inertie, en plus des deux premiers éléments diagonaux de $[C]$. Ces derniers sont égaux puisque l'on suppose une symétrie axiale, les termes hors diagonale étant nuls en l'absence de perturbations extérieures. En multipliant la seconde équation par i et en l'ajoutant à la première, on obtient une équation simple pour les quantités complexes $\tilde{m} \equiv m_1 + im_2$ et $\tilde{m}_f \equiv m_{f1} + im_{f2}$, $\tilde{c}_3 \equiv c_{13} + ic_{23}$ et $\tilde{c}_3^f \equiv c_{13}^f + ic_{23}^f$. Pour toutes ces quantités, l'indice ou l'exposant f se rapporte au noyau fluide. Pour les mouvements de l'axe instantané de rotation de fréquence σ cpsd, $\tilde{m} = \tilde{m}(\sigma)e^{i\sigma\Omega_o t}$, $\tilde{m}_f = \tilde{m}_f(\sigma)e^{i\sigma\Omega_o t}$, $\tilde{c}_3 = c_3(\sigma)e^{i\sigma\Omega_o t}$, $\tilde{c}_3^f = c_3^f(\sigma)e^{i\sigma\Omega_o t}$ et l'équation s'écrit finalement

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

Pour les termes principaux de nutation décrits en 4.3.1, le moment de force est presque entièrement dû à l'action de la partie tessérale de terme de degré deux (harmonique sphérique de degré 2 et d'ordre 1) du potentiel en e : $\tilde{\Gamma}(\sigma) = -ieA\tilde{\phi}(\sigma)$.

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

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

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

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

Le dernier terme représente le couplage électromagnétique entre le noyau et le manteau, K^{CMB} étant la constante complexe de couplage.

Les déformations du noyau et de la Terre globale sont représentées par \tilde{c}_3^f et \tilde{c}_3 , respectivement. Elles proviennent,

- (a) de l'action directe du potentiel de marées $\tilde{\phi}$,
- (b) de l'action des potentiels supplémentaires centrifuges produits par les rotations des différentes régions,

(c) de la surcharge sur la croûte des marées océaniques.

Les deux premiers points conduisent à l'expression

$$\tilde{c}_3 = A[\kappa(\tilde{m} - \tilde{\phi}) + \xi\tilde{m}_f], \quad \tilde{c}_3^f = A_f[\tilde{\gamma}(\tilde{\phi} - \tilde{m}) + \beta\tilde{m}_f], \quad (4.3.9)$$

où κ, γ, ξ , et β 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} ; ξ et β 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 σ 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 4×4 . 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 σ (dans l'approximation linéarisée des équations de moments de force). L'estimation de cette amplitude est faite pour chaque fréquence ν des séries de nutation de la Terre rigide. Les amplitudes de la nutation circulaire déterminées à partir du modèle de Terre rigide REN2000 de Souchay et al. (1999) ont été utilisées par Mathews et al. (2002) dans le calcul des amplitudes de la Terre non rigide correspondantes. Le résultat final inclut plusieurs petites corrections. Les premières sont celles, mentionnées précédemment, dues aux contributions des termes non linéaires dans les équations. D'autres modélisent un effet relativiste nommé *nutation géodésique* (voir par exemple Brumberg et al., 1992) ; d'autres, enfin, estimées empiriquement, se rapportent à l'effet des marées thermiques atmosphériques. Les amplitudes progrades et rétrogrades de la nutation sont enfin converties en coefficients de nutation en longitude et obliquité. Une correction due aux termes non linéaires est aussi appliquée à la constante de la précession.

Si tous les paramètres des équations de bilan du moment cinétique avaient été indépendants de la fréquence, on aurait pu calculer les amplitudes pour une Terre non rigide, pour toutes les fréquences, en appliquant les formules de la fonction de transfert aux amplitudes connues pour une Terre rigide, en utilisant les valeurs données par la théorie pour les fréquences des modes de nutation libre et les coefficients correspondants. Mais, puisque les contributions des effets de marées océaniques dans l'estimation des paramètres de la matrice dynamique sont dépendantes des fréquences, nous devons nous contenter d'une formulation approximative peu satisfaisante associée à des corrections à appliquer à certaines amplitudes de nutation. Ces corrections ont été déterminées à partir de la solution exacte des équations de bilan du moment cinétique calculée pour chaque fréquence. La formulation donnée par Mathews et al. (2002) pour la fonction de transfert est :

$$\frac{e_R - \sigma}{e + 1} \frac{e}{e_R} \left[1 + (1 + \sigma) \left(Q_0 + \sum_{\alpha=1}^4 \frac{Q_\alpha}{\sigma - s_\alpha} \right) \right] \tag{4.3.10}$$

où les s_α sont des compromis entre les fréquences propres des quatre oscillations libres. On trouvera des valeurs numériques et des résultats détaillés dans Mathews et al. (2002), ainsi que des discussions approfondies concernant les implications géophysiques des valeurs obtenues par ajustement aux observations de nombreux paramètres de la Terre. Les résonances associées à la nutation libre du noyau (FCN, Free Core Nutation et PFCN, Prograde Free Core Nutation) influencent fortement un grand nombre de termes de nutation forcés pour les fréquences proches

de leurs fréquences propres (en particulier la nutation annuelle rétrograde et la nutation en 18.6 ans). Grâce à l'impact de ces résonances, il a été possible de déduire de nombreuses propriétés physiques de la Terre jouant un rôle significatif dans la détermination et la caractérisation de ces modes.

Une question ouverte concerne l'effet des variations de la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même sur la nutation de période 18.6 ans (Bretagnon et al., 2000). De cet effet pourraient résulter de petits termes non linéaires négligés dans les relations cinématiques (4.3.1) et (4.3.2). Depuis, il a été montré (Lambert et Capitaine, 2004) que cet effet pouvait être annulé si l'incrément du vecteur de moment de force induit par la variation de la vitesse de rotation était pris en considération. Par la suite, Lambert & Mathews (2006) ont traité la totalité des termes non linéaires qui complètent les équations de Liouville linéarisées, et calculé leurs effets sur la précession et la nutation.

4.3.7. Fréquences des nutations et mouvement du pôle

Afin de compléter cette description des variations de la rotation de la Terre (autres que celles de la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même), nous allons considérer brièvement les variations induites par les déviations de la structure terrestre par rapport à un ellipsoïde axisymétrique. De telles structures sont décrites par l'intermédiaire des coefficients du géopotential (C_{nm}, S_{nm}) où $n = 3, 4, \dots$. Pour tout m différent de zéro, les nutations générées sont en dehors de la bande des basses fréquences. Ces mouvements peuvent aussi être considérés comme des mouvements du pôle de fréquences se trouvant en dehors de la bande de fréquences rétrogrades diurnes qui s'étend de $-(3/2)$ cpsd à $(-1/2)$ cpsd. C'est ce dernier point de vue qui est recommandé par l'UAI (2001). Ce mouvement est celui du pôle défini par ces résolutions, ses coordonnées dans le repère de référence terrestre étant notées $(x_p(t), -y_p(t))$. Les seules composantes spectrales du mouvement ayant des amplitudes supérieures à $1 \mu\text{as}$ correspondent soit à des mouvements de basses fréquences induits par un potentiel de marées d'ordre 3 et de degré 0 agissant sur les coefficients du géopotential ($C_{3,1}$ et $S_{3,1}$), soit à des mouvements du pôle diurnes progrades induits par un potentiel tesséral 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° ouest. Ce terme n'a pu être déterminé avec précision que grâce à l'accumulation de données sur le mouvement

du pôle, notamment depuis la contribution des données spatiales depuis plusieurs décades ainsi que par l'utilisation de modèles précis de mouvements locaux des stations d'observation dus aux plaques tectoniques. Ces variations séculaires qui apparaissent dans le mouvement du pôle sont généralement attribuées aux effets du rebond postglaciaire, réponse lente et anélastique de la Terre à la fonte des glaces des calottes polaires depuis le dernier âge glaciaire il y a environ 10 000 ans. Ce phénomène est responsable des variations du terme zonal d'ordre deux, noté J_2 , ainsi que celles d'autres termes du modèle de champ de gravité de la Terre observées notamment par télémétrie laser du satellite Lageos. Les échelles de temps concernées par le rebond postglaciaire sont si grandes, plusieurs milliers d'années, que le mouvement séculaire du pôle apparaît comme un terme linéaire. L'étude du rebond postglaciaire est de grande importance pour l'analyse de la variation du niveau de la mer provenant du réchauffement global. Les mouvements verticaux de l'ordre de quelques millimètres par an sont comparables aux effets provenant de l'expansion thermique et de ceux résultant de la fonte des glaces. Les données récentes du mouvement du pôle sont sensibles aux redistributions de masse et donnent de fortes contraintes sur les modèles de variation du niveau de la mer. Des études récentes montrent que les fontes de glaciers et les bassins hydrologiques pourraient être également responsables de 20% de l'excitation du mouvement observé du pôle séculaire. Plusieurs auteurs dans le passé ont mis en évidence l'existence d'un terme décennal de période d'environ 20 à 30 ans dite oscillation de Markowitz. L'existence de ce terme que certains ont attribué à des erreurs systématiques dans la position de stations d'observation est cependant controversée.

4.4.2.2. UT1

UT1 est l'angle de rotation autour du pôle. Il est défini par une relation conventionnelle (IERS, 2003) et donne accès à la direction de l'IRM dans l'ICRS. Il est en fait exprimé comme l'une des différences UT1-TAI ou UT1-UTC. DUT1 est la différence UT1-UTC exprimée avec une précision de ± 0.1 s ; elle est diffusée avec les signaux horaires et annoncée par l'IERS. La différence entre la longueur du jour relative à la rotation de la Terre, LOD , et les 86 400 s du TAI, est appelée l'excès de la durée du jours ΔLOD . 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 Ω est en picoradians/s et ΔLOD en millisecondes (ms).

UT1 et par suite ΔLOD et Ω , 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 ΩR sont les valeurs de UT1, ΔLOD , et Ω corrigées des termes à courtes périodes inférieures à 35 jours. L'amplitude de $UT1R-UT1$ est inférieure à 2.5 ms. La différence $\Delta LODR - \Delta LOD$ est inférieure à 1 ms. Les données fournies par l'IERS n'incluent pas les effets des variations semi-diurnes et diurnes données également par un modèle (IERS, 2003). La différence UT1-UTC n'est théoriquement pas affectée par les nouvelles résolutions de l'UAI.

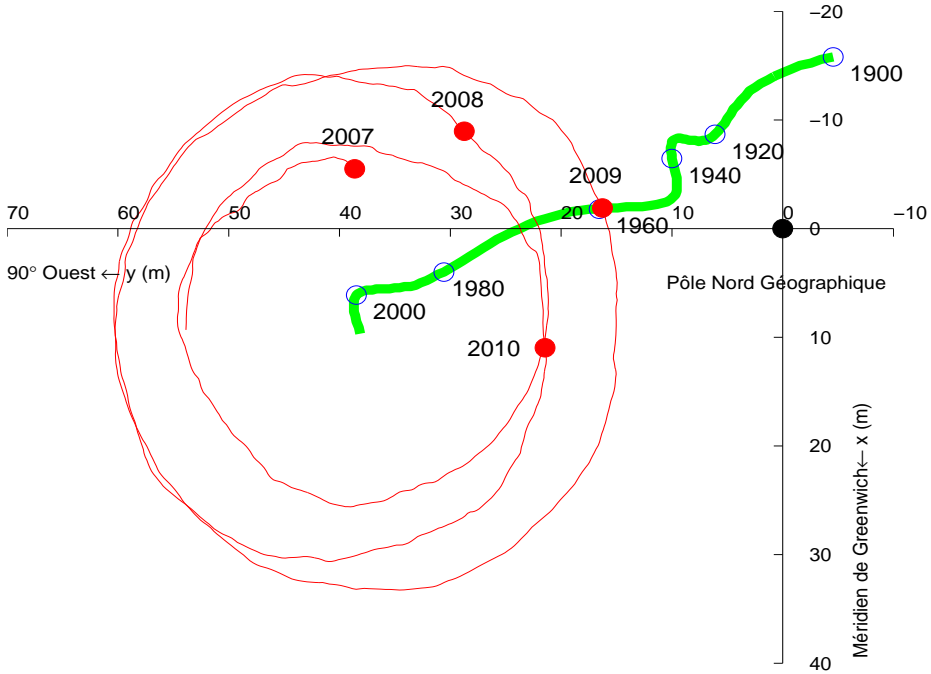


Fig. 4.4. Polhodie 2001-2004 et pôle moyen depuis 1900. L'unité est la seconde de degré.
L'axe des x est dirigé positivement vers le méridien de Greenwich, l'axe des y est dirigé positivement vers la direction 90° ouest.

4.4.2.3. Excès ΔLOD de la durée du jour sur les 86400s

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

1) Le ralentissement séculaire. L'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil produit le phénomène de marée dont le frottement entraîne une dissipation d'énergie. Cela donne lieu à un ralentissement séculaire de la rotation terrestre. En se basant sur des mesures anciennes et modernes, on peut estimer que l'accroissement régulier dans la longueur du jour qui en résulte est de l'ordre de 2 ms par siècle. Si l'on considère que ce ralentissement existe depuis les temps géologiques, on peut estimer que la rotation terrestre se faisait en 22 heures, il y a cent millions d'années. Il faut ajouter à ce terme séculaire des variations périodiques produites par les marées dues aux couples gravitationnels de la Lune et du Soleil. Les principales périodes sont de 18.6 ans, 1 an, 6 mois, 27.56 et 13.66 jours avec une amplitude globale de l'ordre d'une milliseconde dans la durée du jour.

2) Des variations irrégulières décennales dont l'amplitude est de l'ordre de 3 à 4 millisecondes oscillant sur des périodes comprises entre 20 et 60 ans. Leurs origines sont d'ordre géophysique

interne et sont généralement attribuées au couplage entre le noyau et le manteau terrestres et partiellement aux phénomènes océano-atmosphériques à grande échelle, de type El Nino. La vitesse de rotation de la Terre est connue avec une bonne précision depuis les années 1970. Auparavant on disposait de mesures issues des observations d'astrométrie optique classique pour lesquelles la précision était un peu moins bonne. Ce sont les phénomènes d'occultations d'étoiles par la Lune qui fournissent les mesures antérieures. Les éclipses anciennes peuvent également apporter des informations sur les variations à long terme de la vitesse de rotation. Cependant la précision qu'elles donnent est médiocre.

3) Des variations saisonnières, principalement annuelle et semi-annuelle et également inter-annuelles dues essentiellement à la circulation atmosphérique. Si l'on considère la Terre solide et l'atmosphère comme un tout, l'une des lois fondamentales de la mécanique d'un système isolé postule la conservation du moment cinétique global de l'ensemble de la Terre solide et de son atmosphère. Une variation du moment cinétique de l'atmosphère entraînera donc une variation opposée du moment cinétique de la Terre. Un vent d'ouest violent aura pour conséquence un ralentissement de la Terre, faible mais détectable par les techniques actuelles. À ces fluctuations il faut aussi ajouter la contribution de la circulation océanique et celle du cycle hydrologique sur les continents (pluies, neiges), mais dont la participation au bilan global, quoique mesurable est négligeable (moins de 5%).

4) Des variations irrégulières ayant principalement pour origine des phénomènes rapides atmosphériques et océaniques. En outre, les forces externes appliquées au système climatique dans la haute atmosphère, principalement dues au vent solaire et aux autres forces électromagnétiques, ont dans ce contexte une faible influence. Elles peuvent de ce fait être négligées. Ceci laisse alors libre place à l'important problème géophysique constitué par la détermination et l'étude des effets internes. La figure 4.5 représente le filtrage de l'excès de la durée du jour sous forme de termes décennaux, saisonniers et irréguliers.

4.4.2.4. Pôle céleste et écarts au pôle céleste ($\delta\Delta\psi_{2000}$, $\delta\Delta\epsilon_{2000}$)

La précession-nutation se réfère au CIP, qui ne contient par définition, que des termes dont la période dans le repère céleste est supérieure à 2 jours. Elle comporte une partie séculaire et des termes périodiques (principalement de période 18.6 ans, 1 an, 0.5 an et 14 jours). Les oscillations résiduelles sont attribuées à la nutation libre de la Terre. L'IERS ne fournit pas directement les coefficients de la précession-nutation mais les écarts δX et δY 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 δX et δY sont maintenant inférieures à 1 mas et reflètent principalement les effets de la FCN que l'on peut difficilement modéliser. Elles ne peuvent donc pas être incorporées au nouveau modèle de nutation IAU2000 (figure 4.6).

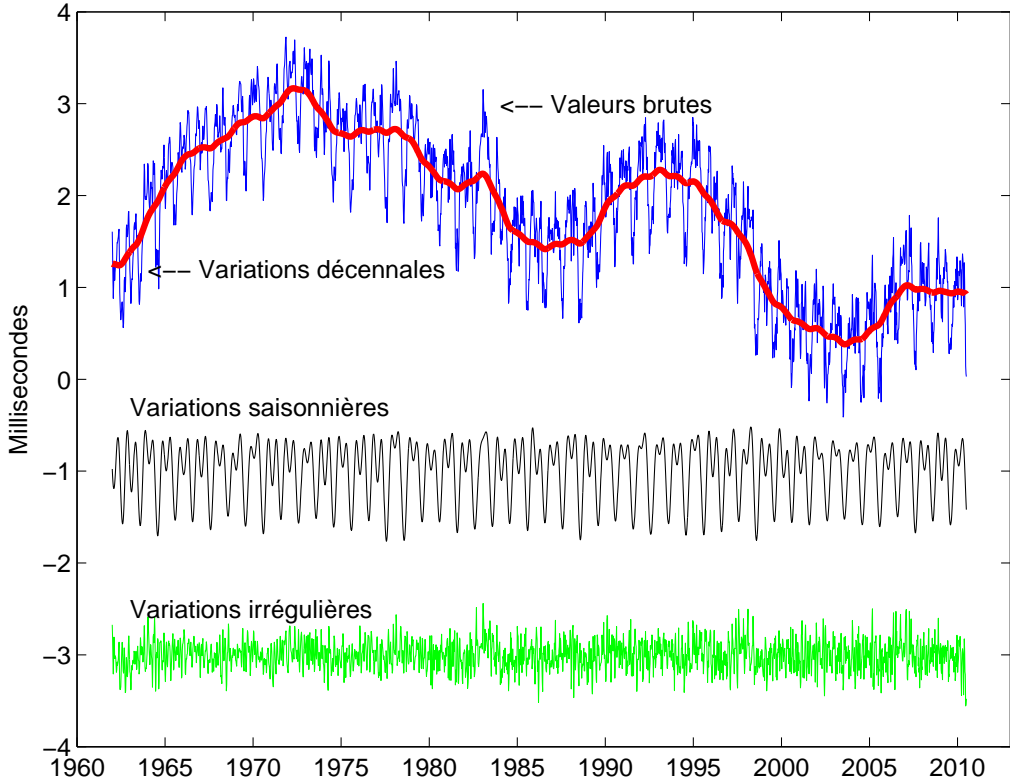


Fig. 4.5. Filtrage de ΔLOD , variations décennales, saisonnières et irrégulières. L'unité est la milliseconde.

4.4.2.5. Variations du temps universel, relations avec les échelles de temps atomique TAI et UTC

L'échelle de temps TAI, réalisée par des phénomènes physiques et calculée par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) (*cf.* chapitre 2) est dissociée du Temps universel déterminé par la rotation de la Terre. Son intervalle unitaire est exactement d'une seconde SI rapportée au niveau moyen des mers. L'origine du TAI est telle que la différence $UT1-TAI$ est approximativement égale à zéro le 1^{er} janvier 1958. Les instabilités de TAI sont environ 10^6 fois plus faibles que celles de $UT1$. UTC a été défini par la recommandation 460-4 de l'International Radio Consultative Committee (1986). Cependant TAI et le temps universel $UT1$ s'écartent au fil des années à cause du choix de la seconde du TAI, un peu trop courte par rapport à la seconde définie astronomiquement et aussi à cause des fantaisies de la rotation de la Terre. À l'allongement d'environ 2 millisecondes par siècle dû aux marées s'ajoutent des variations saisonnières ou imprévisibles se mesurant aussi en millisecondes. Pour diverses applications, notamment pour la navigation spatiale, on a voulu garder une relation entre le temps de la physique et la rotation de la Terre dans le repère céleste. On a donc défini une nouvelle échelle de temps, le *temps universel coordonné* (UTC, Universal Time Coordinated) calqué sur le TAI mais comprenant une correction de quelques secondes qui l'astreint à rester proche de $UT1$ et tel que $|UT1 - UTC| < 0,9$ s. Lorsque la différence risque

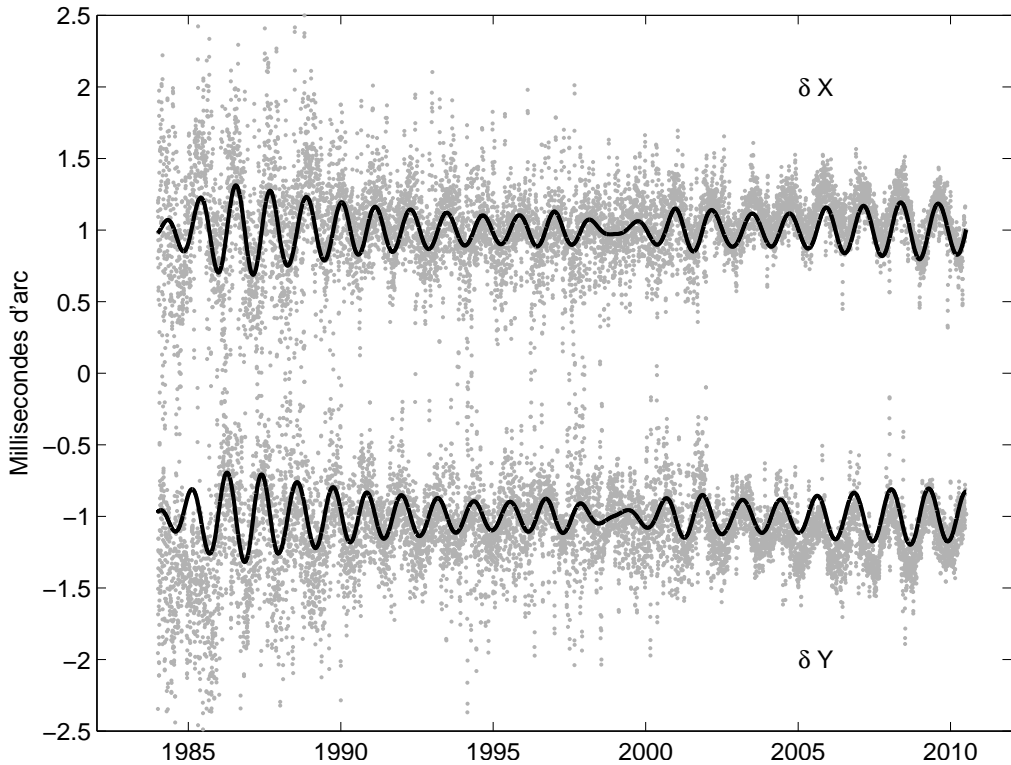


Fig. 4.6. Écart δX et δY du pôle céleste. La courbe en trait continu représente la FCN. L'unité est le mas.

de dépasser 1 seconde on introduit dans UTC une seconde intercalaire appelée de manière impropre *saut de seconde* (leap second). Selon cette dernière condition, la décision, ou la non-décision, d'introduire un saut de seconde dans UTC relève de l'IERS et est annoncée dans le Bulletin C six mois à l'avance. Selon les recommandations du CCIR, les dates d'application préférentielles sont un 31 décembre ou un 30 juin de l'année. L'application est mise en œuvre par les autorités nationales responsables de la diffusion du temps. L'organisme français concerné est le Bureau national de métrologie (BNM/SYRTE, sis à l'observatoire de Paris). La dernière seconde intercalaire fut introduite le 1^{er} juillet 2012 à 0h UTC, soit à 1 heure temps légal en France.

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 (μs) 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, *Adv. Space Research* **36(3)**, 342.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2002, ITRF2000 : A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications, *J. Geophys. Res.* **107 (B10)**, 2214, doi :10.1029/2001JB000561.
- Anderson, P.H. : 1995, High-precision station positioning and satellite orbit determination, *Ph.D. Thesis, NDRE/publication 95/01094*, FFI/ E, Box 25, N-2007, Kjeller, Norway.
- Barnes, R.T.H., Hide, R., et al. : 1983, Atmospheric angular momentum fluctuations, length-of-day changes and polar motion dans *Proc. R. Soc. Lond.* **387**, 31.
- Bevington, P.R. :1969, Data reduction and error analysis for the physical sciences, *McGraw-Hill Book Company*, New York, USA.
- Bougeard, M., Gambis, D., Ray, R. : 2000, Algorithms for box constrained M-estimation : fitting large data sets with applications to Earth Orientation Parameters series, *Physics and Chemistry of the Earth* **25(9-11)**, 679.
- Bretagnon, P., Fienga, A., Simon, J.-L. : 2003, Expressions consistent with the IAU 2000A model, *Astron. Astrophys.* **400**, 785.
- Bretagnon, P., Francou, G. : 1988, Planetary theories in rectangular and spherical variables. VSOP87 solutions, *Astron. Astrophys.* **202**, 309.
- Bretagnon, P., Francou, G., et al. : 1998, SMART97 : a new solution for the rotation of the rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **329**, 329.
- Bretagnon, P., Rocher, P., Simon, J.-L. : 1997, Theory of the rotation of the rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **319**, 305.
- Bretagnon, P., Rocher, P., Simon, J.-L. : 2000, Nonrigid Earth Rotation Solution, in : *Towards Models and Constants for Sub-microarcsecond Astrometry.*, IAU Colloquium 180, K. Johnson, D. McCarthy, B. Luzum, G. Kaplan, eds, Washington, USA, 230.
- Brumberg, V.A., Bretagnon, P., Francou, G. : 1992, in *Systèmes de référence spatio-temporels. Journées 1991*, N. Capitaine, ed., observatoire de Paris
- Capitaine, N., Wallace, P.T., Chapront, J. : 2003, Expressions for IAU 2000 precession quantities *Astron. Astrophys.* **412**, 467.
- Capitaine, N., Wallace, P.T., Chapront, J. : 2004, Comparison between high precision precession models for the ecliptic and the equator, *Astron. Astrophys.* **421**, 365.
- Chapront-Touzé, M., Chapront, J. : 1983, The lunar ephemeris ELP2000, *Astron. Astrophys.* **124**, 50.
- Chapront-Touzé, M., Chapront, J. : 1988, ELP2000-85 : a semi-analytical lunar ephemeris adequate for historical times, *Astron. Astrophys.* **190**, 342.
- Defraigne, P., Dehant, V., Paquet, P. : 1995, Link between the retrograde-prograde nutations and nutations in obliquity and longitude, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **62**, 363.

- Dziewonski, A.D., Anderson, D.L. : 1981, Preliminary Reference Earth Model., *Phys. Earth planet. Inter.* **25**, 297.
- Eubanks, T.M. : 1993, Variations in Earth Orientation, in *Contributions of Space Techniques to geodynamics*, Smith, D.E., Turcotte, D.L., eds, Wahshington D.C., 1.
- Fukushima, T. : 2003, A New precession formula, *Astron. J.* **126**, 1.
- Gambis, D. : 2002, Allan Variance analysis applied to Earth Orientation Analysis, *Adv. Space Research* **30(2)**, 207.
- Gambis, D. : 2004, Monitoring Earth Orientation at the IERS using space-geodetic observations., *J. of Geodesy*, 78.
- Gross, 2000, The excitation of the Chandler wobble. *Geophys. Res. Lett.* **27**, 2329.
- Gwinn, C. R., Herring, T. A., Shapiro, I. I. : 1986, Geodesy by radiointerferometry : studies of the forced nutations of the Earth, 2. Interpretation, *J. Geophys. Res.* **91**, 4755.
- Hilton, J.L., Capitaine, N., Chapront, J., Ferrandiz, J.M., Fienga, A., Fukushima, T., Getino, J., Mathews, P., Simon, J.-L., Soffel, M., Vondrak, J., Wallace, P., Williams, J. : 2006, Report of the International Astronomic Union Division I Working Group on Precession and the Ecliptic, *Cel. Mech. Dyn. Astron.* **94**, 351.
- IERS : 2000, IERS Conventions 2000, <http://www.usno.mil/Conventions2000>, draft.
- IERS : 2003, IERS Conventions 2003, *IERS Technical Note 32*, McCarthy, D.D., Petit, G. eds., Frankfurt am Main : Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, ISBN 3-89888-884-3.
- Lambert, S., Capitaine, N. : 2004, Effects of zonal deformations and Earth's rotation rate variations on precession-nutation, *Astron. Astrophys.* **428**, 255.
- Lambert, S., Mathews, P.M. : 2006, Second-order torque on the tidal redistribution and the Earth's rotation, *Astron. Astrophys.* **453**, 363.
- Lieske, J.H., Lederle, T., et al. : 1977, Expressions for the precession quantities based upon the IAU (1976) system of astronomical constants, *Astron. Astrophys.* **58**, 1.
- Ma, C., Arias, E.F., et al. : 1998, The International Celestial Reference Frame as realized by Very Long Baseline Astrometry, *Astron. J.* **116**, 516.
- Mathews, P.M., Bretagnon, P. : 2003, Polar motions equivalent to high frequency nutations for a nonrigid Earth with anelastic mantle., *Astron. Astrophys.* **400**, 1113.
- Mathews, P.M., Buffett, B.A., et al. : 1991, Forced nutations of the Earth : Influence of inner core dynamics, 1. Theory, *J. Geophys. Res.* **96**, 8219.
- Mathews, P.M., Herring, T.A., Buffett, B.A. : 2002, Modeling of nutation and precession : new nutation series for nonrigid Earth and insights into the Earth's interior., *J. Geophys. Res.* **107** (B4), DOI :10.1029/2001JB000390.
- Roosbeek, F., Dehant, V. : 1998, RDAN97 : An analytical development of rigid Earth nutation series using the torque approach, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **70**, 215.
- Seidelmann, P.K. : 1982, 1980 IAU Theory of nutation : the final report of the IAU working group on nutation, *Celest. Mech.* **27**, 79.

- Simon, J.-L., Bretagnon, P., et al. : 1994, Numerical expressions for precession formulae and mean elements for the Moon and the planets, *Astron. Astrophys.* **282**, 663.
- Souchay, J., Folgueira, M. : 2000, The effect of zonal tides on the dynamical ellipticity of the Earth and its influence on the nutation, *Earth Moon Planets* **81**, 201.
- Souchay, J., Loysel, B., et al. : 1999, Corrections and new developments in rigid Earth nutation theory : III. Final tables REN-2000 including crossed-nutation and spin-orbit coupling effects., *Astron. Astrophys.* **318**,639.
- Standish, E.M : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides DE405/LE405, JPL IOM **312.F**, 98.
- Standish, E.M., Williams, J.G., Newhall, XX. : 1981, Intégration numérique DE200/LE200, bande magnétique.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**.
- Vondrák, J., Cepek, A. : 2000, Combined smoothing method and its use in combining Earth orientation parameters measured by space techniques, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **147**, 347.
- Vondrák, J., Gambis, D. : 2000, Accuracy of Earth orientation parameters obtained by different techniques in different frequency windows, in : it Journées 1999 Systèmes de référence spatio-temporels and IX Lohrmann Colloquium, Soffel, M., Capitaine, N., eds, observatoire de Paris, 206.
- Wahr, J.M. : 1981, The forced nutations of an elliptical, rotating, elastic and oceanless Earth., *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **64**, 705.
- Wahr, J.M. and Sasao, T. : 1981, A diurnal resonance in the ocean tide and in the Earth's load response due to the resonant free core nutation., *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **64**, 747.
- Wahr, J. and Bergen, Z. : 1986, The effects of mantle anelasticity on nutations, Earth tides, and tidal variations in the rotation rate, *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **87**, 633.
- Williams, J. G. : 1994, Contributions to the Earth's obliquity rate, precession and nutation, *Astron. J.* **108**, 7.
- Yaya, P. : 2002, Apport des combinaisons de techniques astométriques et géodésiques à l'estimation des paramètres d'orientation de la Terre, *PhD Thesis*, observatoire de Paris.

CHAPITRE 5

CHANGEMENTS DE COORDONNÉES

J.-L. SIMON (5.1 – 5.3)¹, 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 (ψ, ϕ, r) dans le même système d'axes. Par définition :

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

où m est la projection de M sur le plan (Ox, Oy) . Sauf mention spéciale, le sens positif pour ψ est le sens direct défini par l'axe Oz ; ϕ 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 ; ψ et ϕ seront appelés les coordonnées polaires de la direction OM .

¹ 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 , θ_1 , θ_2 , θ_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 π , 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* ϕ , coordonnées polaires de la direction OZ parallèle à la verticale du lieu, rapportées à l'équateur vrai de la date du repère céleste et à une origine g de ce plan, (Fig. 5.1). Ici, la verticale d'un lieu, ou direction du *zénith*, est la direction opposée à la pesanteur en ce lieu. En première approximation, g est l'intersection de l'équateur vrai de la date et du *méridien céleste de Greenwich*, en désignant par méridien (céleste) d'un lieu le demi-grand cercle de la sphère céleste géocentrique limité par la direction OP du pôle céleste vrai, la direction opposée OP' et la direction parallèle à la verticale du lieu. La direction Og a pour ascension droite vraie le temps sidéral vrai de Greenwich GST (Greenwich Sidereal Time). L'Union astronomique internationale recommande de compter les longitudes de 0° à 180° est ou ouest. Dans cet ouvrage, les longitudes sont comptées de -180° à 180° positivement vers l'ouest.

La longitude et la latitude astronomiques d'un point à la surface de la Terre, ainsi définies, subissent au cours du temps des variations faibles dues au mouvement du pôle (*cf.* 4.4) et à des mouvements de l'écorce terrestre.

5.2.1.4. Coordonnées horaires et coordonnées horizontales

On définit également deux autres types de coordonnées pour un point à la surface de la Terre rapportées à un repère céleste.

- Les *coordonnées horaires*, angle horaire H et déclinaison δ , 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 ζ , intersection de ce plan et du méridien du lieu (Fig. 5.2). L'angle horaire est compté positivement dans le sens rétrograde.

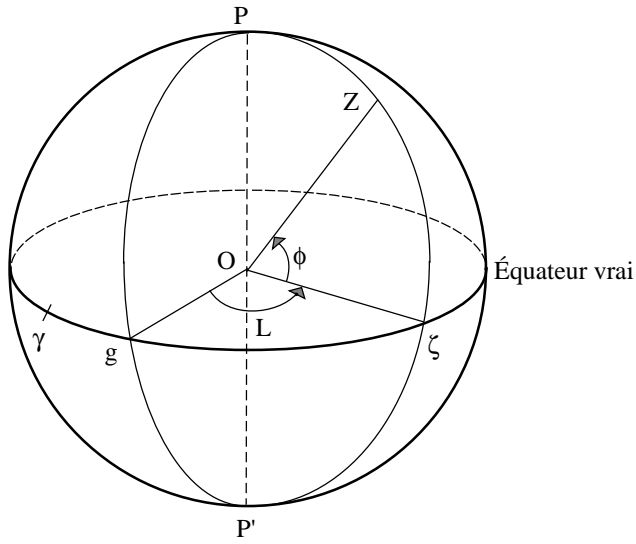


Fig. 5.1. Coordonnées astronomiques d'un lieu.

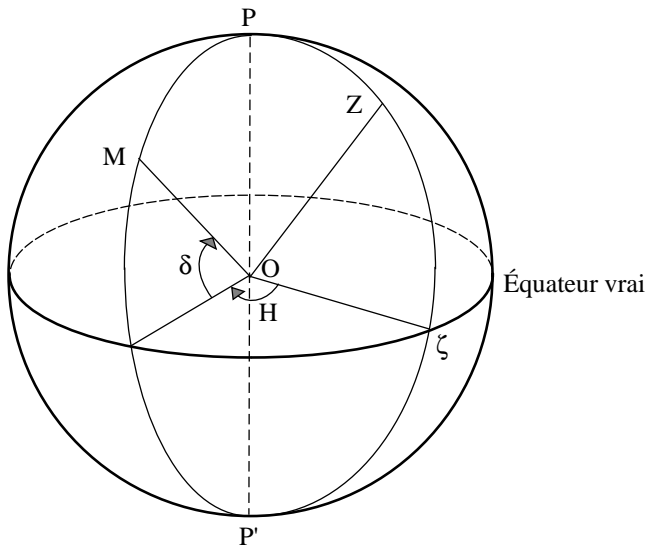


Fig. 5.2. Coordonnées horaires.

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 α_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).

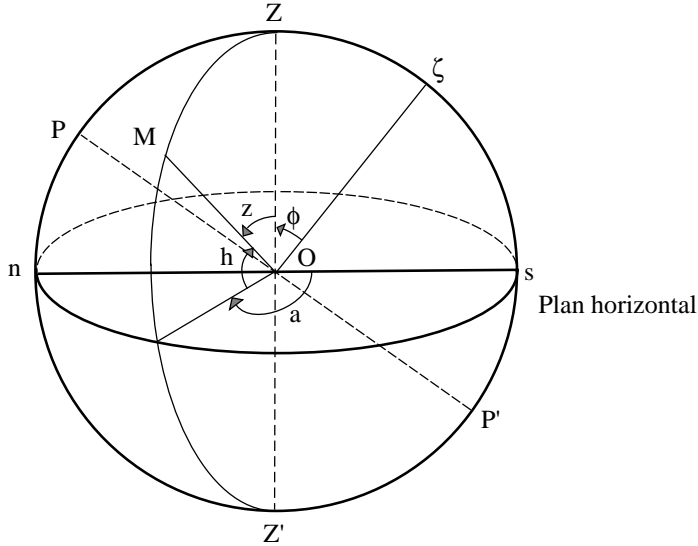


Fig. 5.3. Coordonnées horizontales.

- 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 λ sens positif = sens direct latitude β $-90^\circ < \beta < 90^\circ$
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 α sens positif = sens direct déclinaison δ $-90^\circ < \delta < 90^\circ$
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 δ $-90^\circ < \delta < 90^\circ$
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 σ_F , une époque de référence, en général J2000 et t , toute date autre.

Coordonnées	Plan de référence	Aberrations
géométriques à σ_F	équiptique ou équateur à σ_F	pas d'aberration
astrométriques à σ_F	équiptique ou équateur à σ_F	calcul du temps de lumière
moyennes à la date t	équiptique ou équateur moyen à t	astrométriques à σ_F + précession de σ_F à t
apparentes à la date t	équiptique 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 équiptiques

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 équiptiques dans le même repère de référence. On pourra être dans l'un des cas suivants :

- coordonnées équatoriales vraies et équiptiques vraies,
- coordonnées équatoriales moyennes pour l'époque σ_F et équiptiques moyennes pour l'époque σ_F rapportées aux plans et à l'équinoxe d'une même date de référence σ_F (dans la pratique J2000),
- coordonnées équatoriales moyennes de la date σ_D et équiptiques moyennes de la date σ_D .

En désignant par ε 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 $\varepsilon = \varepsilon_A + \Delta\varepsilon$, ε_A étant calculé, pour la date σ_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 $\varepsilon = \varepsilon_0$, ε_0 , obliquité de l'écliptique en J2000, étant la partie constante du polynôme de la table 4.2.1 choisi pour ε_A .

Pour passer des coordonnées équatoriales moyennes de la date aux coordonnées écliptiques moyennes de la date σ_D , on prendra $\varepsilon = \varepsilon_A$, ε_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 σ_F (dans la pratique J2000) aux coordonnées équatoriales rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens d'une date σ_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 σ_F , on désigne par x_F^A, y_F^A, z_F^A les coordonnées cartésiennes et par α_F et δ_F l'ascension droite et la déclinaison. x_D^A, y_D^A, z_D^A et α_D et δ_D désignent les quantités correspondantes dans le système d'axes de l'époque σ_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 σ_F au système d'axes de l'époque σ_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 , ζ_A et θ_A sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1.

Si le temps t écoulé entre σ_F et σ_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 θ_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 :

$$P = R_3(\chi_A) R_1(-\omega_A) R_3(-\psi_A) R_1(\varepsilon_0). \quad (5.18)$$

ψ_A , ω_A et χ_A sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1 ; ε_0 , obliquité de l'écliptique en J2000, est la partie constante du polynôme de la table 4.2.1 choisi pour ε_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 , ζ_A et θ_A qui sont déduites des variables ψ_A , ω_A , ε_A et χ_A et qui sont, de plus, singulières (θ_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 σ_F aux coordonnées écliptiques rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date σ_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 σ_F , on désigne par x_F^E, y_F^E, z_F^E les coordonnées cartésiennes et par λ_F et β_F la longitude et la latitude. $x_D^E, y_D^E, z_D^E, \lambda_D$ et β_D désignent les quantités correspondantes dans le système d'axes de l'époque σ_D . On passe du système d'axes de l'époque σ_F au système d'axes de l'époque σ_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 :

$$\begin{aligned} \cos \beta_D \cos(\Pi_A + \mathcal{P}_A - \lambda_D) &= \cos \beta_F \cos(\Pi_A - \lambda_F), \\ \cos \beta_D \sin(\Pi_A + \mathcal{P}_A - \lambda_D) &= \cos \pi_A \cos \beta_F \sin(\Pi_A - \lambda_F) - \sin \pi_A \sin \beta_F, \\ \sin \beta_D &= \sin \pi_A \cos \beta_F \sin(\Pi_A - \lambda_F) + \cos \pi_A \sin \beta_F. \end{aligned} \quad (5.20)$$

π_A, Π_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 λ_D et β_D la longitude et la latitude. Les coordonnées écliptiques vraies sont notées $x_V^E, y_V^E, z_V^E, \lambda_V$ et β_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 α_D et δ_D l'ascension droite et la déclinaison. Les coordonnées équatoriales vraies sont notées x_V^A , y_V^A , z_V^A , α_V et δ_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 ε_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 ζ 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 ϕ 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 α_V et δ_V en remplaçant H par le second membre de (5.7) et δ par δ_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 σ_F aux éléments de la même orbite rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date σ_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 Ω_F , respectivement, l'inclinaison et la longitude du nœud ascendant de l'orbite sur l'écliptique moyen de l'époque σ_F , et par ϖ_F la longitude du périastre P. Les quantités rapportées au système d'axes de l'époque σ_D sont i_D , Ω_D et ϖ_D .

Sur la figure 5.4, on a entre les arcs les égalités suivantes :

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

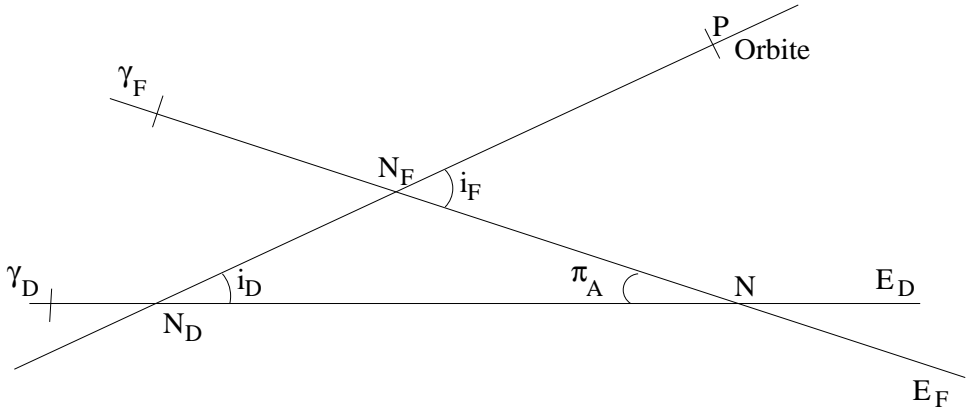


Fig. 5.4. Éléments d'une orbite.

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 , Ω_D , ϖ_D en fonction de i_F , Ω_F , ϖ_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 π_A et Π_A sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1 qui leur correspondent.

Si le temps t écoulé entre σ_D et σ_F est suffisamment court pour que les quantités π_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 σ_F et l'équateur de référence (équateur moyen de la date σ_F) sont les mêmes. On désigne par γ_1 et γ_2 les équinoxes des deux repères (équinoxes moyens de la date σ_F), par ε_1 et ε_2 les inclinaisons de l'écliptique (moyen de la date σ_F) sur l'équateur (moyen de la date σ_F) pour les deux repères (Fig. 5.5) et par $\Delta\phi$ l'arc $\gamma_1\gamma_2$.

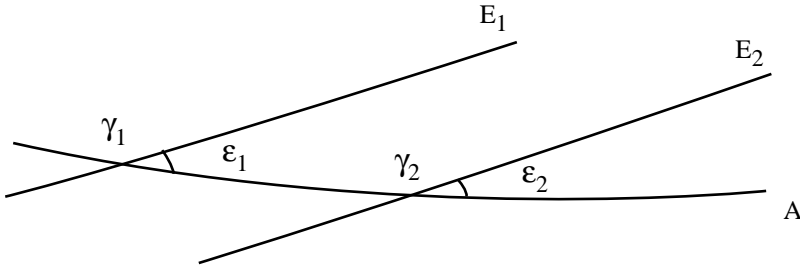


Fig. 5.5. Changement de repère.

On note :

$x_{F,i}^A, y_{F,i}^A, z_{F,i}^A$, les coordonnées équatoriales moyennes de la date σ_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 σ_F dans le même repère.

On passe du système d'axes équatorial de l'époque σ_F dans le premier repère au système d'axes équatorial de l'époque σ_F dans le deuxième repère par une rotation $R_3(\Delta\phi)$. On passe du système d'axes écliptique de l'époque σ_F dans le premier repère au système d'axes équatorial de l'époque σ_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 σ_F dans le premier repère au système d'axes écliptique de l'époque σ_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 $\Delta\phi$, ε_1 et ε_2 sont exprimés en radians.

5.4. APPLICATION DES RÉSOLUTIONS DE L'UAI 2001 AUX CHANGEMENTS DE COORDONNÉES

Lors de la vingt-quatrième assemblée générale de l'UAI (UAI 2001), ont été adoptées plusieurs résolutions liées aux transformations entre systèmes de référence céleste et terrestre. Une présentation détaillée de ces résolutions est faite en 3.6. Dans ce paragraphe, nous donnons deux algorithmes permettant le passage entre systèmes de référence céleste et terrestre : l'une utilisant la procédure UAI en usage jusqu'en 2001, l'autre se basant sur le concept d'origine non-tournante.

5.4.1. Algorithme classique

Lorsque des observations faites au sol doivent être préparées ou analysées pour une comparaison à un modèle, il est nécessaire d'effectuer des changements de coordonnées exprimées d'une part dans le repère terrestre, lié à la physique et à la rotation de la Terre, et d'autre part dans le repère céleste, lié au mouvement de l'objet observé et de la Terre autour du Soleil. Ainsi, supposons que l'on souhaite calculer les coordonnées locales, azimut et hauteur, d'un objet à une date t . Pour cela, on calculera, à partir d'une théorie dynamique de l'objet et de la Terre développée dans l'ICRS, les vecteurs barycentriques de l'objet et de la Terre à la date t en TDB (*cf.* chapitre 2). On en déduira le vecteur géocentrique de l'objet que l'on corrigera du temps de lumière, de la déflexion des

rayons lumineux due au Soleil et à d'autres objets massifs si cela est nécessaire, et de l'aberration annuelle. Pour toutes ces notions, on se reportera au chapitre 7 de l'*Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997). Le vecteur \mathbf{X}_{ICRS} , ainsi obtenu, décrit la position et la vitesse géocentriques de l'objet par rapport à l'origine des ascensions droites de l'ICRS et dans le plan équatorial de l'ICRS. Afin de calculer des coordonnées dans le repère terrestre, il est nécessaire d'appliquer les rotations suivantes :

1. L'ICRS a un repère (l'ICRF), dit cinématique, indépendant du mouvement de la Terre autour du Soleil. Il faut donc ramener le vecteur \mathbf{X}_{ICRS} dans un repère lié à la dynamique planétaire, c'est-à-dire dans le repère de référence dynamique J2000. Pour cela, on applique la matrice B de rotation correspondant au décalage entre l'origine des ascensions droites de l'ICRS et l'équinoxe moyen J2000, ainsi qu'au passage de l'équateur ICRS à l'équateur moyen J2000. On a :

$$B = R_1(-\eta_0)R_2(\zeta_0)R_3(d\alpha_0) \quad (5.38)$$

où les décalages η_0 et ζ_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 (α_e, δ_e) géocentriques de l'objet par rapport à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date.
4. Afin de passer du vecteur géocentrique de l'objet donné par rapport à l'équateur et l'équinoxe vrais de la date au vecteur géocentrique exprimé dans le système de référence terrestre, appelé TIRS (Terrestrial Intermediate Reference System), on effectue une rotation $R_3(GST)$ liée à l'angle de rotation terrestre GST , appelé le temps sidéral vrai, c'est-à-dire l'angle entre l'équinoxe vrai de la date et l'origine du repère terrestre (cf. 3.6.4.1). Le vecteur est alors exprimé dans le repère terrestre.

Une fois ces rotations appliquées, il est alors possible de calculer l'azimut et la hauteur de l'objet que l'on souhaite observer à partir des relations données en 5.3.6. L'angle horaire H est obtenu avec $H = GST - \alpha_e$. Le temps sidéral GST est tabulé pages II. 4 – II. 7.

5.4.2. Origine non-tournante

L'origine non-tournante favorise une représentation linéaire de la rotation de la Terre. C'est la raison pour laquelle l'origine du CIRS (Celestial Intermediate Reference System), appelée CIO (cf. 3.6.3), est utilisée en remplacement des équinoxes dynamiques. L'utilisation de l'origine non-tournante permet aussi de regrouper les transformations (1), (2) et (3) précédentes en une seule transformation permettant le passage de l'ICRS vers le CIRS. Cette transformation, correspondant à la matrice de rotation C , représente :

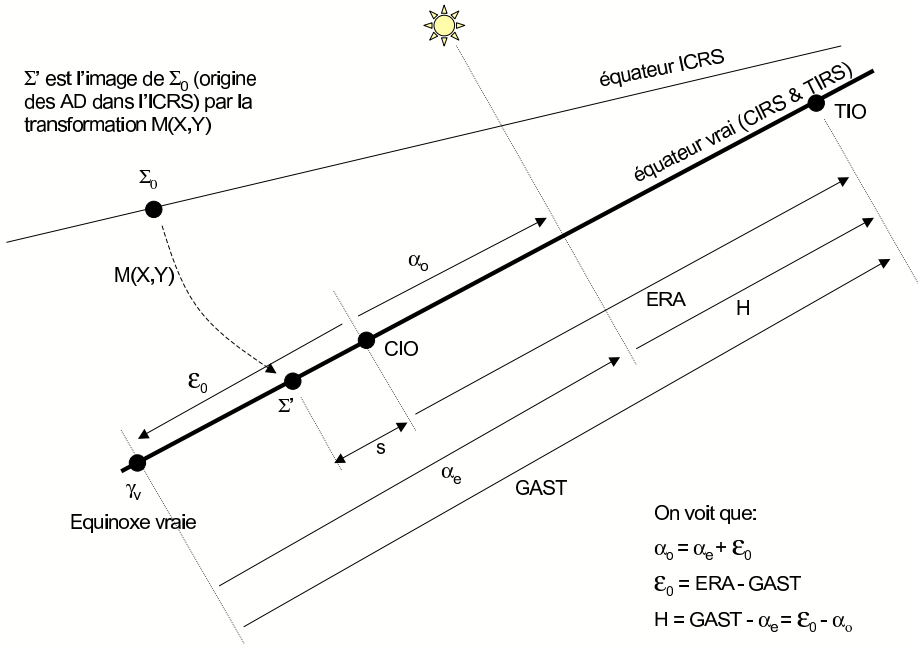


Fig. 5.6. Angles liés à l'origine non-tournante et angles classiques.

- l'angle s qui définit la position du CIO, origine des ascensions droites du CIRS, sur l'équateur du CIRS (cf. fig. 5.6) ;
- le décalage entre le pôle de l'ICRS et le pôle du CIRS, le CIP (cf. 3.6.3), dont les coordonnées X, Y dans l'ICRS sont fonction des matrices B, P et N .

La matrice C s'écrit alors :

$$C = R_3(-s)M(X, Y) \tag{5.39}$$

où

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

avec $a = 1/2 + (X^2 + Y^2)/8$.

En appliquant au vecteur \mathbf{X}_{ICRS} , la matrice C , on obtient directement les positions et vitesses de l'objet, \mathbf{X}_{CIRS} , dans le CIRS dont l'équateur correspond à l'équateur vrai de la date mais dont l'origine CIO est décalée de l'équinoxe vrai d'une quantité ϵ_0 , appelée *équation des origines*. Si

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

$$\alpha_o = \alpha_e + \mathcal{E}_0$$

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

$$\mathcal{E}_0 = ERA - GST \quad (5.41)$$

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 observer à partir des relations données en 5.3.6. L'angle horaire H est obtenu avec $H = ERA - \alpha_o$.

Les coordonnées X, Y et la variable s sont tabulées pages II. 16 – II. 19 ; ERA et \mathcal{E}_0 sont tabulées pages II. 10 – II. 13.

La figure 5.6 illustre les relations entre les angles liés à l'origine non-tournante et les angles classiques.

5.4.3. Mouvement du pôle

Dans le cas où une grande précision est demandée, il est alors nécessaire de considérer le passage entre le TIRS et l'ITRS, système dans lequel sont données les coordonnées géocentriques des stations d'observations (*cf.* 4.4). Pour cela, on effectue à la suite de l'étape 4 de l'algorithme classique ou de son équivalent dans l'algorithme de l'origine non-tournante, les rotations $R_2(-x)R_1(-y)R_3(s')$ où :

- la matrice $R_3(s')$ est liée au petit décalage d'origine, s' , entre l'origine du TIRS et celle de l'ITRS. Ce décalage est en fait une dérive séculaire entre les deux origines et est tel que $s' = -0.000047''T$ où T est mesuré en siècle julien depuis J2000.0,
- le produit $R_2(-x)R_1(-y)$ représente le mouvement du pôle céleste dans l'ITRS, (x, y) étant les coordonnées du pôle du TIRS dans l'ITRS. Ces coordonnées sont fournies par l'IERS (*cf.* 4.4).

5.5. BIBLIOGRAPHIE

- Bureau des longitudes : 1997, *Introduction aux éphémérides astronomiques, (supplément explicatif à la Connaissance des Temps)*. Simon, J.-L., Chapront-Touzé, M., Morando, B., Thuillot, W. eds, EDP Sciences, Les Ulis, chapitre 4, 80–83 et 98–114.
- Capitaine, N., Chapront J., Lambert, S., Wallace, P.T. : 2003, Expressions for the Celestial Intermediate Pole and Celestial Ephemeris Origin consistent with the IAU 2000A precession-nutation model, *Astron. Astrophys.* **400**, 1145.
- Chapront, J., Chapront-Touzé, M., Francou, G. : 2002, A new determination of lunar orbital parameters, precession constant and tidal acceleration from LLR measurements, *Astron. Astrophys.* **387**, 700.

CHAPITRE 6

MOUVEMENT DES PLANÈTES ET DE LA LUNE : LA SOLUTION INPOP

A. FIENGA

6.1. INTRODUCTION

À partir de l'édition 2007, les éphémérides du Soleil, de la Lune et des planètes publiées dans la *Connaissance des Temps* sont issues de la théorie INPOP (Intégration Numérique Planétaire de l'Observatoire de Paris) élaborée à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides. Pour le Soleil et les planètes, la théorie INPOP06 ajustée aux observations (Fienga et al., 2008) a été utilisée. Pour la Lune, on s'est basé sur la théorie INPOP06 ajustée à la solution DE405/LE405 du JPL (Standish, 1998) pour la partie lunaire.

La théorie INPOP est une intégration numérique du mouvement des planètes et de la Lune ajustée aux observations. Les éphémérides numériques contemporaines sont basées sur une intégration numérique des équations du mouvement par la méthode Adams-Cowell. Le modèle tient compte des interactions entre masses ponctuelles (entre les neuf planètes, le Soleil, les astéroïdes), les effets relativistes PPN (Moyer, 2000), les effets de figure, les marées solides et la libration de la Lune. Dans le cas d'INPOP, l'ensemble de l'intégration est effectué en précision étendue. L'ajustement d'INPOP a été effectué sur un grand nombre (environ 50 000) d'observations terrestres et spatiales.

6.2. MODÈLE DYNAMIQUE

Les équations du mouvement utilisées sont celles décrites par Moyer (1971) dans le cadre d'une approximation PPN. Les perturbations sur l'ensemble des planètes et sur le Soleil des 300 astéroïdes les plus perturbateurs du point de vue de Mars ont été incluses. Ces objets ont leurs orbites intégrées en même temps que celles des planètes principales. De plus, afin d'affiner le modèle dynamique des planètes et du Soleil, les perturbations induites par un anneau d'astéroïdes ont été ajoutées.

Les interactions entre corps non-sphériques et objets ponctuels ont été prises en compte. Il s'agit des interactions entre le terme d'aplatissement du Soleil (J2) et les planètes, des interactions entre le terme d'aplatissement de la Terre et la Lune, le Soleil, Vénus et Jupiter. Enfin, on tient compte des perturbations induites par les interactions entre les termes (J2, C22, C21, S21, S22) de la Lune et la Terre, le Soleil, Vénus et Jupiter. De plus, les déformations des corps non-sphériques (le Soleil, la Terre et la Lune) interagissent aussi avec les corps ponctuels et réciproquement. Dans INPOP, on tient compte des interactions suivantes :

- la Terre déformée par le Soleil et la Lune interagissant avec la Lune, le Soleil, Vénus et Jupiter,
- la Lune déformée par la Terre et le Soleil interagissant avec la Terre, le Soleil, Vénus et Jupiter,
- la forme de la Terre interagissant avec la forme de la Lune.

Une nouvelle définition plus complète du barycentre du système solaire a été donnée par INPOP. L'orbite du Soleil par rapport au barycentre du système solaire est intégrée en même temps que celles des planètes et les relations de conservation d'énergie sont vérifiées à la date initiale d'intégration (J2000) de telle façon que :

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

où les r_i sont les vecteurs position barycentrique des corps. Les μ_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 sont disponibles depuis 2007 : l'une en TCB et l'autre en TDB.

L'échelle de temps TCB réalisée par INPOP est construite à partir de la définition donnée par l'UAI (Soffel et al., 2003) :

$$\begin{aligned} TCB - TCG = & \frac{1}{c^2} \left[\int_{t_0}^t \left[U + \frac{v_E^2}{2} \right] dt + v_E^i r_E^i \right] \\ & + \frac{1}{c^4} \left[\int_{t_0}^t \left[\frac{v_E^4}{8} + \frac{3v_E^2 U}{2} - \frac{U^2}{2} - 4v_E^i U^i \right] dt - \left(3U + \frac{v_E^2}{2} \right) v_E^i r_E^i \right], \end{aligned} \quad (6.2)$$

le TCG étant défini par une relation linéaire de TAI (*cf.* 2.7.3). Dans l'équation (6.2), x_E^i et v_E^i sont les coordonnées barycentriques position et vitesse du géocentre, $r_E^i = x^i - x_E^i$, et U est le potentiel gravitationnel imposé par les autres corps du système solaire sur la Terre. Un processus itératif est nécessaire pour estimer la relation TCB-TCG réalisée avec INPOP et pour mettre en place une nouvelle solution d'INPOP en TCB.

6.3. AJUSTEMENT AUX OBSERVATIONS

La partie planétaire d'INPOP a été ajustée aux observations présentées dans la table 6.1. Un grand nombre d'observations issues des données de suivi des sondes spatiales a été utilisé en particulier pour les planètes Mars, Vénus et Jupiter. Ces observations consistent d'une part, en l'enregistrement du signal aller-retour émis depuis la Terre, capté puis ré-émis par la sonde, soit en orbite autour de la planète (la sonde est alors appelée orbiter), soit au sol (la sonde est appelée lander). De telles données permettent une estimation très précise de la distance géocentrique (quelques mètres) et de la vitesse radiale (quelques millimètres par seconde) de la planète. Dans la table 6.1, ces données sont nommées respectivement données radar et Doppler.

D'autre part, l'enregistrement VLBI du signal émis par la sonde passant au voisinage d'une source de référence radio extragalactique ICRF permet d'estimer une position angulaire différentielle de la sonde et de la planète par rapport à la source ICRF. Ce dernier type d'observation a une précision de quelques millisecondes de degrés et permet de raccorder le repère de référence dynamique de la solution planétaire à l'ICRF (*cf.* 3.3).

Depuis trente ans, plusieurs missions spatiales ont été envoyées en orbite ou sur le sol de Mars. Cette planète est ainsi celle dont le suivi a été le plus intensif et le plus précis jamais effectué. Elle requiert donc une modélisation très précise de son orbite. Or, du fait de son voisinage proche de la ceinture principale d'astéroïdes, elle subit de nombreuses perturbations induites par des objets de masses et de tailles mal connues. C'est pourquoi, un modèle dynamique complexe a été mis en place (prise en compte des perturbations induites par les masses ponctuelles de 300 astéroïdes et par un potentiel en anneau représentant l'ensemble des autres petits corps de masses et de tailles non déterminées). De plus, il a été nécessaire d'ajuster les masses des objets les plus massifs, les densités des autres petits corps classés en classes taxonomiques (objets riches en carbone, en silicate et en métaux) ainsi que les caractéristiques physiques de l'anneau d'astéroïdes. Par cette modélisation de l'orbite de Mars et ces ajustements, une précision de quelques mètres a été obtenue dans l'estimation des distances géocentriques de Mars.

Des observations optiques classiques de type CCD, instruments méridiens (notes transit dans la table 6.1) et plaques photographiques ont aussi été incluses, en particulier dans l'ajustement des planètes extérieures. Les périodes orbitales importantes de celles-ci nécessitent de conserver des observations anciennes permettant de couvrir au moins une orbite. Pour Jupiter et Saturne,

Table 6.1. Observations utilisées pour l’ajustement d’INPOP.

Plante	Type des donnes	Intervalle de temps	Nombre d’observations	INPOP06
Mercure	Radar	1971-1998	444	1 km
Vénus	Radar	1964-1990	511	5 km
	Sonde spatiale VLBI	1990-1994	18	5 mas
Mars	Viking lander radar	1976-1983	1256	20 m
	MGS/MO radar	1999-2005.45	10474	5 m
	Viking lander Doppler	1976-1979	1501	5 mm/s
	Pathfinder lander Doppler	1997	1519	1 mm/s
	Sonde spatiale VLBI	1989-2003	44	0.5 mas
Jupiter	Sonde spatiale VLBI	1996-1998	24	10 mas
	CCD ou transit (α, δ)	1973-2004	3189	200 mas
Saturne	CCD ou transit (α, δ)	1973-2004	3863	200 mas
Uranus	CCD ou transit (α, δ)	1914-2004	3848	350 mas
Neptune	CCD ou transit (α, δ)	1914-2004	3898	350 mas
Pluton	CCD ou transit (α, δ)	1989-2004	1024	200 mas

des observations des satellites sont utilisées afin de limiter l’utilisation d’observations directes du photocentre de la planète. La description complète des méthodes d’analyses des observations et d’ajustement peuvent être retrouvées dans Fienga et al. (2008).

Dans la table 6.1, on donne en dernière colonne des estimations de la précision externe d’INPOP pour chaque type d’observations. Ces valeurs reflètent la qualité du modèle dynamique mis en place, de l’ajustement effectué et des observations utilisées.

Pour la Lune, un ajustement à la solution DE/LE405 a été effectué dans l’attente d’une solution complètement ajustée aux observations laser-Lune. Des incertitudes de quelques milliarcsecondes en longitude et latitude géocentriques et de quelques millimètres sur la distance géocentrique ont été estimées sur un siècle, par comparaison à LE405. Les différences entre les angles de libration issus de LE405 et ceux issus d’INPOP06 sont de l’ordre de quelques milliarcsecondes sur un siècle.

Au cours de l’ajustement de la partie planétaire aux observations et de la partie lunaire à LE405, plusieurs paramètres physiques liés principalement aux perturbations induites par les astéroïdes sur Mars et à la dynamique lunaire ont été déterminés. Un ajustement du taux d’aplatissement du

Table 6.2. Paramètres physiques ajustés dans INPOP. Comparaisons avec d'autres valeurs.

	Unit	DE405	EPM 04	DE414	INPOP06
Masse de Crs	$10^{-10} M_{\odot}$	4.64	4.753 ± 0.007	4.699	4.746 ± 0.006
Masse de Vesta	$10^{-10} M_{\odot}$	1.34	1.344 ± 0.001	1.358	1.338 ± 0.002
Masse de Pallas	$10^{-10} M_{\odot}$	1.05	1.027 ± 0.003	1.026	0.995 ± 0.003
Masse d'Iris	$10^{-10} M_{\odot}$		0.063 ± 0.001	0.060	0.089 ± 0.002
Masse de Bamberga	$10^{-10} M_{\odot}$		0.055 ± 0.001	0.047	0.060 ± 0.002
Masse de l'anneau	$10^{-10} M_{\odot}$		3.35 ± 0.35	0.329	0.34 ± 0.15
Distance de l'anneau	UA		3.13 ± 0.05	2.8	2.8
Densit de la classe C		1.8	1.4	1.6 ± 0.22	1.93 ± 0.12
Densit de la classe S		2.4	3.5	2.07	2.13 ± 0.11
Densit de la classe M		5.0	4.5	4.3 ± 0.43	4.47 ± 0.012
J2 du Soleil	10^{-7}	2	1.9 ± 0.3	2.3 ± 2.5	1.95 ± 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. τ_{E21} et τ_{E22} sont respectivement le temps de retard de la Terre pour les harmoniques (2,1) et (2,2). τ_M est le temps de retard dans la réponse de la Lune aux marées terrestres. Ces quantités sont exprimées en jours.

τ_{E21} :	$1.296\ 450\ 346\ 419\ 947\ 8082 \times 10^{-2}$
τ_{E22} :	$6.936\ 812\ 466\ 537\ 533\ 1321 \times 10^{-3}$
τ_M :	$1.667\ 744\ 540\ 482\ 935\ 7669 \times 10^{-1}$

6.4. BIBLIOGRAPHIE

- Fienga, A., Manche, H., Laskar, J., Gastineau, M. : 2008, INPOP06 : a new numerical planetary ephemeris. *A&A* **477**, 315.
- Konopliv, A.S., Yoder, C.F., Standish, E.M., Yuan, D.-N., Sjogren, W.L. : 2006, A global solution for the Mars static and seasonal gravity, Mars orientation, Phobos and Deimos masses, and Mars ephemeris. *Icarus* **182**, 23.
- Le Poncin-Lafitte, Ch. : 2006, communication privée.
- Moyer, T.D. : 2000, Formulation for Observed and Computed Values of Deep Space Network Data Types for Navigation, Joseph H. Yuen d, John Wiley & Sons.
- Pitjeva, E.V. : 2005, High-Precision Ephemerides of Planets–EPM and Determination of Some Astronomical Constants, *Solar System Research* **39**, 176.
- Soffel, M., Klioner, S.A., Petit, G., Wolf, P., Kopeikin, S.M., Bretagnon, P., Brumberg, V.A. et 13 co-auteurs : 2003, The new IAU2000 resolutions for astrometry, celestial mechanics and metrology in the relativistic framework : explanatory supplement, *Astron. J.* **126**, 2687.
- Standish, E.M. : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides, DE405/LE405, JPLIOM **312.F**.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**, 28–40 (Errata : *ibid.* **89**, 4, 2001).

CHAPITRE 7

MODÈLES ORBITAUX DES SATELLITES NATURELS

V. LAINEY ET A. VIENNE

7.1. INTRODUCTION

Jusqu'au début des années quatre-vingt-dix, les modèles orbitaux des corps du système solaire étaient réalisés par des méthodes analytiques. La diversité des perturbations mises en jeu ainsi que la présence de nombreuses résonances nécessitaient de développer une théorie spécifique à chaque système de satellites. Aujourd'hui, l'avènement des méthodes numériques permet de développer de nombreux modèles à partir d'un ou de quelques outils numériques seulement. En particulier, le logiciel NOE (Numerical Orbit and Ephemerides) développé à l'IMCCE est désormais utilisé pour l'élaboration des éphémérides nouvelles et à venir. Toutefois, les méthodes analytiques restent encore utilisées lorsqu'une connaissance profonde de la dynamique du système est recherchée. Des méthodes hybrides tirant parti des points de vue analytique et numérique sont également utilisées.

La réalisation d'éphémérides se base sur l'ajustement d'un modèle dynamique du système étudié à des observations réalisées au sol ou depuis l'espace. Une éphéméride peut alors être construite par des méthodes d'interpolation ou d'approximation. Les paragraphes suivants décrivent chacune de ces étapes.

7.2. MODÈLE DYNAMIQUE

Le modèle dynamique comprend l'ensemble des perturbations physiques agissant sur le mouvement du(des) satellite(s) à l'étude. La force principale est l'attraction gravitationnelle de la planète.

Le corps central n'étant pas parfaitement sphérique, son potentiel gravitationnel est développé sous forme d'harmoniques sphériques :

$$U(r, \phi, \lambda) = \frac{GM}{r} \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{R_E}{r} \right)^n \sum_{p=1}^n P_n^{(p)}(\sin \phi) [c_{np} \cos p\lambda + s_{np} \sin p\lambda] \right\} \quad (7.1)$$

où r, ϕ, λ 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,

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
Rhéa	(Vienne & Duriez 1995)	0.015	100
Titan	(Vienne & Duriez 1995)	0.015	100
Hypérion	(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

la méthode consiste à utiliser un développement linéaire au voisinage des valeurs de départ (ce qui suppose que celles-ci ne soient pas trop éloignées des valeurs réelles). Chaque observation à une date t fournissant une ou plusieurs coordonnées $\gamma(t)$ (par exemple l'ascension droite ou la déclinaison), on obtient alors une relation entre la différence de la coordonnée observée et celle calculée, et les variations à apporter aux valeurs de départ, comme l'indique l'équation ci-dessous :

$$\gamma(t)^{\text{observé}} - \gamma(t)^{\text{calculé}} \approx \sum_{l=1}^N \frac{\partial \gamma}{\partial c_l}(t) \Delta c_l, \tag{7.2}$$

où N désigne le nombre maximum de conditions initiales et de paramètres à ajuster (c_l). En règle générale, 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 : $e_G \exp(\sqrt{-1}\varpi_G)$</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	ϖ_3	0.046487
37.9	5.64	Ψ	1.114249	825.5	536.5	ϖ_4	0.011711
23.3	1.33	$\nu + \varpi_4$	4.725944	634.4	1.3	ν	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 (λ_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, ϖ_i et Ω_i les modes propres des péricentres et des nœuds, ν la grande inégalité $L_1 - 2L_2$ ($= L_2 - 2L_3 + 180^\circ$) et Ψ l'argument de la libration de la résonance laplacienne (Lainey, Duriez, Vienne, 2006).

Enfin l'utilisateur des éphémérides n'est pas obligatoirement un mécanicien céleste. Il préfère alors une forme compacte des positions données. La solution retenue dans ce volume de la *Connaissance des Temps*, est d'utiliser une représentation à l'aide des polynômes de Tchebychev. Ce type de représentation est décrit en 8.4.2. Il a l'avantage d'être à la fois compact et d'utilisation facile.

7.6. BIBLIOGRAPHIE

- Arlot, J.E., Lainey, V., Thuillot, W. : 2006, Predictions of the mutual events of the uranian satellites occuring in 2006-2009, *Astron. Astrophys.*, **456**, 1173.
- Duriez L., Vienne A. : 1997, Theory of motion and ephemerides of Hyperion, *Astron. Astrophys.*, **324**, 366.
- Lainey, V. : 2008, A new dynamical model for the Uranian satellites, *P&SS* **56**, 1766.
- Lainey, V., Dehant, V., Pätzold, M. : 2007, First numerical ephemerides of the Martian moons, *Astron. Astrophys.*, **465**, 1075.
- Lainey, V., Duriez, V., Vienne, A. : 2004, New accurate ephemerides for the Galilean satellites of Jupiter. I. Numerical integration of elaborated equations of motion, *Astron. Astrophys.*, **420**, 1171.
- Lainey, V., Duriez, L., Vienne, A. : 2006, Synthetic representation of the Galilean satellites' orbital motions from L1 ephemerides , *Astron. Astrophys.*, **456**, 783.
- Laskar, J., Jacobson, R.A. : 1987, GUST86 - an analytical ephemeris of the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.*, **188**, 212.
- Laskar, J. : 1986, A general theory for the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.*, **166**, 349.
- Vienne, A., Duriez, L. : 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.*, **297**, 588.

CHAPITRE 8

EXPLICATIONS LIÉES AUX ÉPHÉMÉRIDES DE LA CONNAISSANCE DES TEMPS

J.-L. SIMON, J. NORMAND ET 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 CD-ROM qui accompagne l'ouvrage. Ce logiciel permet le calcul non seulement des coordonnées publiées dans la *Connaissance des Temps* mais aussi celui des coordonnées horizontales et des levers et couchers des astres.

Dans ce chapitre nous allons décrire ces deux types d'éphémérides et expliquer leur utilisation.

8.1.2. Définitions astronomiques

Comme il a été indiqué en 3.3.2 et 5.2.1.1, les coordonnées d'un astre sont rapportées à l'un des deux *plans fondamentaux*, les plans de l'*équateur* ou de l'*écliptique*. Ces plans sont dits *moyens* lorsqu'ils ne sont affectés que de la précession ; le plan de l'équateur est dit *vrai* lorsqu'il est affecté de la précession et de la nutation. On appelle *équinoxe moyen* le nœud ascendant de l'écliptique

moyen sur l'équateur moyen et *équinoxe vrai* le nœud ascendant de l'écliptique moyen sur l'équateur vrai.

Les *coordonnées moyennes* sont rapportées aux plans fondamentaux moyens et comptées à partir de l'équinoxe moyen ; les *coordonnées vraies* sont rapportées à l'équateur vrai ou à l'écliptique moyen et comptées à partir de l'équinoxe vrai.

Les *coordonnées apparentes* d'un astre sont des coordonnées vraies de cet astre corrigées de l'aberration. Pour les corps du système solaire il s'agit de l'aberration planétaire : on tient compte, dans ce cas, du mouvement relatif de l'astre par rapport au barycentre du système solaire et des vitesses de rotation et de révolution de la Terre. On pourra aussi tenir compte de la déviation relativiste des rayons lumineux.

Les *coordonnées astrométriques* d'un corps du système solaire sont les coordonnées moyennes de ce corps corrigées de l'aberration dans laquelle on a omis l'aberration des fixes. On ne tient donc compte, dans ce cas, que du mouvement de l'astre par rapport au barycentre du système solaire. Conformément aux recommandations de l'Union astronomique internationale (1979) les coordonnées astrométriques ne sont plus affectées des termes constants de l'aberration des fixes, termes qui dépendent de l'orbite terrestre.

Les coordonnées apparentes sont rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date, les coordonnées moyennes et astrométriques sont rapportées à l'équateur (ou l'écliptique) et à l'équinoxe moyens de l'époque *standard* J2000 (jour julien 2 451 545.0).

8.1.3. Échelles de temps

Trois échelles de temps sont utilisées dans les tables de la *Connaissance des Temps* ou dans les éphémérides électroniques : le Temps terrestre TT (*cf.* 2.7.2), le Temps universel TU toujours sous sa forme UT1 (*cf.* 2.3) et le Temps universel coordonné UTC (*cf.* 2.5).

L'échelle de temps utilisée dans les théories des mouvements des corps du système solaire, sources des éphémérides, est le Temps dynamique barycentrique TDB (*cf.* 2.7.2). À la précision des éphémérides, on l'identifiera à l'échelle TT. Les éphémérides de ces corps sont donc tabulées pour des dates en TT.

Le temps sidéral est une fonction à la fois du Temps universel TU et de TT. Nous l'avons calculé par la formule (3.6.25), en prenant $t - t_u = 66$ s. Notons qu'une erreur de 1 s sur $t - t_u$ entraîne une erreur inférieure à 0.2×10^{-6} s sur le temps sidéral pour l'année 2007. L'angle de rotation de la Terre donné par (3.6.17) et l'équation des origines donnée par (5.41) sont des fonctions de TU. Ces trois quantités sont donc tabulées pour des dates en TU.

Les coordonnées du CIP X et Y et l'angle s (*cf.* 5.4.2) sont des fonctions de TT et sont donc tabulés pour des dates en TT. L'équation des équinoxes (*cf.* 3.6.6.2) qui n'est donnée que sur le CD-ROM est une fonction de TT.

Les éphémérides électroniques peuvent être calculées dans l'échelle de temps TT ou dans l'échelle UTC (sauf les coordonnées horizontales et les levers/couchers dont le calcul se fait seulement en UTC). La table 8.1 donne la relation entre TT et UTC depuis le 1 juillet 1983, d'après la relation entre TAI et UTC (*cf.* 2.5.1) publiée par l'IERS.

Table 8.1. TT–UTC depuis le 1 juillet 1983.

			TT – UTC
1983	Juil. 1 – 1985	Juil. 1	54.184 s
1985	Juil. 1 – 1988	Jan. 1	55.184 s
1988	Jan. 1 – 1990	Jan. 1	56.184 s
1990	Jan. 1 – 1991	Jan. 1	57.184 s
1991	Jan. 1 – 1992	Juil. 1	58.184 s
1992	Juil. 1 – 1993	Juil. 1	59.184 s
1993	Juil. 1 – 1994	Juil. 1	60.184 s
1994	Juil. 1 – 1996	Jan. 1	61.184 s
1996	Jan. 1 – 1997	Juil. 1	62.184 s
1997	Juil. 1 – 1999	Jan. 1	63.184 s
1999	Jan. 1 – 2006	Jan. 1	64.184 s
2006	Jan. 1 – 2009	Jan. 1	65.184 s
2009	Jan. 1 – 2012	Juil. 1	66.184 s
2012	Juil. 1 –		67.184 s

8.1.4. Contenu de l'ouvrage

La *Connaissance des Temps* publie des tables donnant :

- Le temps sidéral vrai au méridien de Greenwich GST pour chaque jour de l'année à 0h TU, et les nutations en longitude $\Delta\psi$ et en obliquité $\Delta\epsilon$ pour chaque jour de l'année à 0h TT (p. II. 4 – II. 7).
- L'angle de rotation de la Terre ERA et l'équation des origines \mathcal{E}_0 pour chaque jour de l'année à 0h TU (p. II. 10 – II. 13).
- Les coordonnées du CIP X et Y et l'angle s pour chaque jour de l'année à 0h TT (p. II. 16 – II. 19).
- Les éphémérides géocentriques du Soleil, pour chaque jour de l'année à 0h TT :
 - les coordonnées écliptiques du Soleil, longitude, latitude et rayon vecteur géométrique ; la longitude et la latitude sont des coordonnées moyennes rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens J2000 (p. II. 22 – II. 25) ;
 - les coordonnées équatoriales du Soleil, ascension droite et déclinaison ; ce sont des coordonnées apparentes rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date (p. II. 26 – II. 29) ;
 - le temps de passage du Soleil, en TT, au *méridien des éphémérides*, méridien situé à $-1.002\,7379$ (TT – TU) du méridien de Greenwich, les longitudes étant comptées positivement vers l'ouest. C'est aussi le temps de passage au méridien de Greenwich en TU (p. II. 26 – II. 29) ;
 - les coordonnées rectangulaires du Soleil X, Y, Z. Ce sont des coordonnées moyennes ; le plan OX, OY est le plan de l'équateur moyen J2000, l'axe OX est dirigé vers l'équinoxe moyen J2000 (p. II. 30 – II. 33).

- Les éphémérides géocentriques de la Lune, *toutes les six heures* (TT) (p. II. 36 – II. 52) :
 - les coordonnées équatoriales de la Lune, ascension droite et déclinaison. Ce sont des coordonnées apparentes rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date ;
 - la distance à la Terre, sans correction d'aberration.
- Les éphémérides des planètes principales Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune :
 - les coordonnées héliocentriques, longitude, latitude héliocentriques et rayon vecteur. La longitude et la latitude sont des coordonnées moyennes rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens J2000. Ces coordonnées sont données à 0h TT, *chaque jour de l'année* pour Mercure (p. II. 54 – II. 57), *tous les deux jours* pour Vénus (p. II. 58 – II. 59), *tous les quatre jours* pour Mars (p. II. 60), *tous les seize jours* pour Jupiter et Saturne et *tous les trente-deux jours* pour Uranus et Neptune (p. II. 61) ;
 - les coordonnées géocentriques, ascension droite, déclinaison, distance à la Terre, *pour chaque jour de l'année* à 0h TT. L'ascension droite et la déclinaison sont des coordonnées apparentes rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date. La distance à la Terre ne comporte pas de correction d'aberration (p. II. 62 – II. 89).
- Les éphémérides de Pluton et des petites planètes Cérés, Pallas, Junon et Vesta, *tous les quatre jours* à 0h TT (p. II. 92 – II. 96) :
 - les coordonnées géocentriques, ascension droite, déclinaison, distance à la Terre. L'ascension droite et la déclinaison sont des coordonnées astrométriques rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens J2000. La distance à la Terre ne comporte pas de correction d'aberration.
- Les coordonnées tangentielles X et Y des satellites naturels, *aux heures* (TT) *les plus proches des plus grandes elongations est* pour les satellites de Mars (p. II. 98 – II. 107) et *aux heures* (TT) *les plus proches des plus grandes elongations est et ouest* pour les satellites galiléens de Jupiter (p. II. 110 – II. 116), les huit premiers satellites de Saturne (p. II. 118 – II. 135) et les cinq premiers satellites d'Uranus (p. II. 138 – II. 148).

Les coordonnées tangentielles des satellites par rapport au centre de la planète, sont, au premier ordre :

$$X = \Delta\alpha \cos \delta, \quad Y = \Delta\delta,$$

où δ est la déclinaison de la planète et où $\Delta\alpha$ et $\Delta\delta$ sont les différences en ascension droite et en déclinaison entre le satellite et le centre de la planète. Ce sont des coordonnées moyennes astrométriques rapportées à l'équateur J2000 pour tous les satellites. L'axe des Y est dirigé vers le pôle de l'équateur moyen des coordonnées (nord) et l'axe des X est orienté dans le sens des ascensions droites croissantes (est).

Notons que l'approximation du premier ordre n'est pas suffisante lorsque le satellite s'éloigne beaucoup de la planète comme, par exemple, Callisto. On se reportera, à ce sujet, au paragraphe 4.3.3 de l'ouvrage *Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997).

- Un *calendrier* est publié p. II. 150 – II. 151. Il contient : D, le numéro du jour de chaque mois ; JOUR, le nom du jour de la semaine ; JJ, la date julienne à 12h ; JDA, le numéro du jour de l'année.

8.1.5. Contenu du CD-ROM

Le CD-ROM contient un logiciel interactif qui permet de calculer toutes les coordonnées publiées dans la *Connaissance des Temps* autres que le Temps sidéral, l'angle de rotation de la Terre et l'équation des origines, pour n'importe quelle date TT ou UTC de l'année. Le Temps sidéral ainsi que l'équation des équinoxes, l'angle de rotation de la Terre et l'équation des origines sont calculés pour n'importe quelle date UTC de l'année. Il permet aussi de calculer les *coordonnées horizontales* azimut et hauteur et les *levers* et *couchers* et *passages au méridien* des astres en des lieux terrestres de longitude et latitude quelconques.

Le logiciel de calcul utilise une représentation des coordonnées sous une forme polynomiale analogue à celle en usage dans les éditions de la *Connaissance des Temps* antérieures à l'édition 2006. La série de polynômes de Tchebychev sur le CD-ROM remonte le temps jusqu'en 1963. Cette représentation est décrite en 8.4.2.

Enfin, on trouve sur le CD-ROM, les prédictions des *phénomènes* des satellites galiléens.

8.2. SOURCES DES ÉPHÉMÉRIDES

8.2.1. Soleil, Lune, Planètes et Pluton

À partir de l'édition 2007, les éphémérides du Soleil, de la Lune, des planètes et de la planète naine Pluton (résolution B6 de l'UAI, 2006), publiées dans la *Connaissance des Temps*, sont issues de la solution INPOP10 (Fienga et al., 2011) élaborée à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides. Cette solution est présentée dans le chapitre 6.

8.2.2. Cérès et petits corps

Les éphémérides de la planète naine Cérès et des petits corps Pallas, Junon et Vesta sont issues d'une intégration numérique effectuée à l'IMCCE (Rocher, 2013a-d).

8.2.3. Satellites

Les théories utilisées pour la construction des éphémérides sont les suivantes :

- satellites de Mars : le modèle numérique NOE-4-06 (Lainey et al. 2007) ;
- satellites galiléens : la théorie L1 (Lainey et al. 2004) ;
- huit premiers satellites de Saturne : la théorie TASS1.6 (Vienne et Duriez. 1995) pour Mimas, Encelade, Téthys, Dioné, Rhéa, Titan et Japet ; la théorie de Duriez et Vienne (1997) pour Hypériorion ;
- cinq premiers satellites d'Uranus : la théorie LA07 (Lainey, 2007, Arlot et al. 2007).

8.3. UTILISATION DES ÉPHÉMÉRIDES TABULÉES

Les éphémérides de précision de la *Connaissance des Temps* sont maintenant les éphémérides électroniques qui accompagnent l'ouvrage. Les éphémérides tabulées ont surtout pour but de s'assurer du bon usage du logiciel ou de connaître l'allure des variations. Néanmoins, les intervalles de tabulation choisis permettent une interpolation précise pour les éphémérides du Soleil, de la Lune et des planètes ainsi que pour le Temps sidéral, les nutations, l'angle de rotation de la Terre, l'équation des origines, les coordonnées du CIP et l'angle s .

8.3.1. Interpolation par la formule de Bessel

Désignons par t_0, t_1, t_2, \dots les instants d'évaluation d'une fonction $f(t)$ décrite dans la *Connaissance des Temps* et par f_0, f_1, f_2, \dots les valeurs correspondantes de f . Notons h le pas de tabulation, $h = t_{k+1} - t_k$, constant quel que soit k . Soient $\Delta^{(1)}, \Delta^{(2)}, \Delta^{(3)}, \dots$, les différences premières, secondes, troisièmes, \dots ; elles valent :

$$\begin{aligned} \Delta_k^{(1)} &= f_{k+1} - f_k \\ \Delta_k^{(2)} &= \Delta_{k+1}^{(1)} - \Delta_k^{(1)} \\ \Delta_k^{(3)} &= \Delta_{k+1}^{(2)} - \Delta_k^{(2)} \\ \dots & \quad \dots \quad \dots \end{aligned} \quad \{k = 0, 1, 2, \dots\}$$

Formons le tableau des différences :

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

Soit à calculer $f(t)$ où t est compris entre t_1 et t_2 . Posons $m = \frac{t - t_1}{h}$.

La formule de Bessel s'écrit, en se limitant aux différences troisièmes :

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

8.3.2. Exemple

Calculer les coordonnées équatoriales apparentes de la Lune pour le 20 janvier 2014 à 8h 28m TT.

Formons les tableaux des différences, à partir des valeurs données page II. 36. Nous obtenons, pour les ascensions droites α et les déclinaisons δ :

20/01	α	Δ^1 (s)	Δ^2 (s)	Δ^3 (s)	δ	Δ^1 (")	Δ^2 (")	Δ^3 (")
0h	10h 45m 06.823s				3° 40' 18.37"			
		686.40				-3572.81		
6h	10h 56m 33.223s		1.02		2° 40' 45.56"		-34.38	
		687.42		0.59		-3607.19		7.85
12h	11h 08m 00.638s		1.62		1° 40' 38.37"		-26.53	
		689.02				-3633.72		
18h	11h 19m 29.661s				0° 40' 04.65"			

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 :

$$\alpha(t) = 10h\ 56m\ 33.22s + 282.61s - 0.16s + 0.002s = 11h\ 01m\ 15.67s$$

$$\delta(t) = 2^\circ\ 40'\ 45.56'' - 1482.96'' + 3.69'' + 0.03'' = 2^\circ\ 16'\ 06.32''$$

Les valeurs données par les éphémérides électroniques sont :

$$\alpha(t) = 11h\ 01m\ 15.67s$$

$$\delta(t) = 2^\circ\ 16'\ 06.32''$$

8.3.3. Utilisation de la formule de Bessel

L'utilisation de la formule de Bessel développée jusqu'aux différences troisièmes est nécessaire pour le calcul des éphémérides de la Lune et des éphémérides géocentriques de Mercure. Pour les autres coordonnées tabulées dans la *Connaissance des Temps* on peut se contenter de la formule bornée aux différences secondes et parfois même, de l'interpolation linéaire. On trouvera de plus amples informations sur l'application de la formule de Bessel aux éphémérides tabulées au paragraphe 9.1 de l'*Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997) et dans l'explication et usage de la *Connaissance des Temps* 1979 (Bureau des longitudes, 1978).

8.4. UTILISATION DES ÉPHÉMÉRIDES ÉLECTRONIQUES

8.4.1. Le logiciel de calcul eCdT

On trouvera sur le CD-ROM une documentation complète sur le logiciel de calcul et son utilisation. Nous en donnons ici un bref résumé.

8.4.1.1. Description de l'interface graphique

- *Coordonnées locales*

Cette partie de la fenêtre principale (cf. fig. 8.1) permet d'indiquer les coordonnées du lieu d'observation :

- longitude en degrés, minutes et secondes ;
- latitude en degrés, minutes et secondes ;
- altitude en mètres.

Ces coordonnées ne sont nécessaires que dans le cas des calculs de l'azimut, la hauteur, le lever, le coucher ou le passage au méridien d'un astre.

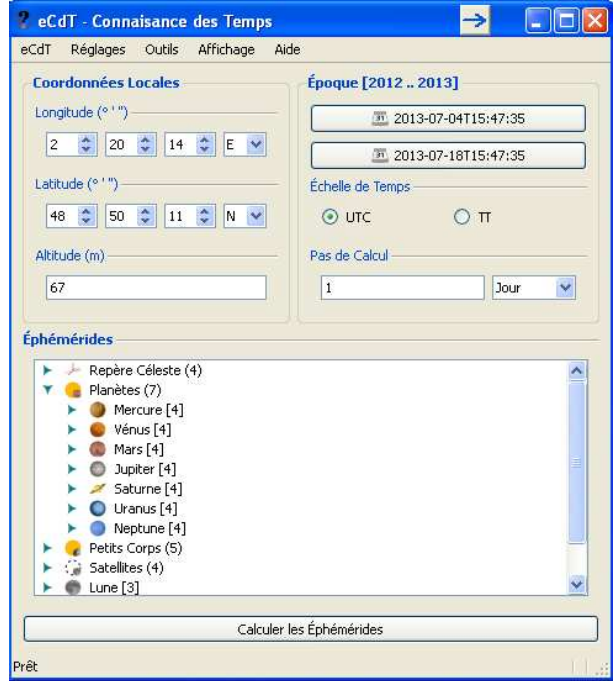


Fig. 8.1. Fenêtre principale.

- *Période de calcul*

Cette partie de la fenêtre principale (cf. fig. 8.1) permet d'indiquer :

- la date de début des calculs ;
- la date de fin des calculs ;
- l'échelle de temps à utiliser ;
- le pas de calcul.

Pour saisir les dates de début et de fin, il faut cliquer sur les boutons *Date de début* et *Date de fin*. Ces instants peuvent être saisis sous forme de date et heure ou sous forme de jours juliens. Il faut, pour cela, activer la zone de saisie correspondante (cf. fig. 8.2).

- *Liste des éphémérides disponibles*

La partie du bas de la fenêtre principale (cf. fig. 8.1) permet de choisir les éphémérides à calculer. Elles sont présentées sous la forme d'une arborescence. Pour la déployer il faut cliquer deux fois sur

les titres. Il est possible de choisir plusieurs éphémérides simultanément en maintenant la touche *Ctrl* enfoncée, ou encore l'ensemble des éphémérides pour un objet en le sélectionnant.

- *Lancement des calculs*

Le bouton *Ephémérides* (cf. fig. 8.1) permet d'obtenir les éphémérides choisies précédemment.

8.4.1.2. Utilisation simple du logiciel

On utilise le logiciel de calcul d'éphémérides en effectuant les étapes suivantes :

- saisie ou sélection des coordonnées du lieu d'observation si nécessaire ;
- saisie des paramètres «Epoque de calcul» ;
- choix des éphémérides à calculer ;
- lancement des calculs.

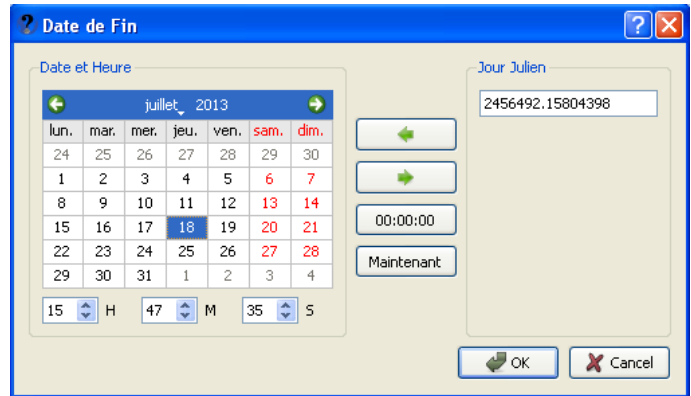


Fig. 8.2. Fenêtre pour choisir la date.

8.4.1.3. Autres possibilités

Outre le simple calcul d'éphémérides, le logiciel propose :

- une visualisation des coefficients utilisés pour représenter les coordonnées (cf. 8.4.2) ;
- les prédictions des phénomènes des satellites galiléens ;
- un convertisseur jour julien / date du calendrier (grégorien après le 15/10/1582 0h, julien avant cette date) ;
- un gestionnaire de lieux (permettant de choisir les coordonnées locales dans une liste) ;
- l'impression et la sauvegarde des résultats.

8.4.1.4. Disponibilité du logiciel

Actuellement le logiciel est disponible pour les systèmes d'opérations Microsoft Windows XP et Vista. Pour toute information complémentaire, ou mise à jour de fichiers et logiciel, consulter le site web de l'IMCCE à l'adresse <http://www.imcce.fr/fr/publications/logiciels/ecdt/>

8.4.2. Représentation des coordonnées

L'angle de rotation de la Terre est calculé à partir de la formule (3.6.17). Les autres coordonnées données sur le CD-ROM sont représentées sous formes de polynômes de Tchebychev. La représentation sous forme de polynômes de Tchebychev est utilisée pour les coordonnées du

Soleil, de la Lune, des planètes, des planètes naines, des petits corps ainsi que pour le Temps sidéral, l'équation des équinoxes, les nutations, l'angle de rotation de la Terre, l'équation des origines, les coordonnées du CIP et l'angle s . Il est possible de visualiser et d'utiliser soi-même les coefficients et il est donc utile de rappeler les caractéristiques de cette représentation.

Soient t une date julienne appartenant à l'intervalle de temps $t_0, t_0 + DT$ et y une coordonnée d'un astre. On calcule $y(t)$ par la formule :

$$y = a_0 + a_1 T_1(x) + \dots + a_n T_n(x), \quad (8.4.1)$$

où :

- x est un paramètre compris entre -1 et $+1$ qui se déduit de t par la relation :

$$x = -1 + 2(t - t_0)/DT; \quad (8.4.2)$$

- a_0, a_1, \dots, a_n sont les coefficients numériques publiés dans la *Connaissance des Temps*, valables pour l'intervalle de temps $t_0, t_0 + DT$ contenant t ;

- $T_1(x), \dots, T_n(x)$ sont des polynômes de Tchebychev, en x , que l'on calcule :

– soit par la relation :

$$T_p(x) = \cos(p \arccos x); \quad (8.4.3)$$

– soit par la relation de récurrence :

$$T_{p+1}(x) = 2xT_p(x) - T_{p-1}(x) \quad (8.4.4)$$

avec : $T_0(x) = 1; \quad T_1(x) = x.$

La précision des approximations en polynômes de Tchebychev données sur le CD-ROM est très grande, bien meilleure que celle des éditions antérieures de la *Connaissance des Temps*. Notons toutefois que la déviation relativiste des rayons lumineux dans le champ gravitationnel du Soleil n'est pas prise en compte dans le calcul des coordonnées apparentes des planètes, les variations angulaires produites par ce phénomène étant difficilement représentables dans une éphéméride Tchebychev. La valeur de cette déviation peut être dans certains cas de l'ordre de la seconde de degré. Nous donnons, dans les tables 8.2 et 8.3, les caractéristiques des approximations en polynômes de Tchebychev avec les précisions de représentation.

8.5. PRÉCISION DES ÉPHÉMÉRIDES

Pour juger de la précision globale d'une éphéméride, il faut distinguer plusieurs composantes :

a) *La précision interne* de la théorie. Elle rend compte à la fois de la précision numérique des calculs effectués pour élaborer la théorie et de la perfection du modèle physique introduit, les constantes physiques du problème (constantes d'intégration, masses, etc.) étant supposées parfaitement connues.

b) *La précision externe*. Elle représente essentiellement ce qui, dans l'écart entre la théorie et l'observation, est dû aux erreurs sur les constantes physiques et sur la définition du repère dans

lequel les coordonnées sont mesurées. Cette précision est directement liée à la précision avec laquelle ont été effectuées les observations ayant servi à déterminer les constantes physiques du problème.

c) *La précision de la représentation.* Elle traduit l'écart entre la théorie et son approximation soit en polynômes de Tchebychev (cas des planètes, du Soleil et de la Lune), soit en fonctions mixtes (cas des satellites des planètes). Elle est déterminée par le choix de la représentation.

La précision globale de l'éphéméride est la somme de ces trois composantes. Comme le montre la table 8.2, la précision de représentation est très grande pour le Soleil, la Lune et les planètes. La précision globale est du même ordre que la précision interne dans le cas de la Lune ; elle est du même ordre que la précision externe pour tous les autres corps.

La table 8.4 donne une estimation de la précision globale pour les corps dont on publie les éphémérides.

On trouvera des explications détaillées sur ces différentes précisions dans le volume *Introduction aux Éphémérides Astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997) et dans Standish (1985).

Table 8.2. Caractéristiques des représentations en polynômes de Tchebychev données sur le CD-ROM.

Astre	Coordonnées	Nombre de coefficients	Intervalle DT (jours)	Précision de la représentation
	Temps sidéral	19	16	1.7×10^{-5} s
	Équation des équinoxes	19	16	2×10^{-8} s
	Nutations	19	16	3×10^{-7} ''
	Équation des origines	10	5	5×10^{-7} ''
	Coordonnées du CIP	10	5	2×10^{-7} ''
	<i>s</i>	10	5	2×10^{-10} ''
Soleil	Longitude	15	16	6×10^{-10} degré
	Latitude	15	16	4×10^{-11} degré
	Rayon vecteur	15	16	4×10^{-12} ua
	Ascension droite	15	16	2×10^{-6} s
	Déclinaison	15	16	7×10^{-6} ''
	Temps de passage	15	16	1×10^{-3} ''
	Coordonnées rectangulaires	15	16	1×10^{-11} ua
Lune	Ascension droite	9	2	2×10^{-6} s
	Déclinaison	9	2	2×10^{-5} ''
	Distance à la Terre	9	2	2×10^{-5} km
Mercure	Longitude	15	16	3×10^{-9} degré
	Latitude	15	16	5×10^{-10} degré
	Rayon vecteur	15	16	2×10^{-12} ua
	Ascension droite	15	16	6×10^{-6} s
	Déclinaison	15	16	5×10^{-5} ''
	Distance à la Terre	15	16	2×10^{-10} ua

Table 8.2. (fin).

Astre	Coordonnées	Nombre de coefficients	Intervalle DT (jours)	Précision de la représentation
Vénus	Longitude	15	46	7×10^{-10} degré
	Latitude	15	46	3×10^{-11} degré
	Rayon vecteur	15	46	1×10^{-12} ua
	Ascension droite	15	16	2×10^{-6} s
	Déclinaison	15	16	7×10^{-6} "
	Distance à la Terre	15	16	8×10^{-12} ua
Mars	Longitude	15	46	2×10^{-10} degré
	Latitude	15	46	4×10^{-12} degré
	Rayon vecteur	15	46	1×10^{-12} ua
	Ascension droite	15	16	2×10^{-6} s
	Déclinaison	15	16	7×10^{-6} "
	Distance à la Terre	15	16	1×10^{-11} ua
Jupiter	Longitude	15	92	2×10^{-9} degré
	Latitude	15	92	1×10^{-11} degré
	Rayon vecteur	15	92	5×10^{-11} ua
	Ascension droite	15	16	2×10^{-6} s
	Déclinaison	15	16	8×10^{-6} "
	Distance à la Terre	15	16	2×10^{-11} ua
Saturne	Longitude	15	92	2×10^{-8} degré
	Latitude	15	92	2×10^{-10} degré
	Rayon vecteur	15	92	2×10^{-9} ua
	Ascension droite	15	16	2×10^{-6} s
	Déclinaison	15	16	7×10^{-6} "
	Distance à la Terre	15	16	2×10^{-10} ua
Uranus	Longitude	15	92	3×10^{-8} degré
	Latitude	15	92	5×10^{-10} degré
	Rayon vecteur	15	92	2×10^{-8} ua
	Ascension droite	15	16	3×10^{-6} s
	Déclinaison	15	16	2×10^{-5} "
	Distance à la Terre	15	16	6×10^{-9} ua
Neptune	Longitude	15	92	2×10^{-7} degré
	Latitude	15	92	6×10^{-10} degré
	Rayon vecteur	15	92	8×10^{-8} ua
	Ascension droite	15	16	2×10^{-5} s
	Déclinaison	15	16	6×10^{-5} "
	Distance à la Terre	15	16	3×10^{-8} ua
Pluton	Ascension droite	10	31	3×10^{-5} s
	Déclinaison	10	31	8×10^{-5} "
	Distance à la Terre	10	31	5×10^{-8} ua
Astéroïdes	Ascension droite	10	31	4×10^{-4} s
	Déclinaison	10	31	3×10^{-3} "
	Distance à la Terre	10	31	5×10^{-8} ua

Table 8.3. Caractéristiques des représentations en polynômes de Tchebychev pour les satellites, données sur le CD-ROM.

Satellite	Coordonnées	Nombre de coefficients	Intervalle DT (jours)	Précision de la représentation
Phobos	Tangentielles (X, Y)	472	16	4.85×10^{-8} rad
Déimos	"	162	16	4.85×10^{-8} "
Io	Tangentielles (X, Y)	88	16	9.70×10^{-8} rad
Europe	"	24	4	9.70×10^{-8} "
Ganymède	"	16	4	9.70×10^{-8} "
Callisto	"	11	4	9.70×10^{-8} "
Mimas	Tangentielles (X, Y)	164	16	9.70×10^{-8} rad
Encelade	"	878	184	9.70×10^{-8} "
Téthys	"	224	64	7.27×10^{-8} "
Dioné	"	45	16	7.27×10^{-8} "
Rhéa	"	113	64	7.27×10^{-8} "
Titan	"	79	96	7.27×10^{-8} "
Hypérion	"	19	16	1.35×10^{-7} "
Japet	"	103	64	1.35×10^{-7} "
Miranda	Tangentielles (X, Y)	162	16	4.85×10^{-7} rad
Ariel	"	50	8	4.85×10^{-7} "
Umbriel	"	110	64	4.85×10^{-7} "
Titania	"	160	90	4.85×10^{-7} "
Obéron	"	40	16	9.70×10^{-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 astéroïdes	2''
Satellites de Mars	0''.01
Satellites galiléens de Jupiter	0''.02
Satellites de Saturne	de 0''.015 à 0''.03
Satellites d'Uranus	de 0''.1 à 0''.2

8.6. BIBLIOGRAPHIE

- Arlot, J.-E. : 1982, New constants for Sampson-Lieske theory of the Galilean satellites of Jupiter, *Astron. Astrophys.* **107**, 305.
- Arlot, J.-E., Lainey, V., Thuillot, W. : 2006, Predictions of the mutual events of the Uranian satellites occurring in 2006-2009 *Astron. Astrophys.* **456**, 1173.
- Bureau des longitudes : 1978, *Connaissance des Temps* pour l'an 1979, Gauthier-Villars d., Paris.
- Bureau des longitudes : 1997, *Introduction aux éphémérides astronomiques (supplément explicatif à la Connaissance des Temps)*. Simon, J.-L., Chapront-Touzé, M., Morando, B., Thuillot, W. ds, EDP Sciences, Les Ulis.
- Duriez, L. , Vienne, A., : 1997, Theory of motion and ephemerides of Hyperion, *Astron. Astrophys.* **324**, 366.
- Fienga, A., Laskar, J., Kuchynka, P., Manche, H., et al. : 2011, The INPOP10 planetary ephemeris and its applications in fundamental physics. *Astron. Astrophys.* **111**, 363.
- Lainey, V., Arlot, J.-E., Vienne, A. : 2004, New accurate ephemerides for the Galilean satellites of Jupiter. II. Fitting the observations *Astron. Astrophys.* **427**, 371.
- Lainey, V., Dehant, V., Pätzold, M. : 2007, First numerical ephemerides of the Martian moons *Astron. Astrophys.* **465**, 1075.
- Lainey, V. : 2008, A new dynamical model for the Uranian satellites, *P&SS* **56**, 1766.
- Rocher, P. : 2013a, Ajustement de l'orbite de Cérès, Notes scientifiques et techniques de l'IMCCE n. 99, ISBN 2-910015-68-8.
- Rocher, P. : 2013b, Ajustement de l'orbite de Pallas, Notes scientifiques et techniques de l'IMCCE n. 100, ISBN 2-910015-69-6.
- Rocher, P. : 2013c, Ajustement de l'orbite de Junon, Notes scientifiques et techniques de l'IMCCE n. 101, ISBN 2-910015-70-X.
- Rocher, P. : 2013d, Ajustement de l'orbite de Vesta, Notes scientifiques et techniques de l'IMCCE n. 102, ISBN 2-910015-71-8.
- Sampson, R.A. : 1921, Theory of the four great satellites of Jupiter, *Mem. Roy. Astron. Soc.* **63**.
- Standish, E.M. : 1985, Relativity in Celestial Mechanics and Astrometry, J. Kovalevsky and V.A. Brumberg eds. (Reidel, Dordrecht, Holland), 71.
- Standish, E.M. : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides, DE405/LE405, JPLIOM **312**, **F-98-048**.
- Vienne, A., Duriez, L. : 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.* **297**, 588.

ÉPHÉMÉRIDES POUR L'ANNÉE 2014

TEMPS SIDÉRAL, NUTATION

Temps sidéral GST	II. 4
Nutation en longitude $\Delta\psi$, nutation en obliquité $\Delta\epsilon$	II. 4

TEMPS SIDÉRAL 2014 à 0h TU, NUTATION 2014 à 0h TT

TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

Date	temps sidéral			nut. long.	nut. obl.	Date	temps sidéral			nut. long.	nut. obl.		
	h	m	s	s	s		h	m	s	s	s		
Janv.	0	6	38	20.49251	10.22653	-8.27950	Févr.	15	9	39	42.07286	10.77295	-7.59541
	1	6	42	17.05803	10.39248	-8.27836		16	9	43	38.62259	10.68076	-7.55615
	2	6	46	13.62277	10.54584	-8.25240		17	9	47	35.17101	10.56728	-7.52799
	3	6	50	10.18484	10.65541	-8.20832		18	9	51	31.71888	10.44462	-7.51398
	4	6	54	6.74322	10.70459	-8.15854		19	9	55	28.26709	10.32756	-7.51498
	5	6	58	3.29808	10.69638	-8.11608		20	9	59	24.81657	10.23134	-7.52923
	6	7	1	59.85056	10.64917	-8.08998		21	10	3	21.36813	10.16905	-7.55231
	7	7	5	56.40217	10.58768	-8.08332		22	10	7	17.92226	10.14875	-7.57755
	8	7	9	52.95429	10.53462	-8.09388		23	10	11	14.47898	10.17080	-7.59690
	9	7	13	49.50791	10.50595	-8.11606		24	10	15	11.03772	10.22597	-7.60255
	10	7	17	46.06349	10.50953	-8.14292		25	10	19	7.59733	10.29523	-7.58897
	11	7	21	42.62108	10.54580	-8.16768		26	10	23	4.15622	10.35286	-7.55522
	12	7	25	39.18034	10.60937	-8.18467		27	10	27	0.71282	10.37309	-7.50632
	13	7	29	35.74069	10.69075	-8.18992		28	10	30	57.26611	10.33909	-7.45270
14	7	33	32.30140	10.77809	-8.18145	Mars	1	10	34	53.81603	10.25011	-7.40695	
15	7	37	28.86171	10.85895	-8.15933	2	10	38	50.36357	10.12217	-7.37933		
16	7	41	25.42093	10.92197	-8.12558	3	10	42	46.91033	9.98136	-7.37410		
17	7	45	21.97853	10.95837	-8.08386	4	10	46	43.45788	9.85359	-7.38882		
18	7	49	18.53419	10.96323	-8.03898	5	10	50	40.00732	9.75651	-7.41634		
19	7	53	15.08790	10.93621	-7.99621	6	10	54	36.55902	9.69658	-7.44792		
20	7	57	11.63995	10.88183	-7.96064	7	10	58	33.11280	9.67057	-7.47570		
21	8	1	8.19086	10.80909	-7.93642	8	11	2	29.66808	9.66906	-7.49409		
22	8	5	4.74144	10.73070	-7.92615	9	11	6	26.22410	9.67972	-7.50007		
23	8	9	1.29259	10.66176	-7.93032	10	11	10	22.78008	9.68985	-7.49298		
24	8	12	57.84528	10.61794	-7.94683	11	11	14	19.33533	9.68784	-7.47411		
25	8	16	54.40034	10.61282	-7.97075	12	11	18	15.88925	9.66426	-7.44634		
26	8	20	50.95825	10.65445	-7.99446	13	11	22	12.44146	9.61257	-7.41375		
27	8	24	47.51894	10.74132	-8.00873	14	11	26	8.99177	9.52993	-7.38127		
28	8	28	44.08153	10.85944	-8.00486	15	11	30	5.54029	9.41791	-7.35417		
29	8	32	40.64444	10.98280	-7.97790	16	11	34	2.08740	9.28294	-7.33736		
30	8	36	37.20574	11.07974	-7.92959	17	11	37	58.63378	9.13612	-7.33457		
31	8	40	33.76383	11.12427	-7.86896	18	11	41	55.18034	8.99211	-7.34740		
Févr.	1	8	44	30.31813	11.10681	-7.80942	19	11	45	51.72805	8.86680	-7.37473	
	2	8	48	26.86925	11.03747	-7.76347	20	11	49	48.27776	8.77429	-7.41248	
	3	8	52	23.41867	10.94018	-7.73815	21	11	53	44.83002	8.72350	-7.45404	
	4	8	56	19.96803	10.84193	-7.73363	22	11	57	41.38490	8.71545	-7.49149	
	5	9	0	16.51863	10.76395	-7.74481	23	12	1	37.94189	8.74197	-7.51717	
	6	9	4	13.07117	10.71775	-7.76401	24	12	5	34.49997	8.78629	-7.52564	
	7	9	8	9.62579	10.70541	-7.78348	25	12	9	31.05777	8.82603	-7.51532	
	8	9	12	6.18217	10.72197	-7.79681	26	12	13	27.61389	8.83825	-7.48952	
9	9	16	2.73975	10.75806	-7.79957	27	12	17	24.16727	8.80579	-7.45615		
10	9	19	59.29781	10.80211	-7.78948	28	12	21	20.71757	8.72298	-7.42594		
11	9	23	55.85562	10.84203	-7.76625	29	12	25	17.26531	8.59838	-7.40929		
12	9	27	52.41248	10.86655	-7.73147	30	12	29	13.81175	8.45236	-7.41291		
13	9	31	48.96785	10.86650	-7.68831	31	12	33	10.35843	8.31026	-7.43772		
14	9	35	45.52134	10.83589	-7.64123	Avril	1	12	37	6.90668	8.19394	-7.47901	

TEMPS SIDÉRAL 2014 à 0h TU, NUTATION 2014 à 0h TT

TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

Date	temps sidéral			nut. long.	nut. obl.	Date	temps sidéral			nut. long.	nut. obl.		
	h	m	s	s	s		h	m	s	s	s		
Avril	2	12	41	3.45727	8.11573	-7.52859	Mai	18	15	42	24.93342	6.95825	-8.56163
	3	12	45	0.01026	8.07690	-7.57762		19	15	46	21.49446	7.05106	-8.55618
	4	12	48	56.56520	8.06979	-7.61893		20	15	50	18.05303	7.10350	-8.53832
	5	12	52	53.12129	8.08173	-7.64811		21	15	54	14.60858	7.10644	-8.51815
	6	12	56	49.67770	8.09866	-7.66359		22	15	58	11.16136	7.06415	-8.50582
	7	13	0	46.23361	8.10761	-7.66624		23	16	2	7.71230	6.99188	-8.50881
	8	13	4	42.78840	8.09816	-7.65870		24	16	6	4.26272	6.91087	-8.53035
	9	13	8	39.34162	8.06305	-7.64487		25	16	10	0.81391	6.84262	-8.56903
	10	13	12	35.89305	7.99867	-7.62946		26	16	13	57.36691	6.80379	-8.61965
	11	13	16	32.44271	7.90540	-7.61756		27	16	17	53.92223	6.80308	-8.67480
	12	13	20	28.99090	7.78807	-7.61418		28	16	21	50.47988	6.84024	-8.72672
	13	13	24	25.53820	7.65614	-7.62355		29	16	25	47.03935	6.90730	-8.76895
	14	13	28	22.08544	7.52326	-7.64823		30	16	29	43.59985	6.99128	-8.79746
	15	13	32	18.63362	7.40568	-7.68826		31	16	33	40.16049	7.07745	-8.81103
	16	13	36	15.18371	7.31935	-7.74047		1	16	37	36.72043	7.15218	-8.81100
	17	13	40	11.73642	7.27590	-7.79859		2	16	41	33.27903	7.20497	-8.80067
18	13	44	8.29197	7.27876	-7.85428	3	16	45	29.83589	7.22947	-8.78454		
19	13	48	4.84992	7.32096	-7.89904	4	16	49	26.39091	7.22377	-8.76763		
20	13	52	1.40925	7.38575	-7.92661	5	16	53	22.94423	7.19030	-8.75491		
21	13	55	57.96857	7.45029	-7.93481	6	16	57	19.49625	7.13555	-8.75083		
22	13	59	54.52645	7.49148	-7.92641	7	17	1	16.04760	7.06979	-8.75886		
23	14	3	51.08185	7.49202	-7.90858	8	17	5	12.59910	7.00655	-8.78091		
24	14	7	47.63435	7.44512	-7.89106	9	17	9	9.15171	6.96153	-8.81665		
25	14	11	44.18428	7.35633	-7.88362	10	17	13	5.70640	6.95041	-8.86286		
26	14	15	40.73266	7.24201	-7.89339	11	17	17	2.26390	6.98518	-8.91311		
27	14	19	37.28084	7.12453	-7.92299	12	17	20	58.82443	7.06950	-8.95843		
28	14	23	33.83018	7.02595	-7.96999	13	17	24	55.38745	7.19460	-8.98929		
29	14	27	30.38164	6.96203	-8.02793	14	17	28	51.95165	7.33891	-8.99882		
30	14	31	26.93559	6.93884	-8.08845	15	17	32	48.51522	7.47315	-8.98580		
Mai	1	14	35	23.49181	6.95266	-8.14357	16	17	36	45.07652	7.57003	-8.95582	
2	14	39	20.04962	6.99255	-8.18745	17	17	40	41.63456	7.61380	-8.91944		
3	14	43	16.60814	7.04406	-8.21718	18	17	44	38.18938	7.60489	-8.88839		
4	14	47	13.16648	7.09271	-8.23268	19	17	48	34.74187	7.55786	-8.87177		
5	14	51	9.72390	7.12628	-8.23613	20	17	52	31.29339	7.49496	-8.87382		
6	14	55	6.27987	7.13607	-8.23127	21	17	56	27.84533	7.43897	-8.89365		
7	14	59	2.83409	7.11737	-8.22272	22	18	0	24.39879	7.40769	-8.92644		
8	15	2	59.38653	7.06956	-8.21549	23	18	4	20.95437	7.41111	-8.96514		
9	15	6	55.93741	6.99620	-8.21452	24	18	8	17.51217	7.45080	-9.00227		
10	15	10	52.48721	6.90506	-8.22422	25	18	12	14.07183	7.52097	-9.03131		
11	15	14	49.03664	6.80804	-8.24780	26	18	16	10.63268	7.61057	-9.04775		
12	15	18	45.58665	6.72042	-8.28648	27	18	20	7.19388	7.70586	-9.04955		
13	15	22	42.13826	6.65889	-8.33864	28	18	24	3.75458	7.79305	-9.03717		
14	15	26	38.69236	6.63814	-8.39927	29	18	28	0.31407	7.86050	-9.01325		
15	15	30	35.24945	6.66624	-8.46039	30	18	31	56.87187	7.90024	-8.98193		
16	15	34	31.80936	6.74046	-8.51256	Juill.	1	18	35	53.42776	7.90878	-8.94816	
17	15	38	28.37117	6.84587	-8.54766	2	18	39	49.98181	7.88724	-8.91702		

TEMPS SIDÉRAL 2014 à 0h TU, NUTATION 2014 à 0h TT

TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

Date	temps sidéral			nut. long.	nut. obl.	Date	temps sidéral			nut. long.	nut. obl.		
	h	m	s	s	s		h	m	s	s	s		
Juill.	3	18	43	46.53435	7.84100	-8.89308	Août	18	21	45	8.07123	7.67652	-8.44484
	4	18	47	43.08593	7.77921	-8.87998		19	21	49	4.62807	7.70059	-8.45204
	5	18	51	39.63731	7.71398	-8.87989		20	21	53	1.18553	7.73471	-8.44608
	6	18	55	36.18935	7.65951	-8.89317		21	21	56	57.74279	7.76562	-8.42657
	7	18	59	32.74295	7.63054	-8.91782		22	22	0	54.29912	7.78142	-8.39516
	8	19	3	29.29890	7.64012	-8.94917		23	22	4	50.85397	7.77290	-8.35513
	9	19	7	25.85769	7.69604	-8.97989		24	22	8	47.40698	7.73439	-8.31090
	10	19	11	22.41923	7.79675	-9.00099		25	22	12	43.95806	7.66443	-8.26741
	11	19	15	18.98264	7.92827	-9.00397		26	22	16	40.50741	7.56598	-8.22958
	12	19	19	15.54636	8.06487	-8.98412		27	22	20	37.05545	7.44624	-8.20157
	13	19	23	12.10851	8.17580	-8.94331		28	22	24	33.60285	7.31589	-8.18624
	14	19	27	8.66758	8.23637	-8.89036		29	22	28	30.15038	7.18782	-8.18462
15	19	31	5.22304	8.23780	-8.83812	30	22	32	26.69888	7.07551	-8.19561		
16	19	35	1.77547	8.18986	-8.79847	31	22	36	23.24909	6.99103	-8.21593		
17	19	38	58.32627	8.11521	-8.77832	Sept. 1	22	40	19.80152	6.94304	-8.24034		
18	19	42	54.87703	8.03981	-8.77821	2	22	44	16.35637	6.93461	-8.26217		
19	19	46	51.42903	7.98479	-8.79353	3	22	48	12.91338	6.96139	-8.27429		
20	19	50	47.98303	7.96238	-8.81692	4	22	52	9.47175	7.01049	-8.27059		
21	19	54	44.53920	7.97539	-8.84050	5	22	56	6.03023	7.06123	-8.24788		
22	19	58	41.09724	8.01900	-8.85750	6	23	0	2.58728	7.08886	-8.20782		
23	20	2	37.65653	8.08313	-8.86311	7	23	3	59.14160	7.07177	-8.15777		
24	20	6	34.21629	8.15499	-8.85490	8	23	7	55.69258	7.00066	-8.10940		
25	20	10	30.77571	8.22127	-8.83277	9	23	11	52.24067	6.88109	-8.07494		
26	20	14	27.33407	8.27011	-8.79874	10	23	15	48.78726	6.73749	-8.06237		
27	20	18	23.89081	8.29265	-8.75648	11	23	19	45.33409	6.59800	-8.07256		
28	20	22	20.44565	8.28400	-8.71068	12	23	23	41.88263	6.48629	-8.09970		
29	20	26	16.99856	8.24386	-8.66645	13	23	27	38.43358	6.41409	-8.13440		
30	20	30	13.54981	8.17646	-8.62855	14	23	31	34.98691	6.38062	-8.16722		
31	20	34	10.09989	8.08999	-8.60085	15	23	35	31.54200	6.37615	-8.19106		
Août 1	20	38	6.64949	7.99575	-8.58580	16	23	39	28.09801	6.38667	-8.20202		
2	20	42	3.19943	7.90698	-8.58407	17	23	43	24.65405	6.39765	-8.19917		
3	20	45	59.75054	7.83740	-8.59423	18	23	47	21.20934	6.39634	-8.18394		
4	20	49	56.30359	7.79944	-8.61259	19	23	51	17.76328	6.37299	-8.15946		
5	20	53	52.85911	7.80183	-8.63329	20	23	55	14.31549	6.32141	-8.12996		
6	20	57	49.41723	7.84679	-8.64874	21	23	59	10.86584	6.23939	-8.10024		
7	21	1	45.97751	7.92708	-8.65090	22	0	3	7.41445	6.12883	-8.07522		
8	21	5	42.53884	8.02461	-8.63348	23	0	7	3.96168	5.99582	-8.05931		
9	21	9	39.09959	8.11262	-8.59471	24	0	11	0.50814	5.85022	-8.05583		
10	21	13	35.65804	8.16304	-8.53939	25	0	14	57.05461	5.70466	-8.06639		
11	21	17	32.21305	8.15717	-8.47850	26	0	18	53.60192	5.57295	-8.09040		
12	21	21	28.76457	8.09423	-8.42543	27	0	22	50.15086	5.46782	-8.12493		
13	21	25	25.31366	7.99167	-8.39080	28	0	26	46.70199	5.39854	-8.16491		
14	21	29	21.86201	7.87700	-8.37860	29	0	30	43.25553	5.36868	-8.20379		
15	21	33	18.41124	7.77656	-8.38588	30	0	34	39.81127	5.37462	-8.23470		
16	21	37	14.96238	7.70748	-8.40510	Oct. 1	0	38	36.36850	5.40512	-8.25176		
17	21	41	11.51580	7.67545	-8.42736	2	0	42	32.92615	5.44246	-8.25162		

TEMPS SIDÉRAL 2014 à 0h TU, NUTATION 2014 à 0h TT

TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

Date	temps sidéral			nut. long.	nut. obl.	Date	temps sidéral			nut. long.	nut. obl.		
	h	m	s	s	s		h	m	s	s	s		
Oct.	3	0	46	29.48292	5.46539	-8.23479	Nov.	18	3	47	50.92803	3.80059	-8.99804
	4	0	50	26.03759	5.45399	-8.20634		19	3	51	47.47866	3.72303	-9.03137
	5	0	54	22.58940	5.39578	-8.17539		20	3	55	44.03054	3.66606	-9.07701
	6	0	58	19.13836	5.29105	-8.15299		21	3	59	40.58448	3.64269	-9.13128
	7	1	2	15.68537	5.15451	-8.14859		22	4	3	37.14101	3.66166	-9.18807
	8	1	6	12.23197	5.01117	-8.16665		23	4	7	33.70020	3.72414	-9.23962
	9	1	10	8.77978	4.88747	-8.20491		24	4	11	30.26153	3.82156	-9.27826
	10	1	14	5.32992	4.80197	-8.25563		25	4	15	26.82391	3.93621	-9.29866
	11	1	18	1.88275	4.76039	-8.30877		26	4	19	23.38594	4.04502	-9.29971
	12	1	21	58.43786	4.75630	-8.35530		27	4	23	19.94625	4.12583	-9.28526
	13	1	25	54.99442	4.77567	-8.38937		28	4	27	16.50393	4.16376	-9.26329
	14	1	29	51.55140	4.80205	-8.40875		29	4	31	13.05879	4.15540	-9.24368
15	1	33	48.10790	4.82047	-8.41430	30	4	35	9.61135	4.10951	-9.23556		
16	1	37	44.66320	4.81947	-8.40902	Déc.	1	4	39	6.16273	4.04430	-9.24488	
17	1	41	41.21687	4.79179	-8.39715		2	4	43	2.71430	3.98232	-9.27301	
18	1	45	37.76873	4.73446	-8.38352	3	4	46	59.26736	3.94447	-9.31660		
19	1	49	34.31885	4.64860	-8.37306	4	4	50	55.82275	3.94479	-9.36863		
20	1	53	30.86753	4.53930	-8.37028	5	4	54	52.38072	3.98739	-9.42042		
21	1	57	27.41532	4.41534	-8.37888	6	4	58	48.94092	4.06623	-9.46389		
22	2	1	23.96294	4.28866	-8.40112	7	5	2	45.50250	4.16774	-9.49339		
23	2	5	20.51124	4.17316	-8.43723	8	5	6	42.06442	4.27490	-9.50666		
24	2	9	17.06108	4.08274	-8.48500	9	5	10	38.62569	4.37147	-9.50474		
25	2	13	13.61313	4.02848	-8.53975	10	5	14	35.18556	4.44501	-9.49118		
26	2	17	10.16773	4.01585	-8.59482	11	5	18	31.74358	4.48834	-9.47094		
27	2	21	6.72473	4.04243	-8.64283	12	5	22	28.29964	4.49971	-9.44939		
28	2	25	3.28346	4.09738	-8.67735	13	5	26	24.85393	4.48216	-9.43157		
29	2	28	59.84284	4.16298	-8.69455	14	5	30	21.40688	4.44257	-9.42166		
30	2	32	56.40159	4.21825	-8.69454	15	5	34	17.95908	4.39087	-9.42267		
31	2	36	52.95852	4.24386	-8.68167	16	5	38	14.51129	4.33922	-9.43616		
Nov.	1	2	40	49.51287	4.22721	-8.66391	17	5	42	11.06433	4.30108	-9.46190	
2	2	44	46.06451	4.16637	-8.65104	18	5	46	7.61901	4.28984	-9.49750		
3	2	48	42.61408	4.07151	-8.65211	19	5	50	4.17602	4.31660	-9.53817		
4	2	52	39.16279	3.96271	-8.67281	20	5	54	0.73570	4.38704	-9.57694		
5	2	56	35.71214	3.86440	-8.71358	21	5	57	57.29786	4.49813	-9.60570		
6	3	0	32.26344	3.79782	-8.76944	22	6	1	53.86167	4.63612	-9.61722		
7	3	4	28.81740	3.77472	-8.83170	23	6	5	50.42572	4.77804	-9.60776		
8	3	8	25.37399	3.79470	-8.89079	24	6	9	46.98840	4.89753	-9.57913		
9	3	12	21.93256	3.84702	-8.93904	25	6	13	43.54841	4.97346	-9.53877		
10	3	16	18.49210	3.91517	-8.97221	26	6	17	40.10523	4.99729	-9.49754		
11	3	20	15.05155	3.98195	-8.98976	27	6	21	36.65926	4.97548	-9.46612		
12	3	24	11.61004	4.03302	-8.99405	28	6	25	33.21162	4.92630	-9.45171		
13	3	28	8.16699	4.05879	-8.98927	29	6	29	29.76374	4.87321	-9.45641		
14	3	32	4.72210	4.05470	-8.98043	30	6	33	26.31696	4.83794	-9.47732		
15	3	36	1.27540	4.02088	-8.97262	31	6	37	22.87218	4.83548	-9.50800		
16	3	39	57.82714	3.96155	-8.97055	32	6	41	19.42976	4.87164	-9.54037		
17	3	43	54.37779	3.88450	-8.97811	33	6	45	15.98950	4.94315	-9.56667		

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 2014 à 0h TU

ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE, ÉQUATION DES ORIGINES

Date	angle de rotation de la Terre			équation des origines		Date	angle de rotation de la Terre			équation des origines			
	°	'	"	'	"		°	'	"	'	"		
Janv.	0	99	24	12.38840	-10	54.99921	Févr.	15	144	44	29.78331	-11	1.30959
	1	100	23	20.59264	-10	55.27776		16	145	43	37.98755	-11	1.35127
	2	101	22	28.79688	-10	55.54474		17	146	42	46.19178	-11	1.37343
	3	102	21	37.00111	-10	55.77151		18	147	41	54.39602	-11	1.38717
	4	103	20	45.20535	-10	55.94288		19	148	41	2.60026	-11	1.40606
	5	104	19	53.40959	-10	56.06160		20	149	40	10.80450	-11	1.44409
	6	105	19	1.61383	-10	56.14455		21	150	39	19.00873	-11	1.51325
	7	106	18	9.81806	-10	56.21442		22	151	38	27.21297	-11	1.62094
	8	107	17	18.02230	-10	56.29203		23	152	37	35.41721	-11	1.76749
	9	108	16	26.22654	-10	56.39204		24	153	36	43.62144	-11	1.94441
	10	109	15	34.43077	-10	56.52164		25	154	35	51.82568	-11	2.13425
	11	110	14	42.63501	-10	56.68123		26	155	35	0.02992	-11	2.31339
	12	111	13	50.83925	-10	56.86585		27	156	34	8.23416	-11	2.45821
	13	112	12	59.04349	-10	57.06681		28	157	33	16.43839	-11	2.55326
14	113	12	7.24772	-10	57.27324	Mars	1	158	32	24.64263	-11	2.59787	
15	114	11	15.45196	-10	57.47371	2	159	31	32.84687	-11	2.60675		
16	115	10	23.65620	-10	57.65780	3	160	30	41.05110	-11	2.60384		
17	116	9	31.86043	-10	57.81746	4	161	29	49.25534	-11	2.61292		
18	117	8	40.06467	-10	57.94818	5	162	28	57.45958	-11	2.65016		
19	118	7	48.26891	-10	58.04966	6	163	28	5.66382	-11	2.72148		
20	119	6	56.47314	-10	58.12604	7	164	27	13.86805	-11	2.82393		
21	120	6	4.67738	-10	58.18558	8	165	26	22.07229	-11	2.94884		
22	121	5	12.88162	-10	58.23994	9	166	25	30.27653	-11	3.08492		
23	122	4	21.08586	-10	58.30299	10	167	24	38.48076	-11	3.22049		
24	123	3	29.29009	-10	58.38909	11	168	23	46.68500	-11	3.34493		
25	124	2	37.49433	-10	58.51071	12	169	22	54.88924	-11	3.44956		
26	125	1	45.69857	-10	58.67522	13	170	22	3.09347	-11	3.52840		
27	126	0	53.90280	-10	58.88125	14	171	21	11.29771	-11	3.57884		
28	127	0	2.10704	-10	59.11593	15	172	20	19.50195	-11	3.60233		
29	127	59	10.31128	-10	59.35538	16	173	19	27.70619	-11	3.60476		
30	128	58	18.51552	-10	59.57059	17	174	18	35.91042	-11	3.59634		
31	129	57	26.71975	-10	59.73769	18	175	17	44.11466	-11	3.59050		
Févr.	1	130	56	34.92399	-10	59.84791	19	176	16	52.31890	-11	3.60183	
	2	131	55	43.12823	-10	59.91055	20	177	16	0.52313	-11	3.64327	
	3	132	54	51.33246	-10	59.94756	21	178	15	8.72737	-11	3.72299	
	4	133	53	59.53670	-10	59.98371	22	179	14	16.93161	-11	3.84192	
	5	134	53	7.74094	-11	0.03847	23	180	13	25.13585	-11	3.99256	
	6	135	52	15.94518	-11	0.12239	24	181	12	33.34008	-11	4.15951	
	7	136	51	24.14941	-11	0.23738	25	182	11	41.54432	-11	4.32225	
	8	137	50	32.35365	-11	0.37888	26	183	10	49.74856	-11	4.45973	
	9	138	49	40.55789	-11	0.53829	27	184	9	57.95279	-11	4.55619	
	10	139	48	48.76212	-11	0.70500	28	185	9	6.15703	-11	4.60647	
	11	140	47	56.96636	-11	0.86790	29	186	8	14.36127	-11	4.61841	
	12	141	47	5.17060	-11	1.01668	30	187	7	22.56551	-11	4.61072	
	13	142	46	13.37484	-11	1.14289	31	188	6	30.76974	-11	4.60664	
	14	143	45	21.57907	-11	1.24107	Avril	1	189	5	38.97398	-11	4.62622

ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2014 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	2	190	4	47.17822	-11	4.68078	Mai	18	235	25	4.57312	-11	9.42811	
	3	191	3	55.38245	-11	4.77147		19	236	24	12.77736	-11	9.63953	
	4	192	3	3.58669	-11	4.89125		20	237	23	20.98160	-11	9.81389	
	5	193	2	11.79093	-11	5.02850		21	238	22	29.18584	-11	9.94284	
	6	194	1	19.99517	-11	5.17031		22	239	21	37.39007	-11	10.03030	
	7	195	0	28.19940	-11	5.30481		23	240	20	45.59431	-11	10.09026	
	8	195	59	36.40364	-11	5.42241		24	241	19	53.79855	-11	10.14223	
	9	196	58	44.60788	-11	5.51646		25	242	19	2.00278	-11	10.20591	
	10	197	57	52.81211	-11	5.58366		26	243	18	10.20702	-11	10.29660	
	11	198	57	1.01635	-11	5.62435		27	244	17	18.41126	-11	10.42226	
	12	199	56	9.22059	-11	5.64297		28	245	16	26.61550	-11	10.58267	
	13	200	55	17.42483	-11	5.64820		29	246	15	34.81973	-11	10.77050	
	14	201	54	25.62906	-11	5.65257		30	247	14	43.02397	-11	10.97385	
	15	202	53	33.83330	-11	5.67100		31	248	13	51.22821	-11	11.17919	
	16	203	52	42.03754	-11	5.71811		Juin	1	249	12	59.43244	-11	11.37404
	17	204	51	50.24177	-11	5.80456			2	250	12	7.63668	-11	11.54874
18	205	50	58.44601	-11	5.93350	3	251		11	15.84092	-11	11.69749		
19	206	50	6.65025	-11	6.09853	4	252		10	24.04516	-11	11.81852		
20	207	49	14.85449	-11	6.28427	5	253		9	32.24939	-11	11.91408		
21	208	48	23.05872	-11	6.46977	6	254		8	40.45363	-11	11.99012		
22	209	47	31.26296	-11	6.63382	7	255		7	48.65787	-11	12.05607		
23	210	46	39.46720	-11	6.76057	8	256		6	56.86210	-11	12.12434		
24	211	45	47.67143	-11	6.84379	9	257		6	5.06634	-11	12.20934		
25	212	44	55.87567	-11	6.88859	10	258		5	13.27058	-11	12.32545		
26	213	44	4.07991	-11	6.90998	11	259	4	21.47482	-11	12.48369			
27	214	43	12.28415	-11	6.92848	12	260	3	29.67905	-11	12.68737			
28	215	42	20.48838	-11	6.96434	13	261	2	37.88329	-11	12.92846			
29	216	41	28.69262	-11	7.03201	14	262	1	46.08753	-11	13.18716			
30	217	40	36.89686	-11	7.13705	15	263	0	54.29176	-11	13.43659			
Mai	1	218	39	45.10109	-11	7.27604	16	264	0	2.49600	-11	13.65173		
	2	219	38	53.30533	-11	7.43893	17	264	59	10.70024	-11	13.81814		
	3	220	38	1.50957	-11	7.61249	18	265	58	18.90448	-11	13.93622		
	4	221	37	9.71380	-11	7.78341	19	266	57	27.10871	-11	14.01934		
	5	222	36	17.91804	-11	7.94048	20	267	56	35.31295	-11	14.08791		
	6	223	35	26.12228	-11	8.07573	21	268	55	43.51719	-11	14.16284		
	7	224	34	34.32652	-11	8.18484	22	269	54	51.72142	-11	14.26044		
	8	225	33	42.53075	-11	8.26724	23	270	53	59.92566	-11	14.38990		
	9	226	32	50.73499	-11	8.32620	24	271	53	8.12990	-11	14.55263		
	10	227	31	58.93923	-11	8.36886	25	272	52	16.33413	-11	14.74332		
	11	228	31	7.14346	-11	8.40613	26	273	51	24.53837	-11	14.95182		
	12	229	30	15.34770	-11	8.45204	27	274	50	32.74261	-11	15.16554		
	13	230	29	23.55194	-11	8.52190	28	275	49	40.94685	-11	15.37182		
	14	231	28	31.75618	-11	8.62918	29	276	48	49.15108	-11	15.55997		
	15	232	27	39.96041	-11	8.78128	30	277	47	57.35532	-11	15.72270		
	16	233	26	48.16465	-11	8.97570	Juill.	1	278	47	5.55956	-11	15.85680	
17	234	25	56.36889	-11	9.19871	2		279	46	13.76379	-11	15.96330		

ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2014 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.	3	280	45	21.968 03	-11	16.047 15	Août	18	326	5	39.362 94	-11	21.705 52
	4	281	44	30.172 27	-11	16.116 74		19	327	4	47.567 18	-11	21.853 90
	5	282	43	38.376 51	-11	16.183 18		20	328	3	55.771 41	-11	22.011 50
	6	283	42	46.580 74	-11	16.259 50		21	329	3	3.975 65	-11	22.166 14
	7	284	41	54.784 98	-11	16.359 24		22	330	2	12.179 89	-11	22.306 91
	8	285	41	2.989 22	-11	16.494 34		23	331	1	20.384 12	-11	22.425 36
	9	286	40	11.193 45	-11	16.671 97		24	332	0	28.588 36	-11	22.516 29
	10	287	39	19.397 69	-11	16.890 69		25	332	59	36.792 60	-11	22.578 37
	11	288	38	27.601 93	-11	17.137 66		26	333	58	44.996 84	-11	22.614 31
	12	289	37	35.806 17	-11	17.389 28		27	334	57	53.201 07	-11	22.630 72
	13	290	36	44.010 40	-11	17.617 31		28	335	57	1.405 31	-11	22.637 40
	14	291	35	52.214 64	-11	17.799 13		29	336	56	9.609 55	-11	22.646 20
15	292	35	0.418 88	-11	17.926 69	30	337	55	17.813 78	-11	22.669 45		
16	293	34	8.623 11	-11	18.008 97	31	338	54	26.018 02	-11	22.718 26		
17	294	33	16.827 35	-11	18.066 75	Sept. 1	339	53	34.222 26	-11	22.800 54		
18	295	32	25.031 59	-11	18.123 86	2	340	52	42.426 50	-11	22.919 12		
19	296	31	33.235 83	-11	18.199 70	3	341	51	50.630 73	-11	23.070 00		
20	297	30	41.440 06	-11	18.305 44	4	342	50	58.834 97	-11	23.241 35		
21	298	29	49.644 30	-11	18.443 70	5	343	50	7.039 21	-11	23.414 18		
22	299	28	57.848 54	-11	18.610 01	6	344	49	15.243 44	-11	23.565 79		
23	300	28	6.052 77	-11	18.795 15	7	345	48	23.447 68	-11	23.676 36		
24	301	27	14.257 01	-11	18.987 37	8	346	47	31.651 92	-11	23.736 82		
25	302	26	22.461 25	-11	19.174 46	9	347	46	39.856 16	-11	23.753 92		
26	303	25	30.665 49	-11	19.345 55	10	348	45	48.060 39	-11	23.748 45		
27	304	24	38.869 72	-11	19.492 49	11	349	44	56.264 63	-11	23.746 76		
28	305	23	47.073 96	-11	19.610 82	12	350	44	4.468 87	-11	23.770 58		
29	306	22	55.278 20	-11	19.700 26	13	351	43	12.673 10	-11	23.830 66		
30	307	22	3.482 43	-11	19.764 69	14	352	42	20.877 34	-11	23.926 26		
31	308	21	11.686 67	-11	19.811 63	15	353	41	29.081 58	-11	24.048 46		
Août 1	309	20	19.890 91	-11	19.851 45	16	354	40	37.285 82	-11	24.184 40		
2	310	19	28.095 15	-11	19.896 29	17	355	39	45.490 05	-11	24.320 76		
3	311	18	36.299 38	-11	19.958 77	18	356	38	53.694 29	-11	24.445 83		
4	312	17	44.503 62	-11	20.050 24	19	357	38	1.898 53	-11	24.550 68		
5	313	16	52.707 86	-11	20.178 76	20	358	37	10.102 76	-11	24.629 62		
6	314	16	0.912 09	-11	20.346 32	21	359	36	18.307 00	-11	24.680 63		
7	315	15	9.116 33	-11	20.546 30	22	0	35	26.511 24	-11	24.705 46		
8	316	14	17.320 57	-11	20.762 08	23	1	34	34.715 48	-11	24.709 70		
9	317	13	25.524 81	-11	20.969 10	24	2	33	42.919 71	-11	24.702 39		
10	318	12	33.729 04	-11	21.141 61	25	3	32	51.123 95	-11	24.695 13		
11	319	11	41.933 28	-11	21.262 47	26	4	31	59.328 19	-11	24.700 59		
12	320	10	50.137 52	-11	21.330 98	27	5	31	7.532 42	-11	24.730 44		
13	321	9	58.341 75	-11	21.363 14	28	6	30	15.736 66	-11	24.793 19		
14	322	9	6.545 99	-11	21.384 22	29	7	29	23.940 90	-11	24.892 11		
15	323	8	14.750 23	-11	21.418 37	30	8	28	32.145 14	-11	25.023 87		
16	324	7	22.954 46	-11	21.481 30	Oct. 1	9	27	40.349 37	-11	25.178 15		
17	325	6	31.158 70	-11	21.578 23	2	10	26	48.553 61	-11	25.338 70		

ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2014 à 0h TU

ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE, ÉQUATION DES ORIGINES

Date	angle de rotation de la Terre			équation des origines		Date	angle de rotation de la Terre			équation des origines				
	°	'	"	'	"		°	'	"	'	"			
Oct.	3	11	25	56.75785	-11	25.48600	Nov.	18	56	46	14.15275	-11	29.76770	
	4	12	25	4.96208	-11	25.60180		19	57	45	22.35699	-11	29.82284	
	5	13	24	13.16632	-11	25.67465		20	58	44	30.56123	-11	29.89687	
	6	14	23	21.37056	-11	25.70482		21	59	43	38.76547	-11	30.00174	
	7	15	22	29.57479	-11	25.70581		22	60	42	46.96970	-11	30.14547	
	8	16	21	37.77903	-11	25.70059		23	61	41	55.17394	-11	30.32911	
	9	17	20	45.98327	-11	25.71339		24	62	41	3.37818	-11	30.54481	
	10	18	19	54.18751	-11	25.76127		25	63	40	11.58241	-11	30.77629	
	11	19	19	2.39174	-11	25.84944		26	64	39	19.78665	-11	31.00240	
	12	20	18	10.59598	-11	25.97199		27	65	38	27.99089	-11	31.20281	
	13	21	17	18.80022	-11	26.11606		28	66	37	36.19512	-11	31.36386	
	14	22	16	27.00445	-11	26.26656		29	67	36	44.39936	-11	31.48245	
	15	23	15	35.20869	-11	26.40974		30	68	35	52.60360	-11	31.56661	
	16	24	14	43.41293	-11	26.53509		Déc.	1	69	35	0.80784	-11	31.63307
	17	25	13	51.61717	-11	26.63596			2	70	34	9.01207	-11	31.70249
18	26	12	59.82140	-11	26.70962	3	71	33	17.21631	-11	31.79408			
19	27	12	8.02564	-11	26.75712	4	72	32	25.42055	-11	31.92069			
20	28	11	16.22988	-11	26.78310	5	73	31	33.62478	-11	32.08609			
21	29	10	24.43411	-11	26.79565	6	74	30	41.82902	-11	32.28474			
22	30	9	32.63835	-11	26.80571	7	75	29	50.03326	-11	32.50417			
23	31	8	40.84259	-11	26.82604	8	76	28	58.23750	-11	32.72878			
24	32	7	49.04683	-11	26.86938	9	77	28	6.44173	-11	32.94366			
25	33	6	57.25106	-11	26.94592	10	78	27	14.64597	-11	33.13740			
26	34	6	5.45530	-11	27.06065	11	79	26	22.85021	-11	33.30342			
27	35	5	13.65954	-11	27.21135	12	80	25	31.05444	-11	33.44012			
28	36	4	21.86377	-11	27.38807	13	81	24	39.25868	-11	33.55028			
29	37	3	30.06801	-11	27.57455	14	82	23	47.46292	-11	33.64024			
30	38	2	38.27225	-11	27.75153	15	83	22	55.66716	-11	33.71909			
31	39	1	46.47649	-11	27.90129	16	84	22	3.87139	-11	33.79799			
Nov.	1	40	0	54.68072	-11	28.01226	17	85	21	12.07563	-11	33.88930		
	2	41	0	2.88496	-11	28.08271	18	86	20	20.27987	-11	34.00530		
	3	41	59	11.08920	-11	28.12194	19	87	19	28.48410	-11	34.15617		
	4	42	58	19.29343	-11	28.14840	20	88	18	36.68834	-11	34.34712		
	5	43	57	27.49767	-11	28.18450	21	89	17	44.89258	-11	34.57536		
	6	44	56	35.70191	-11	28.24973	22	90	16	53.09682	-11	34.82827		
	7	45	55	43.90615	-11	28.35485	23	91	16	1.30105	-11	35.08476		
	8	46	54	52.11038	-11	28.49950	24	92	15	9.50529	-11	35.32065		
	9	47	54	0.31462	-11	28.67381	25	93	14	17.70953	-11	35.51658		
	10	48	53	8.51886	-11	28.86264	26	94	13	25.91376	-11	35.66469		
	11	49	52	16.72309	-11	29.05018	27	95	12	34.11800	-11	35.77094		
	12	50	51	24.92733	-11	29.22332	28	96	11	42.32224	-11	35.85210		
	13	51	50	33.13157	-11	29.37323	29	97	10	50.52648	-11	35.92968		
	14	52	49	41.33581	-11	29.49574	30	98	9	58.73071	-11	36.02363		
	15	53	48	49.54004	-11	29.59098	31	99	9	6.93495	-11	36.14768		
16	54	47	57.74428	-11	29.66282	32	100	8	15.13919	-11	36.30718			
17	55	47	5.94852	-11	29.71840	33	101	7	23.34342	-11	36.49910			

SYSTEMÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE

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

SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2014 à 0h TT

COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s
	"	"	"		"	"	"
Janv.	0 284.54771	-8.74166	0.00787	Févr.	15 287.29092	-8.06635	0.00734
	1 284.66857	-8.74090	0.00786		16 287.30924	-8.02715	0.00732
	2 284.78451	-8.71531	0.00784		17 287.31906	-7.99902	0.00730
	3 284.88309	-8.67155	0.00781		18 287.32519	-7.98503	0.00729
	4 284.95767	-8.62200	0.00778		19 287.33349	-7.98606	0.00729
	5 285.00941	-8.57971	0.00775		20 287.35004	-8.00036	0.00730
	6 285.04558	-8.55372	0.00773		21 287.38006	-8.02354	0.00731
	7 285.07600	-8.54716	0.00772		22 287.42676	-8.04893	0.00733
	8 285.10973	-8.55783	0.00773		23 287.49034	-8.06849	0.00734
	9 285.15312	-8.58015	0.00774		24 287.56712	-8.07438	0.00734
	10 285.20932	-8.60719	0.00776		25 287.64957	-8.06107	0.00733
	11 285.27853	-8.63217	0.00778		26 287.72747	-8.02757	0.00731
	12 285.35862	-8.64941	0.00779		27 287.79053	-7.97888	0.00727
	13 285.44583	-8.65495	0.00779		28 287.83205	-7.92538	0.00723
	14 285.53546	-8.64676	0.00778	Mars	1 287.85167	-7.87970	0.00720
	15 285.62256	-8.62492	0.00776		2 287.85574	-7.85209	0.00718
	16 285.70259	-8.59142	0.00774		3 287.85462	-7.84686	0.00718
	17 285.77206	-8.54993	0.00771		4 287.85862	-7.86159	0.00719
	18 285.82900	-8.50523	0.00768		5 287.87478	-7.88917	0.00721
	19 285.87326	-8.46260	0.00765		6 287.90571	-7.92085	0.00723
	20 285.90660	-8.42714	0.00762		7 287.95014	-7.94877	0.00725
	21 285.93262	-8.40300	0.00760		8 288.00434	-7.96734	0.00726
	22 285.95633	-8.39281	0.00760		9 288.06343	-7.97351	0.00726
	23 285.98377	-8.39706	0.00760		10 288.12234	-7.96661	0.00726
	24 286.02115	-8.41370	0.00761		11 288.17647	-7.94791	0.00724
	25 286.07390	-8.43778	0.00763		12 288.22204	-7.92028	0.00722
	26 286.14524	-8.46172	0.00764		13 288.25645	-7.88780	0.00720
	27 286.23461	-8.47628	0.00765		14 288.27855	-7.85540	0.00718
	28 286.33646	-8.47273	0.00764		15 288.28895	-7.82833	0.00716
	29 286.44047	-8.44611	0.00762		16 288.29019	-7.81153	0.00715
	30 286.53404	-8.39810	0.00759		17 288.28667	-7.80872	0.00714
	31 286.60681	-8.33770	0.00755		18 288.28422	-7.82155	0.00715
Févr.	1 286.65492	-8.27832	0.00750		19 288.28916	-7.84890	0.00717
	2 286.68236	-8.23245	0.00747		20 288.30711	-7.88670	0.00720
	3 286.69861	-8.20718	0.00745		21 288.34164	-7.92838	0.00723
	4 286.71441	-8.20272	0.00745		22 288.39318	-7.96599	0.00725
	5 286.73822	-8.21397	0.00746		23 288.45851	-7.99188	0.00727
	6 286.77465	-8.23330	0.00747		24 288.53097	-8.00058	0.00727
	7 286.82454	-8.25292	0.00748		25 288.60167	-7.99050	0.00726
	8 286.88595	-8.26645	0.00749		26 288.66148	-7.96489	0.00725
	9 286.95516	-8.26943	0.00749		27 288.70354	-7.93166	0.00722
	10 287.02758	-8.25958	0.00748		28 288.72557	-7.90152	0.00720
	11 287.09839	-8.23658	0.00747		29 288.73093	-7.88488	0.00719
	12 287.16312	-8.20200	0.00744		30 288.72771	-7.88849	0.00719
	13 287.21810	-8.15902	0.00741		31 288.72597	-7.91330	0.00721
	14 287.26094	-8.11207	0.00738	Avril	1 288.73444	-7.95462	0.00724

SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2014 à 0h TT

COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s			
	"	"	"		"	"	"			
Avril	2	288.758 04	-8.004 28	0.007 27	Mai	18	290.818 06	-9.044 02	0.007 96	
	3	288.797 30	-8.053 44	0.007 30		19	290.909 85	-9.038 87	0.007 95	
	4	288.849 21	-8.094 92	0.007 33		20	290.985 63	-9.021 25	0.007 94	
	5	288.908 72	-8.124 28	0.007 35		21	291.041 73	-9.001 26	0.007 92	
	6	288.970 27	-8.139 97	0.007 36		22	291.079 81	-8.989 06	0.007 91	
	7	289.028 69	-8.142 80	0.007 36		23	291.105 92	-8.992 14	0.007 92	
	8	289.079 81	-8.135 43	0.007 36		24	291.128 50	-9.013 75	0.007 93	
	9	289.120 76	-8.121 73	0.007 35		25	291.156 09	-9.052 52	0.007 96	
	10	289.150 07	-8.106 41	0.007 34		26	291.195 35	-9.103 27	0.007 99	
	11	289.167 87	-8.094 58	0.007 33		27	291.249 75	-9.158 60	0.008 03	
	12	289.176 08	-8.091 23	0.007 32		28	291.319 22	-9.210 74	0.008 07	
	13	289.178 45	-8.100 60	0.007 33		29	291.400 62	-9.253 24	0.008 09	
	14	289.180 38	-8.125 29	0.007 35		30	291.488 79	-9.282 04	0.008 11	
	15	289.188 36	-8.165 34	0.007 38		31	291.577 88	-9.295 90	0.008 12	
	16	289.208 72	-8.217 62	0.007 41		Juin	1	291.662 46	-9.296 14	0.008 12
	17	289.246 11	-8.275 87	0.007 45		2	291.738 35	-9.286 06	0.008 11	
18	289.301 93	-8.331 73	0.007 49	3	291.803 01	-9.270 14	0.008 10			
19	289.373 43	-8.376 73	0.007 52	4	291.855 66	-9.253 40	0.008 08			
20	289.453 97	-8.404 56	0.007 54	5	291.897 25	-9.240 81	0.008 07			
21	289.534 48	-8.413 02	0.007 54	6	291.930 35	-9.236 85	0.008 07			
22	289.605 75	-8.404 85	0.007 54	7	291.959 04	-9.244 97	0.008 08			
23	289.660 89	-8.387 19	0.007 52	8	291.988 68	-9.267 12	0.008 09			
24	289.697 15	-8.369 80	0.007 51	9	292.025 52	-9.302 98	0.008 12			
25	289.716 73	-8.362 42	0.007 50	10	292.075 81	-9.349 35	0.008 15			
26	289.726 09	-8.372 22	0.007 51	11	292.144 34	-9.399 83	0.008 18			
27	289.734 14	-8.401 84	0.007 53	12	292.232 58	-9.445 44	0.008 21			
28	289.749 65	-8.448 89	0.007 56	13	292.337 10	-9.476 64	0.008 23			
29	289.778 90	-8.506 94	0.007 60	14	292.449 32	-9.486 53	0.008 24			
30	289.824 34	-8.567 61	0.007 64	15	292.557 62	-9.473 87	0.008 22			
Mai	1	289.884 53	-8.622 92	0.007 68	16	292.651 10	-9.444 20	0.008 20		
2	289.955 11	-8.667 03	0.007 71	17	292.723 49	-9.408 05	0.008 17			
3	290.030 36	-8.697 00	0.007 73	18	292.774 92	-9.377 17	0.008 15			
4	290.104 53	-8.712 74	0.007 74	19	292.811 13	-9.360 67	0.008 14			
5	290.172 73	-8.716 42	0.007 74	20	292.840 97	-9.362 82	0.008 14			
6	290.231 50	-8.711 75	0.007 74	21	292.873 50	-9.382 76	0.008 15			
7	290.278 95	-8.703 35	0.007 73	22	292.915 81	-9.415 68	0.008 17			
8	290.314 83	-8.696 23	0.007 73	23	292.971 91	-9.454 57	0.008 20			
9	290.340 51	-8.695 35	0.007 72	24	293.042 44	-9.491 93	0.008 23			
10	290.359 10	-8.705 11	0.007 73	25	293.125 11	-9.521 24	0.008 24			
11	290.375 30	-8.728 74	0.007 75	26	293.215 55	-9.537 98	0.008 25			
12	290.395 19	-8.767 49	0.007 77	27	293.308 31	-9.540 08	0.008 25			
13	290.425 42	-8.819 74	0.007 81	28	293.397 89	-9.528 00	0.008 24			
14	290.471 83	-8.880 53	0.007 85	29	293.479 65	-9.504 35	0.008 22			
15	290.537 67	-8.941 86	0.007 89	30	293.550 42	-9.473 26	0.008 20			
16	290.621 88	-8.994 31	0.007 93	Juill.	1	293.608 79	-9.439 68	0.008 18		
17	290.718 55	-9.029 72	0.007 95	2	293.655 19	-9.408 69	0.008 15			

SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2014 à 0h TT

COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s		
	"	"	"		"	"	"		
Juill.	3	293.691 74	-9.384 88	0.008 13	Août	18	296.151 48	-8.944 76	0.007 76
	4	293.722 07	-9.371 87	0.008 12		19	296.215 89	-8.952 17	0.007 77
	5	293.750 99	-9.371 88	0.008 12		20	296.284 35	-8.946 44	0.007 76
	6	293.784 15	-9.385 27	0.008 13		21	296.351 57	-8.927 15	0.007 75
	7	293.827 41	-9.410 06	0.008 15		22	296.412 82	-8.895 94	0.007 72
	8	293.885 98	-9.441 60	0.008 17		23	296.464 42	-8.856 09	0.007 69
	9	293.962 98	-9.472 58	0.008 19		24	296.504 12	-8.811 99	0.007 66
	10	294.057 83	-9.493 99	0.008 20		25	296.531 30	-8.768 59	0.007 63
	11	294.164 98	-9.497 32	0.008 20		26	296.547 14	-8.730 81	0.007 60
	12	294.274 24	-9.477 83	0.008 19		27	296.554 47	-8.702 83	0.007 58
	13	294.373 35	-9.437 35	0.008 16		28	296.557 54	-8.687 51	0.007 57
	14	294.452 48	-9.384 66	0.008 12		29	296.561 48	-8.685 90	0.007 57
	15	294.508 08	-9.332 60	0.008 08		30	296.571 63	-8.696 92	0.007 58
	16	294.544 01	-9.293 07	0.008 05		31	296.592 83	-8.717 32	0.007 59
	17	294.569 25	-9.273 01	0.008 03	Sept.	1	296.628 53	-8.741 84	0.007 61
	18	294.594 12	-9.272 98	0.008 03		2	296.679 97	-8.763 85	0.007 62
	19	294.627 06	-9.288 41	0.008 04		3	296.745 44	-8.776 18	0.007 63
	20	294.672 93	-9.311 95	0.008 06		4	296.819 84	-8.772 73	0.007 63
	21	294.732 89	-9.335 73	0.008 08		5	296.894 96	-8.750 27	0.007 61
	22	294.805 04	-9.352 96	0.008 09		6	296.960 95	-8.710 43	0.007 58
	23	294.885 39	-9.358 84	0.008 09		7	297.009 18	-8.660 54	0.007 54
	24	294.968 85	-9.350 90	0.008 08		8	297.035 68	-8.612 26	0.007 51
	25	295.050 15	-9.329 04	0.008 06		9	297.043 34	-8.577 82	0.007 48
	26	295.124 55	-9.295 26	0.008 04		10	297.041 14	-8.565 25	0.007 47
	27	295.188 51	-9.253 20	0.008 01		11	297.040 49	-8.575 44	0.007 48
	28	295.240 09	-9.207 58	0.007 97		12	297.050 83	-8.602 61	0.007 50
	29	295.279 13	-9.163 47	0.007 94		13	297.076 87	-8.637 39	0.007 52
	30	295.307 31	-9.125 66	0.007 91		14	297.118 31	-8.670 35	0.007 55
	31	295.327 88	-9.098 03	0.007 89		15	297.171 32	-8.694 38	0.007 56
Août	1	295.345 31	-9.083 05	0.007 88		16	297.230 33	-8.705 53	0.007 57
	2	295.364 87	-9.081 38	0.007 88		17	297.289 57	-8.702 88	0.007 57
	3	295.392 03	-9.091 63	0.007 89		18	297.343 96	-8.687 83	0.007 55
	4	295.431 74	-9.110 13	0.007 90		19	297.389 62	-8.663 50	0.007 54
	5	295.487 48	-9.131 01	0.007 91		20	297.424 07	-8.634 11	0.007 51
	6	295.560 17	-9.146 70	0.007 92		21	297.446 40	-8.604 47	0.007 49
	7	295.646 96	-9.149 15	0.007 92		22	297.457 38	-8.579 49	0.007 47
	8	295.740 67	-9.132 03	0.007 91		23	297.459 40	-8.563 58	0.007 46
	9	295.830 66	-9.093 56	0.007 88		24	297.456 37	-8.560 09	0.007 46
	10	295.905 76	-9.038 50	0.007 84		25	297.453 31	-8.570 64	0.007 47
	11	295.958 49	-8.977 77	0.007 79		26	297.455 71	-8.594 66	0.007 48
	12	295.988 50	-8.924 81	0.007 75		27	297.468 64	-8.629 24	0.007 51
	13	296.002 68	-8.890 22	0.007 73		28	297.495 82	-8.669 30	0.007 54
	14	296.011 98	-8.878 06	0.007 72		29	297.538 68	-8.708 33	0.007 57
	15	296.026 88	-8.885 38	0.007 72		30	297.595 80	-8.739 43	0.007 59
	16	296.054 20	-8.904 69	0.007 74	Oct.	1	297.662 74	-8.756 71	0.007 60
	17	296.096 25	-8.927 09	0.007 75		2	297.732 45	-8.756 81	0.007 60

SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2014 à 0h TT

COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s
	"	"	"		"	"	"
Oct. 3	297.796 49	-8.740 19	0.007 58	Nov. 18	299.655 53	-9.509 67	0.008 10
4	297.846 91	-8.711 91	0.007 56	19	299.679 43	-9.543 09	0.008 12
5	297.878 73	-8.681 07	0.007 54	20	299.711 48	-9.588 83	0.008 15
6	297.892 01	-8.658 71	0.007 52	21	299.756 87	-9.643 26	0.008 19
7	297.892 59	-8.654 32	0.007 52	22	299.819 09	-9.700 25	0.008 23
8	297.890 38	-8.672 36	0.007 53	23	299.898 62	-9.752 07	0.008 27
9	297.895 92	-8.710 64	0.007 56	24	299.992 10	-9.791 03	0.008 29
10	297.916 61	-8.761 44	0.007 60	25	300.092 49	-9.811 77	0.008 31
11	297.954 76	-8.814 70	0.007 63	26	300.190 63	-9.813 14	0.008 31
12	298.007 84	-8.861 41	0.007 67	27	300.277 68	-9.798 98	0.008 29
13	298.070 30	-8.895 69	0.007 69	28	300.347 70	-9.777 24	0.008 28
14	298.135 59	-8.915 29	0.007 70	29	300.399 30	-9.757 81	0.008 26
15	298.197 76	-8.921 05	0.007 70	30	300.435 94	-9.749 82	0.008 25
16	298.252 24	-8.915 95	0.007 70	Déc. 1	300.464 84	-9.759 23	0.008 26
17	298.296 13	-8.904 22	0.007 69	2	300.494 95	-9.787 47	0.008 28
18	298.328 24	-8.890 70	0.007 68	3	300.534 62	-9.831 19	0.008 31
19	298.348 99	-8.880 31	0.007 67	4	300.589 43	-9.883 40	0.008 35
20	298.360 39	-8.877 57	0.007 67	5	300.661 06	-9.935 44	0.008 38
21	298.365 93	-8.886 19	0.007 68	6	300.747 13	-9.979 20	0.008 41
22	298.370 33	-8.908 44	0.007 69	7	300.842 27	-10.009 02	0.008 43
23	298.379 15	-8.944 58	0.007 72	8	300.939 70	-10.022 61	0.008 44
24	298.397 88	-8.992 42	0.007 75	9	301.032 98	-10.021 01	0.008 44
25	298.430 99	-9.047 28	0.007 79	10	301.117 13	-10.007 73	0.008 43
26	298.480 64	-9.102 51	0.007 83	11	301.189 29	-9.987 73	0.008 41
27	298.545 92	-9.150 74	0.007 86	12	301.248 75	-9.966 39	0.008 39
28	298.622 52	-9.185 51	0.007 89	13	301.296 69	-9.948 73	0.008 38
29	298.703 41	-9.202 99	0.007 90	14	301.335 84	-9.938 94	0.008 37
30	298.780 26	-9.203 24	0.007 90	15	301.370 14	-9.940 07	0.008 37
31	298.845 35	-9.190 59	0.007 89	16	301.404 42	-9.953 68	0.008 38
Nov. 1	298.893 65	-9.172 99	0.007 87	17	301.444 02	-9.979 56	0.008 40
2	298.924 36	-9.160 21	0.007 86	18	301.494 30	-10.015 32	0.008 42
3	298.941 49	-9.161 34	0.007 86	19	301.559 66	-10.056 21	0.008 45
4	298.953 01	-9.182 08	0.007 88	20	301.642 41	-10.095 27	0.008 48
5	298.968 64	-9.222 91	0.007 91	21	301.741 35	-10.124 36	0.008 50
6	298.996 84	-9.278 86	0.007 95	22	301.851 06	-10.136 25	0.008 50
7	299.042 31	-9.341 27	0.007 99	23	301.962 39	-10.127 16	0.008 49
8	299.104 92	-9.400 58	0.008 03	24	302.064 87	-10.098 88	0.008 47
9	299.180 43	-9.449 08	0.008 06	25	302.150 07	-10.058 81	0.008 44
10	299.262 28	-9.482 53	0.008 09	26	302.214 54	-10.017 80	0.008 41
11	299.343 64	-9.500 35	0.008 10	27	302.260 84	-9.986 53	0.008 38
12	299.418 80	-9.504 89	0.008 10	28	302.296 19	-9.972 24	0.008 37
13	299.483 93	-9.500 33	0.008 10	29	302.329 92	-9.977 05	0.008 37
14	299.537 20	-9.491 66	0.008 09	30	302.370 69	-9.998 10	0.008 39
15	299.578 63	-9.483 99	0.008 08	31	302.424 47	-10.028 97	0.008 41
16	299.609 91	-9.482 03	0.008 08	32	302.493 60	-10.061 58	0.008 43
17	299.634 10	-9.489 67	0.008 08	33	302.576 81	-10.088 15	0.008 45

SOLEIL

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

(1) Temps de passage au méridien des éphémérides (*cf.* § 8.1.3) dans l'échelle TT ou temps de passage au méridien de Greenwich dans l'échelle TU.

SOLEIL 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	longitude	latitude	rayon v.	Date	longitude	latitude	rayon v.		
	° ' "	"	ua		° ' "	"	ua		
Janv.	0	279 15 59.37	+6.65	0.983 371 83	Févr.	15	326 1 14.95	+2.71	0.987 644 94
	1	280 17 9.81	+6.71	0.983 357 40		16	327 1 49.70	+2.68	0.987 843 52
	2	281 18 20.40	+6.74	0.983 346 46		17	328 2 23.04	+2.67	0.988 046 97
	3	282 19 31.00	+6.74	0.983 339 03		18	329 2 54.98	+2.67	0.988 255 18
	4	283 20 41.49	+6.70	0.983 335 21		19	330 3 25.56	+2.69	0.988 467 98
	5	284 21 51.78	+6.62	0.983 335 22		20	331 3 54.80	+2.72	0.988 685 16
	6	285 23 1.75	+6.51	0.983 339 35		21	332 4 22.70	+2.74	0.988 906 47
	7	286 24 11.35	+6.38	0.983 347 91		22	333 4 49.29	+2.76	0.989 131 59
	8	287 25 20.52	+6.23	0.983 361 23		23	334 5 14.56	+2.76	0.989 360 19
	9	288 26 29.22	+6.06	0.983 379 61		24	335 5 38.51	+2.74	0.989 591 87
	10	289 27 37.43	+5.89	0.983 403 32		25	336 6 1.10	+2.70	0.989 826 23
	11	290 28 45.13	+5.72	0.983 432 59		26	337 6 22.30	+2.62	0.990 062 86
	12	291 29 52.33	+5.56	0.983 467 63		27	338 6 42.03	+2.51	0.990 301 36
	13	292 30 59.01	+5.41	0.983 508 60		28	339 7 0.22	+2.37	0.990 541 41
14	293 32 5.18	+5.28	0.983 555 63	Mars	1	340 7 16.79	+2.19	0.990 782 75	
15	294 33 10.86	+5.17	0.983 608 79	2	341 7 31.61	+1.98	0.991 025 25		
16	295 34 16.04	+5.08	0.983 668 15	3	342 7 44.60	+1.75	0.991 268 86		
17	296 35 20.75	+5.01	0.983 733 70	4	343 7 55.67	+1.51	0.991 513 64		
18	297 36 24.99	+4.97	0.983 805 41	5	344 8 4.74	+1.26	0.991 759 74		
19	298 37 28.78	+4.96	0.983 883 21	6	345 8 11.76	+1.01	0.992 007 31		
20	299 38 32.13	+4.97	0.983 966 99	7	346 8 16.67	+0.77	0.992 256 55		
21	300 39 35.04	+5.00	0.984 056 60	8	347 8 19.44	+0.55	0.992 507 67		
22	301 40 37.52	+5.04	0.984 151 85	9	348 8 20.07	+0.34	0.992 760 83		
23	302 41 39.56	+5.10	0.984 252 51	10	349 8 18.54	+0.16	0.993 016 20		
24	303 42 41.17	+5.16	0.984 358 32	11	350 8 14.86	+0.00	0.993 273 95		
25	304 43 42.31	+5.22	0.984 468 96	12	351 8 9.02	-0.13	0.993 534 19		
26	305 44 42.96	+5.27	0.984 584 12	13	352 8 1.05	-0.23	0.993 797 03		
27	306 45 43.09	+5.30	0.984 703 42	14	353 7 50.96	-0.31	0.994 062 58		
28	307 46 42.61	+5.32	0.984 826 51	15	354 7 38.79	-0.35	0.994 330 90		
29	308 47 41.47	+5.30	0.984 953 04	16	355 7 24.57	-0.38	0.994 602 02		
30	309 48 39.55	+5.25	0.985 082 73	17	356 7 8.34	-0.39	0.994 875 94		
31	310 49 36.75	+5.16	0.985 215 38	18	357 6 50.14	-0.38	0.995 152 61		
Févr.	1	311 50 32.94	+5.04	0.985 350 91	19	358 6 30.03	-0.36	0.995 431 94	
	2	312 51 28.01	+4.88	0.985 489 37	20	359 6 8.05	-0.34	0.995 713 76	
	3	313 52 21.86	+4.70	0.985 630 87	21	0 5 44.25	-0.33	0.995 997 86	
	4	314 53 14.38	+4.50	0.985 775 64	22	1 5 18.67	-0.33	0.996 283 97	
	5	315 54 5.53	+4.28	0.985 923 91	23	2 4 51.35	-0.35	0.996 571 75	
	6	316 54 55.23	+4.06	0.986 075 93	24	3 4 22.31	-0.39	0.996 860 83	
	7	317 55 43.46	+3.84	0.986 231 96	25	4 3 51.56	-0.46	0.997 150 80	
	8	318 56 30.19	+3.63	0.986 392 22	26	5 3 19.09	-0.57	0.997 441 21	
9	319 57 15.40	+3.43	0.986 556 88	27	6 2 44.87	-0.71	0.997 731 65		
10	320 57 59.10	+3.25	0.986 726 14	28	7 2 8.88	-0.88	0.998 021 71		
11	321 58 41.27	+3.09	0.986 900 11	29	8 1 31.04	-1.08	0.998 311 06		
12	322 59 21.93	+2.96	0.987 078 92	30	9 0 51.29	-1.30	0.998 599 41		
13	324 0 1.08	+2.85	0.987 262 63	31	10 0 9.55	-1.54	0.998 886 61		
14	325 0 38.75	+2.77	0.987 451 30	Avril	1	10 59 25.76	-1.79	0.999 172 56	

SOLEIL 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

Date	longitude			latitude	rayon v.	Date	longitude			latitude	rayon v.		
	°	'	"	"	ua		°	'	"	"	ua		
Avril	2	11	58	39.84	-2.04	0.99945728	Mai	18	56	47	40.06	-5.36	1.01137698
	3	12	57	51.74	-2.28	0.99974084		19	57	45	26.61	-5.38	1.01158759
	4	13	57	1.41	-2.51	1.00002335		20	58	43	12.04	-5.44	1.01179566
	5	14	56	8.82	-2.71	1.00030497		21	59	40	56.38	-5.53	1.01200081
	6	15	55	13.94	-2.90	1.00058585		22	60	38	39.70	-5.65	1.01220264
	7	16	54	16.78	-3.06	1.00086615		23	61	36	22.00	-5.79	1.01240075
	8	17	53	17.33	-3.18	1.00114603		24	62	34	3.30	-5.95	1.01259476
	9	18	52	15.59	-3.28	1.00142564		25	63	31	43.58	-6.12	1.01278433
	10	19	51	11.59	-3.36	1.00170512		26	64	29	22.83	-6.29	1.01296917
	11	20	50	5.35	-3.40	1.00198461		27	65	27	1.03	-6.46	1.01314907
	12	21	48	56.89	-3.42	1.00226423		28	66	24	38.13	-6.62	1.01332386
13	22	47	46.27	-3.41	1.00254410	29	67	22	14.10	-6.76	1.01349346		
14	23	46	33.53	-3.39	1.00282429	30	68	19	48.93	-6.88	1.01365782		
15	24	45	18.73	-3.36	1.00310485	31	69	17	22.58	-6.98	1.01381697		
16	25	44	1.93	-3.32	1.00338578	Juin	1	70	14	55.03	-7.05	1.01397098	
17	26	42	43.21	-3.29	1.00366703		2	71	12	26.26	-7.09	1.01411994	
18	27	41	22.64	-3.26	1.00394846		3	72	9	56.28	-7.10	1.01426399	
19	28	40	0.29	-3.25	1.00422986		4	73	7	25.07	-7.08	1.01440327	
20	29	38	36.23	-3.27	1.00451097		5	74	4	52.65	-7.04	1.01453795	
21	30	37	10.51	-3.31	1.00479144		6	75	2	19.03	-6.97	1.01466823	
22	31	35	43.18	-3.39	1.00507088		7	75	59	44.23	-6.89	1.01479430	
23	32	34	14.26	-3.49	1.00534888		8	76	57	8.28	-6.78	1.01491638	
24	33	32	43.77	-3.63	1.00562500		9	77	54	31.22	-6.67	1.01503471	
25	34	31	11.70	-3.80	1.00589883		10	78	51	53.10	-6.56	1.01514951	
26	35	29	38.02	-3.99	1.00617000		11	79	49	13.99	-6.44	1.01526101	
27	36	28	2.71	-4.20	1.00643817	12	80	46	33.96	-6.34	1.01536941		
28	37	26	25.70	-4.42	1.00670310	13	81	43	53.11	-6.26	1.01547483		
29	38	24	46.96	-4.64	1.00696461	14	82	41	11.54	-6.20	1.01557736		
30	39	23	6.44	-4.85	1.00722260	15	83	38	29.36	-6.17	1.01567695		
Mai	1	40	21	24.08	-5.06	1.00747706	16	84	35	46.68	-6.17	1.01577347	
	2	41	19	39.85	-5.24	1.00772802	17	85	33	3.59	-6.21	1.01586667	
	3	42	17	53.72	-5.41	1.00797555	18	86	30	20.18	-6.27	1.01595626	
	4	43	16	5.67	-5.54	1.00821979	19	87	27	36.51	-6.35	1.01604187	
	5	44	14	15.68	-5.65	1.00846086	20	88	24	52.63	-6.46	1.01612313	
	6	45	12	23.75	-5.73	1.00869891	21	89	22	8.56	-6.57	1.01619969	
	7	46	10	29.89	-5.78	1.00893412	22	90	19	24.33	-6.69	1.01627121	
	8	47	8	34.10	-5.80	1.00916663	23	91	16	39.93	-6.81	1.01633741	
	9	48	6	36.43	-5.79	1.00939662	24	92	13	55.36	-6.92	1.01639804	
	10	49	4	36.88	-5.76	1.00962427	25	93	11	10.59	-7.01	1.01645292	
	11	50	2	35.50	-5.71	1.00984974	26	94	8	25.62	-7.09	1.01650191	
12	51	0	32.34	-5.65	1.01007321	27	95	5	40.41	-7.13	1.01654493		
13	51	58	27.46	-5.58	1.01029483	28	96	2	54.96	-7.16	1.01658195		
14	52	56	20.93	-5.51	1.01051470	29	97	0	9.24	-7.15	1.01661299		
15	53	54	12.83	-5.44	1.01073289	30	97	57	23.23	-7.12	1.01663810		
16	54	52	3.26	-5.39	1.01094941	Juill.	1	98	54	36.93	-7.05	1.01665737	
17	55	49	52.31	-5.36	1.01116417		2	99	51	50.32	-6.97	1.01667094	

SOLEIL 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	longitude	latitude	rayon v.	Date	longitude	latitude	rayon v.					
	° ' "	"	ua		° ' "	"	ua					
Juill.	3	100 49	3.40	-6.85	1.016 678 97	Août	18	144 47	34.60	-3.80	1.012 314 40	
	4	101 46	16.18	-6.72	1.016 681 63		19	145 45	17.37	-3.80	1.012 127 94	
	5	102 43	28.67	-6.58	1.016 679 14		20	146 43	1.74	-3.77	1.011 937 54	
	6	103 40	40.87	-6.42	1.016 671 75		21	147 40	47.70	-3.72	1.011 743 05	
	7	104 37	52.82	-6.26	1.016 659 71		22	148 38	35.24	-3.64	1.011 544 31	
	8	105 35	4.55	-6.10	1.016 643 31		23	149 36	24.34	-3.53	1.011 341 23	
	9	106 32	16.11	-5.95	1.016 622 85		24	150 34	15.00	-3.39	1.011 133 75	
	10	107 29	27.56	-5.82	1.016 598 62		25	151 32	7.19	-3.23	1.010 921 83	
	11	108 26	38.98	-5.71	1.016 570 89		26	152 30	0.88	-3.04	1.010 705 49	
	12	109 23	50.46	-5.62	1.016 539 89		27	153 27	56.05	-2.83	1.010 484 77	
	13	110 21	2.12	-5.57	1.016 505 75		28	154 25	52.68	-2.61	1.010 259 77	
	14	111 18	14.07	-5.55	1.016 468 48		29	155 23	50.73	-2.38	1.010 030 62	
	15	112 15	26.43	-5.56	1.016 428 00		30	156 21	50.18	-2.15	1.009 797 48	
	16	113 12	39.29	-5.59	1.016 384 11		31	157 19	51.01	-1.92	1.009 560 59	
	17	114 9	52.74	-5.65	1.016 336 52		Sept.	1	158 17	53.20	-1.69	1.009 320 19
	18	115 7	6.85	-5.72	1.016 284 94		2	159 15	56.75	-1.49	1.009 076 61	
	19	116 4	21.67	-5.79	1.016 229 04		3	160 14	1.64	-1.30	1.008 830 18	
20	117 1	37.22	-5.86	1.016 168 50	4	161 12	7.91	-1.14	1.008 581 28			
21	117 58	53.53	-5.92	1.016 103 04	5	162 10	15.56	-1.00	1.008 330 31			
22	118 56	10.59	-5.97	1.016 032 43	6	163 8	24.64	-0.91	1.008 077 69			
23	119 53	28.42	-5.99	1.015 956 47	7	164 6	35.22	-0.84	1.007 823 80			
24	120 50	46.99	-6.00	1.015 875 00	8	165 4	47.38	-0.81	1.007 568 96			
25	121 48	6.30	-5.98	1.015 787 90	9	166 3	1.20	-0.80	1.007 313 40			
26	122 45	26.33	-5.92	1.015 695 10	10	167 1	16.78	-0.81	1.007 057 25			
27	123 42	47.06	-5.85	1.015 596 58	11	167 59	34.24	-0.84	1.006 800 53			
28	124 40	8.47	-5.74	1.015 492 36	12	168 57	53.65	-0.86	1.006 543 13			
29	125 37	30.55	-5.61	1.015 382 48	13	169 56	15.08	-0.88	1.006 284 89			
30	126 34	53.28	-5.46	1.015 267 04	14	170 54	38.59	-0.89	1.006 025 61			
31	127 32	16.65	-5.28	1.015 146 17	15	171 53	4.23	-0.88	1.005 765 07			
Août	1	128 29	40.64	-5.09	1.015 020 04	16	172 51	32.00	-0.84	1.005 503 05		
2	129 27	5.25	-4.89	1.014 888 86	17	173 50	1.93	-0.78	1.005 239 36			
3	130 24	30.48	-4.69	1.014 752 86	18	174 48	34.02	-0.69	1.004 973 82			
4	131 21	56.33	-4.49	1.014 612 31	19	175 47	8.25	-0.57	1.004 706 29			
5	132 19	22.82	-4.30	1.014 467 53	20	176 45	44.62	-0.43	1.004 436 64			
6	133 16	49.97	-4.12	1.014 318 84	21	177 44	23.11	-0.26	1.004 164 76			
7	134 14	17.83	-3.97	1.014 166 61	22	178 43	3.69	-0.06	1.003 890 59			
8	135 11	46.44	-3.84	1.014 011 20	23	179 41	46.33	+0.15	1.003 614 08			
9	136 9	15.89	-3.74	1.013 852 95	24	180 40	30.99	+0.39	1.003 335 22			
10	137 6	46.26	-3.67	1.013 692 13	25	181 39	17.64	+0.63	1.003 054 05			
11	138 4	17.66	-3.64	1.013 528 95	26	182 38	6.22	+0.87	1.002 770 62			
12	139 1	50.20	-3.63	1.013 363 46	27	183 36	56.70	+1.12	1.002 485 08			
13	139 59	23.99	-3.65	1.013 195 64	28	184 35	49.03	+1.35	1.002 197 58			
14	140 56	59.14	-3.68	1.013 025 34	29	185 34	43.17	+1.57	1.001 908 35			
15	141 54	35.72	-3.72	1.012 852 33	30	186 33	39.07	+1.77	1.001 617 68			
16	142 52	13.79	-3.76	1.012 676 34	Oct.	1	187 32	36.72	+1.95	1.001 325 90		
17	143 49	53.41	-3.79	1.012 497 12	2	188 31	36.08	+2.09	1.001 033 36			

SOLEIL 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	longitude			latitude	rayon v.	Date	longitude			latitude	rayon v.		
	°	'	"	"	ua		°	'	"	"	ua		
Oct.	3	189	30	37.16	+2.20	1.000 740 49	Nov.	18	235	21	8.66	+5.69	0.988 638 45
	4	190	29	39.95	+2.28	1.000 447 71		19	236	21	40.18	+5.87	0.988 432 29
	5	191	28	44.50	+2.32	1.000 155 44		20	237	22	13.43	+6.06	0.988 228 63
	6	192	27	50.83	+2.33	0.999 864 10		21	238	22	48.34	+6.25	0.988 027 34
	7	193	26	59.01	+2.32	0.999 574 01		22	239	23	24.83	+6.42	0.987 828 36
	8	194	26	9.12	+2.30	0.999 285 44		23	240	24	2.81	+6.57	0.987 631 64
	9	195	25	21.24	+2.26	0.998 998 55		24	241	24	42.20	+6.69	0.987 437 21
	10	196	24	35.43	+2.23	0.998 713 38		25	242	25	22.89	+6.79	0.987 245 18
	11	197	23	51.77	+2.21	0.998 429 89		26	243	26	4.81	+6.85	0.987 055 73
	12	198	23	10.33	+2.21	0.998 147 97		27	244	26	47.85	+6.87	0.986 869 12
	13	199	22	31.13	+2.22	0.997 867 48		28	245	27	31.94	+6.87	0.986 685 67
	14	200	21	54.22	+2.26	0.997 588 25		29	246	28	17.03	+6.83	0.986 505 75
15	201	21	19.59	+2.33	0.997 310 08	30	247	29	3.06	+6.76	0.986 329 76		
16	202	20	47.27	+2.43	0.997 032 82	Déc.	1	248	29	50.01	+6.67	0.986 158 10	
17	203	20	17.24	+2.56	0.996 756 30		2	249	30	37.87	+6.57	0.985 991 14	
18	204	19	49.49	+2.71	0.996 480 37	3	250	31	26.65	+6.47	0.985 829 22		
19	205	19	24.00	+2.89	0.996 204 91	4	251	32	16.35	+6.37	0.985 672 64		
20	206	19	0.73	+3.09	0.995 929 79	5	252	33	7.01	+6.27	0.985 521 62		
21	207	18	39.66	+3.30	0.995 654 90	6	253	33	58.65	+6.20	0.985 376 31		
22	208	18	20.73	+3.53	0.995 380 18	7	254	34	51.32	+6.14	0.985 236 80		
23	209	18	3.90	+3.76	0.995 105 58	8	255	35	45.03	+6.11	0.985 103 10		
24	210	17	49.11	+3.99	0.994 831 07	9	256	36	39.81	+6.11	0.984 975 16		
25	211	17	36.29	+4.21	0.994 556 70	10	257	37	35.68	+6.14	0.984 852 89		
26	212	17	25.37	+4.42	0.994 282 55	11	258	38	32.64	+6.19	0.984 736 18		
27	213	17	16.29	+4.61	0.994 008 78	12	259	39	30.70	+6.26	0.984 624 88		
28	214	17	8.97	+4.77	0.993 735 60	13	260	40	29.84	+6.35	0.984 518 81		
29	215	17	3.36	+4.90	0.993 463 30	14	261	41	30.05	+6.46	0.984 417 81		
30	216	16	59.39	+5.00	0.993 192 20	15	262	42	31.31	+6.59	0.984 321 68		
31	217	16	57.04	+5.06	0.992 922 69	16	263	43	33.58	+6.72	0.984 230 22		
Nov.	1	218	16	56.26	+5.09	0.992 655 19	17	264	44	36.83	+6.85	0.984 143 22	
2	219	16	57.05	+5.08	0.992 390 12	18	265	45	41.00	+6.97	0.984 060 47		
3	220	16	59.42	+5.06	0.992 127 90	19	266	46	46.03	+7.09	0.983 981 76		
4	221	17	3.39	+5.01	0.991 868 92	20	267	47	51.85	+7.18	0.983 906 87		
5	222	17	9.00	+4.95	0.991 613 50	21	268	48	58.38	+7.26	0.983 835 63		
6	223	17	16.29	+4.89	0.991 361 90	22	269	50	5.52	+7.30	0.983 767 92		
7	224	17	25.32	+4.84	0.991 114 27	23	270	51	13.15	+7.31	0.983 703 67		
8	225	17	36.15	+4.79	0.990 870 71	24	271	52	21.17	+7.28	0.983 642 92		
9	226	17	48.82	+4.77	0.990 631 20	25	272	53	29.47	+7.22	0.983 585 79		
10	227	18	3.37	+4.77	0.990 395 68	26	273	54	37.93	+7.13	0.983 532 50		
11	228	18	19.83	+4.80	0.990 164 05	27	274	55	46.46	+7.01	0.983 483 34		
12	229	18	38.22	+4.85	0.989 936 15	28	275	56	55.01	+6.86	0.983 438 63		
13	230	18	58.53	+4.94	0.989 711 84	29	276	58	3.50	+6.71	0.983 398 74		
14	231	19	20.78	+5.05	0.989 490 96	30	277	59	11.90	+6.55	0.983 364 02		
15	232	19	44.94	+5.18	0.989 273 34	31	279	0	20.20	+6.39	0.983 334 78		
16	233	20	11.00	+5.33	0.989 058 82	32	280	1	28.39	+6.24	0.983 311 31		
17	234	20	38.91	+5.50	0.988 847 24	33	281	2	36.46	+6.11	0.983 293 85		

SOLEIL 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	t. passage	Date	asc. droite	déclinaison	t. passage		
	h m s	° ' "	h m s		h m s	° ' "	h m s		
Janv.	0	18 41 10.090	-23 5 52.21	12 3 4.02	Févr.	15	21 53 49.394	-12 46 37.87	12 14 5.83
	1	18 45 35.313	-23 1 17.44	12 3 32.54		16	21 57 42.843	-12 25 59.45	12 14 2.37
	2	18 50 0.230	-22 56 15.13	12 4 0.73		17	22 1 35.580	-12 5 9.05	12 13 58.20
	3	18 54 24.802	-22 50 45.44	12 4 28.57		18	22 5 27.620	-11 44 7.04	12 13 53.34
	4	18 58 48.991	-22 44 48.52	12 4 56.00		19	22 9 18.980	-11 22 53.82	12 13 47.81
	5	19 3 12.764	-22 38 24.55	12 5 23.01		20	22 13 9.680	-11 1 29.80	12 13 41.63
	6	19 7 36.089	-22 31 33.71	12 5 49.55		21	22 16 59.737	-10 39 55.36	12 13 34.82
	7	19 11 58.937	-22 24 16.20	12 6 15.61		22	22 20 49.167	-10 18 10.91	12 13 27.38
	8	19 16 21.282	-22 16 32.24	12 6 41.14		23	22 24 37.989	-9 56 16.87	12 13 19.34
	9	19 20 43.098	-22 8 22.05	12 7 6.14		24	22 28 26.218	-9 34 13.63	12 13 10.72
	10	19 25 4.363	-21 59 45.88	12 7 30.56		25	22 32 13.869	-9 12 1.62	12 13 1.52
	11	19 29 25.053	-21 50 43.98	12 7 54.40		26	22 36 0.955	-8 49 41.27	12 12 51.77
	12	19 33 45.148	-21 41 16.60	12 8 17.64		27	22 39 47.489	-8 27 13.00	12 12 41.47
	13	19 38 4.626	-21 31 24.02	12 8 40.24		28	22 43 33.484	-8 4 37.24	12 12 30.64
14	19 42 23.469	-21 21 6.50	12 9 2.20	Mars	1	22 47 18.952	-7 41 54.40	12 12 19.30	
15	19 46 41.660	-21 10 24.35	12 9 23.50	2	22 51 3.906	-7 19 4.91	12 12 7.46		
16	19 50 59.180	-20 59 17.84	12 9 44.12	3	22 54 48.362	-6 56 9.18	12 11 55.12		
17	19 55 16.017	-20 47 47.28	12 10 4.05	4	22 58 32.335	-6 33 7.60	12 11 42.31		
18	19 59 32.154	-20 35 52.98	12 10 23.28	5	23 2 15.842	-6 10 0.60	12 11 29.03		
19	20 3 47.581	-20 23 35.24	12 10 41.79	6	23 5 58.898	-5 46 48.56	12 11 15.32		
20	20 8 2.285	-20 10 54.38	12 10 59.58	7	23 9 41.521	-5 23 31.89	12 11 1.18		
21	20 12 16.258	-19 57 50.74	12 11 16.63	8	23 13 23.729	-5 0 10.98	12 10 46.63		
22	20 16 29.490	-19 44 24.65	12 11 32.94	9	23 17 5.541	-4 36 46.21	12 10 31.69		
23	20 20 41.973	-19 30 36.46	12 11 48.49	10	23 20 46.975	-4 13 17.97	12 10 16.39		
24	20 24 53.700	-19 16 26.53	12 12 3.28	11	23 24 28.053	-3 49 46.65	12 10 0.74		
25	20 29 4.665	-19 1 55.21	12 12 17.30	12	23 28 8.793	-3 26 12.60	12 9 44.77		
26	20 33 14.861	-18 47 2.90	12 12 30.54	13	23 31 49.218	-3 2 36.20	12 9 28.49		
27	20 37 24.280	-18 31 49.97	12 12 43.00	14	23 35 29.350	-2 38 57.82	12 9 11.94		
28	20 41 32.915	-18 16 16.84	12 12 54.67	15	23 39 9.211	-2 15 17.81	12 8 55.13		
29	20 45 40.756	-18 0 23.91	12 13 5.55	16	23 42 48.825	-1 51 36.53	12 8 38.08		
30	20 49 47.793	-17 44 11.60	12 13 15.61	17	23 46 28.217	-1 27 54.33	12 8 20.83		
31	20 53 54.017	-17 27 40.33	12 13 24.86	18	23 50 7.411	-1 4 11.55	12 8 3.39		
Févr.	1	20 57 59.420	-17 10 50.52	12 13 33.29	19	23 53 46.432	-0 40 28.54	12 7 45.79	
	2	21 2 3.996	-16 53 42.58	12 13 40.90	20	23 57 25.305	-0 16 45.64	12 7 28.05	
	3	21 6 7.743	-16 36 16.93	12 13 47.67	21	0 1 4.055	0 6 56.80	12 7 10.20	
	4	21 10 10.661	-16 18 33.96	12 13 53.62	22	0 4 42.706	0 30 38.43	12 6 52.25	
	5	21 14 12.751	-16 0 34.11	12 13 58.74	23	0 8 21.279	0 54 18.90	12 6 34.24	
	6	21 18 14.016	-15 42 17.79	12 14 3.03	24	0 11 59.796	1 17 57.84	12 6 16.18	
	7	21 22 14.461	-15 23 45.41	12 14 6.50	25	0 15 38.277	1 41 34.90	12 5 58.10	
	8	21 26 14.091	-15 4 57.39	12 14 9.16	26	0 19 16.740	2 5 9.70	12 5 40.01	
	9	21 30 12.913	-14 45 54.15	12 14 11.02	27	0 22 55.204	2 28 41.87	12 5 21.93	
	10	21 34 10.935	-14 26 36.09	12 14 12.08	28	0 26 33.686	2 52 11.03	12 5 3.88	
	11	21 38 8.165	-14 7 3.63	12 14 12.35	29	0 30 12.203	3 15 36.82	12 4 45.88	
	12	21 42 4.615	-13 47 17.17	12 14 11.85	30	0 33 50.771	3 38 58.86	12 4 27.94	
	13	21 46 0.294	-13 27 17.13	12 14 10.59	31	0 37 29.407	4 2 16.79	12 4 10.07	
	14	21 49 55.216	-13 7 3.89	12 14 8.58	Avril	1	0 41 8.128	4 25 30.25	12 3 52.30

SOLEIL 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			t. passage			Date	asc. droite			déclinaison			t. passage				
	h	m	s	°	'	"	h	m	s		h	m	s	°	'	"	h	m	s		
Avril	2	0	44	46.949	4	48	38.88	12	3	34.62	Mai	18	3	38	48.168	19	28	56.75	11	56	24.34
	3	0	48	25.885	5	11	42.30	12	3	17.07		19	3	42	47.086	19	42	3.69	11	56	26.98
	4	0	52	4.952	5	34	40.17	12	2	59.66		20	3	46	46.570	19	54	50.54	11	56	30.18
	5	0	55	44.165	5	57	32.12	12	2	42.40		21	3	50	46.613	20	7	17.03	11	56	33.95
	6	0	59	23.540	6	20	17.80	12	2	25.31		22	3	54	47.210	20	19	22.90	11	56	38.27
	7	1	3	3.095	6	42	56.85	12	2	8.41		23	3	58	48.354	20	31	7.91	11	56	43.13
	8	1	6	42.845	7	5	28.94	12	1	51.71		24	4	2	50.037	20	42	31.82	11	56	48.53
	9	1	10	22.809	7	27	53.72	12	1	35.24		25	4	6	52.246	20	53	34.37	11	56	54.44
	10	1	14	3.005	7	50	10.85	12	1	19.01		26	4	10	54.971	21	4	15.36	11	57	0.86
	11	1	17	43.450	8	12	19.99	12	1	3.04		27	4	14	58.196	21	14	34.55	11	57	7.78
	12	1	21	24.163	8	34	20.82	12	0	47.35		28	4	19	1.905	21	24	31.73	11	57	15.16
13	1	25	5.165	8	56	13.01	12	0	31.96	29	4	23	6.080	21	34	6.69	11	57	23.00		
14	1	28	46.474	9	17	56.23	12	0	16.89	30	4	27	10.702	21	43	19.22	11	57	31.28		
15	1	32	28.112	9	39	30.17	12	0	2.15	31	4	31	15.752	21	52	9.12	11	57	39.98		
16	1	36	10.098	10	0	54.52	11	59	47.77	Juin	1	4	35	21.211	22	0	36.20	11	57	49.07	
17	1	39	52.451	10	22	8.95	11	59	33.76	2	4	39	27.059	22	8	40.26	11	57	58.55		
18	1	43	35.193	10	43	13.15	11	59	20.15	3	4	43	33.276	22	16	21.13	11	58	8.39		
19	1	47	18.339	11	4	6.81	11	59	6.95	4	4	47	39.843	22	23	38.64	11	58	18.57		
20	1	51	1.908	11	24	49.61	11	58	54.18	5	4	51	46.741	22	30	32.62	11	58	29.08		
21	1	54	45.914	11	45	21.20	11	58	41.85	6	4	55	53.950	22	37	2.93	11	58	39.88		
22	1	58	30.370	12	5	41.26	11	58	29.98	7	5	0	1.451	22	43	9.42	11	58	50.97		
23	2	2	15.290	12	25	49.45	11	58	18.58	8	5	4	9.227	22	48	51.96	11	59	2.33		
24	2	6	0.685	12	45	45.43	11	58	7.67	9	5	8	17.258	22	54	10.43	11	59	13.93		
25	2	9	46.566	13	5	28.86	11	57	57.25	10	5	12	25.527	22	59	4.72	11	59	25.76		
26	2	13	32.942	13	24	59.41	11	57	47.33	11	5	16	34.015	23	3	34.73	11	59	37.79		
27	2	17	19.824	13	44	16.73	11	57	37.92	12	5	20	42.706	23	7	40.37	11	59	50.01		
28	2	21	7.217	14	3	20.51	11	57	29.02	13	5	24	51.580	23	11	21.57	12	0	2.41		
29	2	24	55.128	14	22	10.40	11	57	20.64	14	5	29	0.620	23	14	38.24	12	0	14.96		
30	2	28	43.562	14	40	46.08	11	57	12.78	15	5	33	9.806	23	17	30.33	12	0	27.66		
Mai	1	2	32	32.522	14	59	7.22	11	57	5.44	16	5	37	19.119	23	19	57.77	12	0	40.47	
2	2	36	22.011	15	17	13.49	11	56	58.64	17	5	41	28.540	23	22	0.49	12	0	53.38		
3	2	40	12.032	15	35	4.55	11	56	52.37	18	5	45	38.049	23	23	38.45	12	1	6.37		
4	2	44	2.588	15	52	40.10	11	56	46.63	19	5	49	47.626	23	24	51.60	12	1	19.43		
5	2	47	53.680	16	9	59.79	11	56	41.44	20	5	53	57.251	23	25	39.94	12	1	32.52		
6	2	51	45.313	16	27	3.33	11	56	36.79	21	5	58	6.900	23	26	3.44	12	1	45.62		
7	2	55	37.489	16	43	50.39	11	56	32.68	22	6	2	16.550	23	26	2.11	12	1	58.71		
8	2	59	30.211	17	0	20.66	11	56	29.12	23	6	6	26.177	23	25	35.97	12	2	11.76		
9	3	3	23.483	17	16	33.86	11	56	26.12	24	6	10	35.752	23	24	45.05	12	2	24.74		
10	3	7	17.306	17	32	29.67	11	56	23.67	25	6	14	45.250	23	23	29.39	12	2	37.63		
11	3	11	11.686	17	48	7.80	11	56	21.78	26	6	18	54.643	23	21	49.03	12	2	50.40		
12	3	15	6.625	18	3	27.98	11	56	20.45	27	6	23	3.901	23	19	44.03	12	3	3.02		
13	3	19	2.126	18	18	29.93	11	56	19.68	28	6	27	12.998	23	17	14.45	12	3	15.47		
14	3	22	58.194	18	33	13.36	11	56	19.47	29	6	31	21.906	23	14	20.36	12	3	27.72		
15	3	26	54.831	18	47	38.03	11	56	19.83	30	6	35	30.598	23	11	1.84	12	3	39.74		
16	3	30	52.039	19	1	43.66	11	56	20.76	Juill.	1	6	39	39.050	23	7	18.98	12	3	51.50	
17	3	34	49.818	19	15	29.98	11	56	22.26	2	6	43	47.235	23	3	11.87	12	4	2.99		

SOLEIL 2014 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				
Juill.	3	6	47	55.132	22	58	40.61	12	4	14.19	Août	18	9	49	6.070	13	11	17.51	12	3	51.32	
	4	6	52	2.717	22	53	45.33	12	4	25.06		19	9	52	49.225	12	51	52.79	12	3	37.68	
	5	6	56	9.969	22	48	26.14	12	4	35.58		20	9	56	31.906	12	32	15.78	12	3	23.57	
	6	7	0	16.868	22	42	43.18	12	4	45.75		21	10	0	14.122	12	12	26.82	12	3	9.01	
	7	7	4	23.395	22	36	56.59	12	4	55.53		22	10	3	55.883	11	52	26.24	12	2	53.99	
	8	7	8	29.533	22	30	6.52	12	5	4.91		23	10	7	37.199	11	32	14.38	12	2	38.53	
	9	7	12	35.265	22	23	13.12	12	5	13.87		24	10	11	18.079	11	11	51.56	12	2	22.65	
	10	7	16	40.576	22	15	56.56	12	5	22.40		25	10	14	58.535	10	51	18.11	12	2	6.35	
	11	7	20	45.451	22	8	17.03	12	5	30.49		26	10	18	38.578	10	30	34.36	12	1	49.65	
	12	7	24	49.876	22	0	14.68	12	5	38.12		27	10	22	18.220	10	9	40.65	12	1	32.55	
	13	7	28	53.839	21	51	49.71	12	5	45.28		28	10	25	57.472	9	48	37.30	12	1	15.07	
	14	7	32	57.330	21	43	2.28	12	5	51.98		29	10	29	36.350	9	27	24.65	12	0	57.22	
	15	7	37	0.338	21	33	52.57	12	5	58.18		30	10	33	14.865	9	6	3.01	12	0	39.01	
	16	7	41	2.857	21	24	20.78	12	6	3.90		31	10	36	53.032	8	44	32.73	12	0	20.46	
	17	7	45	4.879	21	14	27.10	12	6	9.12		Sept.	1	10	40	30.866	8	22	54.14	12	0	1.58
	18	7	49	6.396	21	4	11.74	12	6	13.83		2	10	44	8.381	8	1	7.55	11	59	42.39	
	19	7	53	7.399	20	53	34.92	12	6	18.02		3	10	47	45.594	7	39	13.31	11	59	22.91	
20	7	57	7.879	20	42	36.90	12	6	21.67	4	10	51	22.520	7	17	11.74	11	59	3.14			
21	8	1	7.826	20	31	17.90	12	6	24.79	5	10	54	59.175	6	55	3.17	11	58	43.12			
22	8	5	7.228	20	19	38.19	12	6	27.36	6	10	58	35.578	6	32	47.92	11	58	22.85			
23	8	9	6.075	20	7	38.03	12	6	29.36	7	11	2	11.747	6	10	26.30	11	58	2.36			
24	8	13	4.357	19	55	17.69	12	6	30.79	8	11	5	47.705	5	47	58.62	11	57	41.68			
25	8	17	2.062	19	42	37.43	12	6	31.64	9	11	9	23.475	5	25	25.18	11	57	20.82			
26	8	20	59.181	19	29	37.52	12	6	31.90	10	11	12	59.083	5	2	46.26	11	56	59.82			
27	8	24	55.705	19	16	18.25	12	6	31.57	11	11	16	34.555	4	40	2.16	11	56	38.69			
28	8	28	51.626	19	2	39.89	12	6	30.63	12	11	20	9.915	4	17	13.17	11	56	17.46			
29	8	32	46.939	18	48	42.71	12	6	29.08	13	11	23	45.187	3	54	19.62	11	55	56.15			
30	8	36	41.638	18	34	27.01	12	6	26.92	14	11	27	20.395	3	31	21.80	11	55	34.78			
31	8	40	35.718	18	19	53.07	12	6	24.14	15	11	30	55.557	3	8	20.07	11	55	13.38			
Août	1	8	44	29.177	18	5	1.18	12	6	20.73	16	11	34	30.695	2	45	14.74	11	54	51.96		
2	8	48	22.013	17	49	51.62	12	6	16.70	17	11	38	5.825	2	22	6.17	11	54	30.54			
3	8	52	14.227	17	34	24.70	12	6	12.05	18	11	41	40.969	1	58	54.69	11	54	9.15			
4	8	56	5.818	17	18	40.70	12	6	6.78	19	11	45	16.142	1	35	40.65	11	53	47.80			
5	8	59	56.789	17	2	39.93	12	6	0.88	20	11	48	51.365	1	12	24.39	11	53	26.51			
6	9	3	47.143	16	46	22.69	12	5	54.36	21	11	52	26.654	0	49	6.26	11	53	5.29			
7	9	7	36.883	16	29	49.27	12	5	47.24	22	11	56	2.028	0	25	46.61	11	52	44.17			
8	9	11	26.014	16	12	59.98	12	5	39.50	23	11	59	37.506	0	2	25.79	11	52	23.16			
9	9	15	14.544	15	55	55.12	12	5	31.17	24	12	3	13.105	-	0	20	55.86	11	52	2.29		
10	9	19	2.479	15	38	34.97	12	5	22.26	25	12	6	48.843	-	0	44	17.97	11	51	41.56		
11	9	22	49.830	15	20	59.81	12	5	12.77	26	12	10	24.739	-	1	7	40.21	11	51	21.00		
12	9	26	36.610	15	3	9.94	12	5	2.71	27	12	14	0.810	-	1	31	2.20	11	51	0.62		
13	9	30	22.833	14	45	5.61	12	4	52.11	28	12	17	37.075	-	1	54	23.60	11	50	40.44		
14	9	34	8.512	14	26	47.12	12	4	40.98	29	12	21	13.550	-	2	17	44.04	11	50	20.47		
15	9	37	53.664	14	8	14.75	12	4	29.32	30	12	24	50.253	-	2	41	3.17	11	50	0.74		
16	9	41	38.299	13	49	28.82	12	4	17.15	Oct.	1	12	28	27.201	-	3	4	20.63	11	49	41.26	
17	9	45	22.431	13	30	29.63	12	4	4.48	2	12	32	4.412	-	3	27	36.04	11	49	22.06		

SOLEIL 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	t. passage	Date	asc. droite	déclinaison	t. passage			
	h m s	° ' "	h m s		h m s	° ' "	h m s			
Oct.	3	12 35 41.904	- 3 50 49.05	11 49 3.14	Nov.	18	15 32 53.115	-19 8 46.39	11 45 8.31	
	4	12 39 19.696	- 4 13 59.30	11 48 44.54		19	15 37 2.389	-19 23 0.45	11 45 21.45	
	5	12 42 57.809	- 4 37 6.42	11 48 26.27		20	15 41 12.502	-19 36 53.61	11 45 35.42	
	6	12 46 36.265	- 5 0 10.09	11 48 8.36		21	15 45 23.443	-19 50 25.50	11 45 50.21	
	7	12 50 15.089	- 5 23 9.95	11 47 50.84		22	15 49 35.201	-20 3 35.76	11 46 5.81	
	8	12 53 54.308	- 5 46 5.67	11 47 33.71		23	15 53 47.761	-20 16 24.01	11 46 22.20	
	9	12 57 33.946	- 6 8 56.93	11 47 17.02		24	15 58 1.107	-20 28 49.92	11 46 39.36	
	10	13 1 14.030	- 6 31 43.38	11 47 0.79		25	16 2 15.219	-20 40 53.12	11 46 57.29	
	11	13 4 54.584	- 6 54 24.67	11 46 45.03		26	16 6 30.078	-20 52 33.26	11 47 15.95	
	12	13 8 35.630	- 7 17 0.47	11 46 29.77		27	16 10 45.663	-21 3 50.00	11 47 35.33	
	13	13 12 17.189	- 7 39 30.38	11 46 15.03		28	16 15 1.955	-21 14 42.99	11 47 55.41	
	14	13 15 59.281	- 8 1 54.06	11 46 0.84		29	16 19 18.932	-21 25 11.91	11 48 16.17	
	15	13 19 41.923	- 8 24 11.11	11 45 47.20		30	16 23 36.577	-21 35 16.45	11 48 37.59	
	16	13 23 25.134	- 8 46 21.15	11 45 34.15		Déc.	1	16 27 54.872	-21 44 56.30	11 48 59.65
	17	13 27 8.932	- 9 8 23.79	11 45 21.69			2	16 32 13.799	-21 54 11.18	11 49 22.33
	18	13 30 53.332	- 9 30 18.65	11 45 9.84		3	16 36 33.341	-22 3 0.81	11 49 45.62	
	19	13 34 38.352	- 9 52 5.34	11 44 58.62		4	16 40 53.479	-22 11 24.94	11 50 9.50	
20	13 38 24.005	-10 13 43.45	11 44 48.04	5	16 45 14.195	-22 19 23.32	11 50 33.94			
21	13 42 10.309	-10 35 12.59	11 44 38.12	6	16 49 35.467	-22 26 55.71	11 50 58.93			
22	13 45 57.276	-10 56 32.37	11 44 28.87	7	16 53 57.274	-22 34 1.89	11 51 24.43			
23	13 49 44.921	-11 17 42.38	11 44 20.30	8	16 58 19.593	-22 40 41.62	11 51 50.44			
24	13 53 33.255	-11 38 42.22	11 44 12.43	9	17 2 42.399	-22 46 54.70	11 52 16.93			
25	13 57 22.291	-11 59 31.48	11 44 5.26	10	17 7 5.667	-22 52 40.92	11 52 43.86			
26	14 1 12.038	-12 20 9.77	11 43 58.80	11	17 11 29.370	-22 58 0.09	11 53 11.22			
27	14 5 2.507	-12 40 36.66	11 43 53.07	12	17 15 53.482	-23 2 52.03	11 53 38.98			
28	14 8 53.705	-13 0 51.75	11 43 48.07	13	17 20 17.973	-23 7 16.57	11 54 7.11			
29	14 12 45.639	-13 20 54.62	11 43 43.81	14	17 24 42.815	-23 11 13.57	11 54 35.57			
30	14 16 38.319	-13 40 44.85	11 43 40.30	15	17 29 7.978	-23 14 42.87	11 55 4.34			
31	14 20 31.750	-14 0 22.03	11 43 37.54	16	17 33 33.430	-23 17 44.37	11 55 33.38			
Nov.	1	14 24 25.943	-14 19 45.73	11 43 35.56	17	17 37 59.139	-23 20 17.95	11 56 2.66		
	2	14 28 20.906	-14 38 55.56	11 43 34.35	18	17 42 25.072	-23 22 23.52	11 56 32.14		
	3	14 32 16.652	-14 57 51.11	11 43 33.93	19	17 46 51.196	-23 24 1.01	11 57 1.80		
	4	14 36 13.192	-15 16 31.98	11 43 34.32	20	17 51 17.473	-23 25 10.36	11 57 31.59		
	5	14 40 10.539	-15 34 57.79	11 43 35.51	21	17 55 43.866	-23 25 51.54	11 58 1.47		
	6	14 44 8.705	-15 53 8.17	11 43 37.53	22	18 0 10.336	-23 26 4.51	11 58 31.41		
	7	14 48 7.702	-16 11 2.71	11 43 40.38	23	18 4 36.841	-23 25 49.26	11 59 1.37		
	8	14 52 7.539	-16 28 41.05	11 43 44.08	24	18 9 3.339	-23 25 5.80	11 59 31.29		
	9	14 56 8.225	-16 46 2.80	11 43 48.62	25	18 13 29.790	-23 23 54.13	12 0 1.16		
	10	15 0 9.766	-17 3 7.56	11 43 54.02	26	18 17 56.153	-23 22 14.28	12 0 30.92		
	11	15 4 12.166	-17 19 54.93	11 44 0.28	27	18 22 22.392	-23 20 6.27	12 1 0.54		
	12	15 8 15.428	-17 36 24.51	11 44 7.41	28	18 26 48.471	-23 17 30.15	12 1 29.98		
	13	15 12 19.554	-17 52 35.92	11 44 15.40	29	18 31 14.357	-23 14 26.00	12 1 59.22		
	14	15 16 24.544	-18 8 28.75	11 44 24.26	30	18 35 40.018	-23 10 53.91	12 2 28.21		
	15	15 20 30.399	-18 24 2.60	11 44 33.99	31	18 40 5.426	-23 6 53.97	12 2 56.93		
	16	15 24 37.114	-18 39 17.08	11 44 44.58	32	18 44 30.549	-23 2 26.32	12 3 25.35		
	17	15 28 44.688	-18 54 11.81	11 44 56.02	33	18 48 55.359	-22 57 31.07	12 3 53.44		

SOLEIL 2014 à 0h TT

COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Z	Date	X	Y	Z		
	ua	ua	ua		ua	ua	ua		
Janv.	0	0.158 349 07	-0.890 464 62	-0.386 029 12	Févr.	15	0.818 995 38	-0.506 442 88	-0.219 555 70
	1	0.175 591 08	-0.887 725 60	-0.384 841 27		16	0.828 761 32	-0.493 222 77	-0.213 824 25
	2	0.192 778 32	-0.884 708 53	-0.383 533 05		17	0.838 274 25	-0.479 851 81	-0.208 027 29
	3	0.209 904 94	-0.881 414 43	-0.382 104 90		18	0.847 531 52	-0.466 333 91	-0.202 166 53
	4	0.226 965 19	-0.877 844 53	-0.380 557 37		19	0.856 530 51	-0.452 673 00	-0.196 243 71
	5	0.243 953 39	-0.874 000 26	-0.378 891 07		20	0.865 268 59	-0.438 873 03	-0.190 260 56
	6	0.260 864 04	-0.869 883 20	-0.377 106 67		21	0.873 743 17	-0.424 937 99	-0.184 218 85
	7	0.277 691 78	-0.865 495 06	-0.375 204 88		22	0.881 951 64	-0.410 871 93	-0.178 120 37
	8	0.294 431 39	-0.860 837 60	-0.373 186 41		23	0.889 891 43	-0.396 678 95	-0.171 966 94
	9	0.311 077 78	-0.855 912 64	-0.371 052 04		24	0.897 559 96	-0.382 363 26	-0.165 760 42
	10	0.327 625 94	-0.850 722 05	-0.368 802 53		25	0.904 954 68	-0.367 929 17	-0.159 502 70
	11	0.344 070 98	-0.845 267 72	-0.366 438 67		26	0.912 073 09	-0.353 381 10	-0.153 195 74
	12	0.360 408 05	-0.839 551 56	-0.363 961 25		27	0.918 912 75	-0.338 723 64	-0.146 841 53
	13	0.376 632 38	-0.833 575 52	-0.361 371 10		28	0.925 471 35	-0.323 961 53	-0.140 442 13
14	0.392 739 23	-0.827 341 58	-0.358 669 04	Mars	1	0.931 746 74	-0.309 099 62	-0.133 999 64	
15	0.408 723 93	-0.820 851 73	-0.355 855 93	2	0.937 736 96	-0.294 142 92	-0.127 516 19		
16	0.424 581 83	-0.814 108 01	-0.352 932 63	3	0.943 440 29	-0.279 096 47	-0.120 993 96		
17	0.440 308 31	-0.807 112 48	-0.349 900 02	4	0.948 855 21	-0.263 965 34	-0.114 435 08		
18	0.455 898 78	-0.799 867 22	-0.346 759 02	5	0.953 980 45	-0.248 754 58	-0.107 841 72		
19	0.471 348 66	-0.792 374 36	-0.343 510 54	6	0.958 814 87	-0.233 469 19	-0.101 215 99		
20	0.486 653 37	-0.784 636 06	-0.340 155 54	7	0.963 357 52	-0.218 114 12	-0.094 560 00		
21	0.501 808 35	-0.776 654 54	-0.336 694 97	8	0.967 607 53	-0.202 694 26	-0.087 875 85		
22	0.516 809 03	-0.768 432 04	-0.333 129 85	9	0.971 564 18	-0.187 214 42	-0.081 165 60		
23	0.531 650 83	-0.759 970 87	-0.329 461 20	10	0.975 226 82	-0.171 679 40	-0.074 431 30		
24	0.546 329 16	-0.751 273 40	-0.325 690 06	11	0.978 594 87	-0.156 093 90	-0.067 674 99		
25	0.560 839 41	-0.742 342 08	-0.321 817 54	12	0.981 667 86	-0.140 462 63	-0.060 898 68		
26	0.575 176 94	-0.733 179 42	-0.317 844 78	13	0.984 445 36	-0.124 790 22	-0.054 104 39		
27	0.589 337 08	-0.723 788 08	-0.313 772 94	14	0.986 927 03	-0.109 081 27	-0.047 294 12		
28	0.603 315 12	-0.714 170 80	-0.309 603 27	15	0.989 112 59	-0.093 340 35	-0.040 469 85		
29	0.617 106 36	-0.704 330 53	-0.305 337 07	16	0.991 001 79	-0.077 571 96	-0.033 633 56		
30	0.630 706 12	-0.694 270 40	-0.300 975 73	17	0.992 594 45	-0.061 780 61	-0.026 787 20		
31	0.644 109 78	-0.683 993 72	-0.296 520 69	18	0.993 890 39	-0.045 970 72	-0.019 932 74		
Févr.	1	0.657 312 86	-0.673 504 05	-0.291 973 50	19	0.994 889 46	-0.030 146 75	-0.013 072 12	
	2	0.670 311 05	-0.662 805 07	-0.287 335 73	20	0.995 591 53	-0.014 313 12	-0.006 207 30	
	3	0.683 100 25	-0.651 900 61	-0.282 609 02	21	0.995 996 48	0.001 525 75	0.000 659 76	
	4	0.695 676 56	-0.640 794 56	-0.277 795 01	22	0.996 104 18	0.017 365 37	0.007 527 08	
	5	0.708 036 27	-0.629 490 83	-0.272 895 37	23	0.995 914 55	0.033 201 24	0.014 392 68	
	6	0.720 175 83	-0.617 993 37	-0.267 911 76	24	0.995 427 52	0.049 028 79	0.021 254 53	
	7	0.732 091 85	-0.606 306 09	-0.262 845 84	25	0.994 643 07	0.064 843 35	0.028 110 61	
	8	0.743 781 01	-0.594 432 91	-0.257 699 29	26	0.993 561 28	0.080 640 19	0.034 958 82	
9	0.755 240 14	-0.582 377 74	-0.252 473 76	27	0.992 182 29	0.096 414 47	0.041 797 07		
10	0.766 466 11	-0.570 144 46	-0.247 170 91	28	0.990 506 42	0.112 161 26	0.048 623 23		
11	0.777 455 92	-0.557 736 98	-0.241 792 44	29	0.988 534 14	0.127 875 55	0.055 435 15		
12	0.788 206 61	-0.545 159 19	-0.236 339 99	30	0.986 266 12	0.143 552 31	0.062 230 68		
13	0.798 715 28	-0.532 414 98	-0.230 815 27	31	0.983 703 24	0.159 186 48	0.069 007 65		
14	0.808 979 13	-0.519 508 25	-0.225 219 94	Avril	1	0.980 846 58	0.174 773 05	0.075 763 94	

SOLEIL 2014 à 0h TT

COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Z	Date	X	Y	Z		
	ua	ua	ua		ua	ua	ua		
Avril	2	0.977 697 42	0.190 307 07	0.082 497 45	Mai	18	0.553 874 64	0.776 411 87	0.336 587 12
	3	0.974 257 20	0.205 783 68	0.089 206 10		19	0.539 687 43	0.785 005 77	0.340 312 89
	4	0.970 527 49	0.221 198 12	0.095 887 88		20	0.525 345 22	0.793 376 86	0.343 941 89
	5	0.966 509 98	0.236 545 75	0.102 540 79		21	0.510 851 82	0.801 522 65	0.347 473 03
	6	0.962 206 42	0.251 822 01	0.109 162 88		22	0.496 211 16	0.809 440 65	0.350 905 28
	7	0.957 618 66	0.267 022 44	0.115 752 23		23	0.481 427 31	0.817 128 38	0.354 237 55
	8	0.952 748 60	0.282 142 67	0.122 306 97		24	0.466 504 45	0.824 583 39	0.357 468 84
	9	0.947 598 21	0.297 178 40	0.128 825 23		25	0.451 446 93	0.831 803 31	0.360 598 14
	10	0.942 169 50	0.312 125 43	0.135 305 18		26	0.436 259 20	0.838 785 83	0.363 624 50
	11	0.936 464 54	0.326 979 62	0.141 745 02		27	0.420 945 86	0.845 528 77	0.366 547 01
	12	0.930 485 43	0.341 736 90	0.148 142 98		28	0.405 511 58	0.852 030 07	0.369 364 81
13	0.924 234 32	0.356 393 28	0.154 497 32	29	0.389 961 11	0.858 287 80	0.372 077 09		
14	0.917 713 35	0.370 944 87	0.160 806 31	30	0.374 299 25	0.864 300 18	0.374 683 12		
15	0.910 924 69	0.385 387 79	0.167 068 25	31	0.358 530 84	0.870 065 56	0.377 182 19		
16	0.903 870 50	0.399 718 26	0.173 281 46	Juin	1	0.342 660 75	0.875 582 43	0.379 573 67	
17	0.896 552 92	0.413 932 51	0.179 444 27	2	0.326 693 83	0.880 849 40	0.381 856 96		
18	0.888 974 09	0.428 026 78	0.185 555 01	3	0.310 634 94	0.885 865 21	0.384 031 51		
19	0.881 136 12	0.441 997 29	0.191 612 01	4	0.294 488 92	0.890 628 71	0.386 096 83		
20	0.873 041 14	0.455 840 24	0.197 613 58	5	0.278 260 59	0.895 138 87	0.388 052 45		
21	0.864 691 33	0.469 551 78	0.203 558 03	6	0.261 954 78	0.899 394 74	0.389 897 95		
22	0.856 088 88	0.483 128 00	0.209 443 64	7	0.245 576 23	0.903 395 49	0.391 632 95		
23	0.847 236 12	0.496 564 92	0.215 268 68	8	0.229 129 71	0.907 140 39	0.393 257 11		
24	0.838 135 46	0.509 858 51	0.221 031 42	9	0.212 619 88	0.910 628 80	0.394 770 12		
25	0.828 789 47	0.523 004 72	0.226 730 10	10	0.196 051 39	0.913 860 15	0.396 171 70		
26	0.819 200 85	0.535 999 49	0.232 363 00	11	0.179 428 79	0.916 833 96	0.397 461 60		
27	0.809 372 52	0.548 838 76	0.237 928 39	12	0.162 756 54	0.919 549 79	0.398 639 60		
28	0.799 307 54	0.561 518 53	0.243 424 58	13	0.146 039 04	0.922 007 21	0.399 705 46		
29	0.789 009 14	0.574 034 87	0.248 849 89	14	0.129 280 60	0.924 205 77	0.400 658 96		
30	0.778 480 71	0.586 383 95	0.254 202 72	15	0.112 485 51	0.926 144 99	0.401 499 87		
Mai	1	0.767 725 74	0.598 562 08	0.259 481 49	16	0.095 658 05	0.927 824 32	0.402 227 94	
2	0.756 747 85	0.610 565 68	0.264 684 70	17	0.078 802 56	0.929 243 16	0.402 842 90		
3	0.745 550 71	0.622 391 31	0.269 810 86	18	0.061 923 46	0.930 400 89	0.403 344 50		
4	0.734 138 06	0.634 035 66	0.274 858 57	19	0.045 025 27	0.931 296 88	0.403 732 49		
5	0.722 513 67	0.645 495 51	0.279 826 44	20	0.028 112 67	0.931 930 53	0.404 006 65		
6	0.710 681 36	0.656 767 79	0.284 713 15	21	0.011 190 40	0.932 301 34	0.404 166 79		
7	0.698 644 94	0.667 849 51	0.289 517 40	22	-0.005 736 66	0.932 408 87	0.404 212 77		
8	0.686 408 28	0.678 737 80	0.294 237 94	23	-0.022 663 56	0.932 252 82	0.404 144 48		
9	0.673 975 24	0.689 429 86	0.298 873 54	24	-0.039 585 30	0.931 833 02	0.403 961 89		
10	0.661 349 69	0.699 923 01	0.303 423 03	25	-0.056 496 82	0.931 149 40	0.403 665 01		
11	0.648 535 52	0.710 214 65	0.307 885 26	26	-0.073 393 05	0.930 202 07	0.403 253 90		
12	0.635 536 58	0.720 302 29	0.312 259 11	27	-0.090 268 89	0.928 991 25	0.402 728 68		
13	0.622 356 72	0.730 183 51	0.316 543 51	28	-0.107 119 28	0.927 517 30	0.402 089 52		
14	0.608 999 71	0.739 855 94	0.320 737 41	29	-0.123 939 15	0.925 780 72	0.401 336 66		
15	0.595 469 32	0.749 317 29	0.324 839 75	30	-0.140 723 47	0.923 782 13	0.400 470 35		
16	0.581 769 24	0.758 565 27	0.328 849 50	Juill.	1	-0.157 467 27	0.921 522 26	0.399 490 91	
17	0.567 903 14	0.767 597 57	0.332 765 64	2	-0.174 165 61	0.919 001 97	0.398 398 70		

SOLEIL 2014 à 0h TT

COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Z	Date	X	Y	Z		
	ua	ua	ua		ua	ua	ua		
Juill.	3	-0.190 813 61	0.916 222 20	0.397 194 12	Août	18	-0.827 135 67	0.535 479 87	0.232 138 59
	4	-0.207 406 46	0.913 184 00	0.395 877 60		19	-0.836 662 55	0.522 568 62	0.226 540 91
	5	-0.223 939 39	0.909 888 53	0.394 449 62		20	-0.845 951 10	0.509 506 82	0.220 878 08
	6	-0.240 407 72	0.906 337 00	0.392 910 69		21	-0.854 998 22	0.496 298 09	0.215 151 68
	7	-0.256 806 86	0.902 530 75	0.391 261 35		22	-0.863 800 85	0.482 946 14	0.209 363 34
	8	-0.273 132 31	0.898 471 17	0.389 502 15		23	-0.872 356 03	0.469 454 79	0.203 514 72
	9	-0.289 379 65	0.894 159 68	0.387 633 70		24	-0.880 660 90	0.455 827 94	0.197 607 49
	10	-0.305 544 61	0.889 597 79	0.385 656 60		25	-0.888 712 68	0.442 069 59	0.191 643 39
	11	-0.321 622 99	0.884 786 97	0.383 571 45		26	-0.896 508 72	0.428 183 81	0.185 624 16
	12	-0.337 610 70	0.879 728 67	0.381 378 86		27	-0.904 046 45	0.414 174 75	0.179 551 59
	13	-0.353 503 73	0.874 424 30	0.379 079 41		28	-0.911 323 45	0.400 046 61	0.173 427 48
	14	-0.369 298 04	0.868 875 18	0.376 673 69		29	-0.918 337 40	0.385 803 68	0.167 253 64
	15	-0.384 989 58	0.863 082 57	0.374 162 23		30	-0.925 086 14	0.371 450 27	0.161 031 93
	16	-0.400 574 22	0.857 047 72	0.371 545 62		31	-0.931 567 63	0.356 990 72	0.154 764 19
	17	-0.416 047 72	0.850 771 87	0.368 824 41		Sept. 1	-0.937 779 96	0.342 429 43	0.148 452 29
	18	-0.431 405 74	0.844 256 33	0.365 999 21		2	-0.943 721 38	0.327 770 78	0.142 098 10
	19	-0.446 643 84	0.837 502 49	0.363 070 68		3	-0.949 390 28	0.313 019 14	0.135 703 49
20	-0.461 757 55	0.830 511 86	0.360 039 49	4	-0.954 785 18	0.298 178 87	0.129 270 31		
21	-0.476 742 33	0.823 286 08	0.356 906 40	5	-0.959 904 73	0.283 254 28	0.122 800 41		
22	-0.491 593 66	0.815 826 91	0.353 672 21	6	-0.964 747 70	0.268 249 60	0.116 295 61		
23	-0.506 306 99	0.808 136 27	0.350 337 77	7	-0.969 312 91	0.253 168 98	0.109 757 70		
24	-0.520 877 82	0.800 216 18	0.346 903 98	8	-0.973 599 26	0.238 016 45	0.103 188 46		
25	-0.535 301 69	0.792 068 79	0.343 371 78	9	-0.977 605 58	0.222 795 99	0.096 589 62		
26	-0.549 574 16	0.783 696 39	0.339 742 17	10	-0.981 330 71	0.207 511 52	0.089 962 93		
27	-0.563 690 86	0.775 101 38	0.336 016 20	11	-0.984 773 37	0.192 166 95	0.083 310 12		
28	-0.577 647 51	0.766 286 24	0.332 194 94	12	-0.987 932 26	0.176 766 25	0.076 632 96		
29	-0.591 439 87	0.757 253 60	0.328 279 52	13	-0.990 806 03	0.161 313 46	0.069 933 25		
30	-0.605 063 80	0.748 006 16	0.324 271 09	14	-0.993 393 33	0.145 812 75	0.063 212 83		
31	-0.618 515 25	0.738 546 72	0.320 170 86	15	-0.995 692 86	0.130 268 36	0.056 473 58		
Août 1	-0.631 790 27	0.728 878 15	0.315 980 03	16	-0.997 703 36	0.114 684 66	0.049 717 40		
2	-0.644 885 01	0.719 003 41	0.311 699 88	17	-0.999 423 68	0.099 066 12	0.042 946 26		
3	-0.657 795 70	0.708 925 54	0.307 331 68	18	-1.000 852 76	0.083 417 27	0.036 162 13		
4	-0.670 518 73	0.698 647 60	0.302 876 72	19	-1.001 989 64	0.067 742 73	0.029 367 01		
5	-0.683 050 56	0.688 172 74	0.298 336 35	20	-1.002 833 47	0.052 047 17	0.022 562 93		
6	-0.695 387 82	0.677 504 11	0.293 711 89	21	-1.003 383 52	0.036 335 33	0.015 751 93		
7	-0.707 527 25	0.666 644 89	0.289 004 68	22	-1.003 639 18	0.020 612 00	0.008 936 07		
8	-0.719 465 71	0.655 598 23	0.284 216 06	23	-1.003 599 97	0.004 882 00	0.002 117 42		
9	-0.731 200 18	0.644 367 25	0.279 347 37	24	-1.003 265 54	-0.010 849 80	-0.004 701 92		
10	-0.742 727 70	0.632 954 97	0.274 399 90	25	-1.002 635 67	-0.026 578 48	-0.011 519 86		
11	-0.754 045 36	0.621 364 35	0.269 374 94	26	-1.001 710 32	-0.042 299 14	-0.018 334 30		
12	-0.765 150 19	0.609 598 28	0.264 273 76	27	-1.000 489 56	-0.058 006 83	-0.025 143 12		
13	-0.776 039 19	0.597 659 61	0.259 097 62	28	-0.998 973 65	-0.073 696 64	-0.031 944 24		
14	-0.786 709 25	0.585 551 18	0.253 847 81	29	-0.997 163 00	-0.089 363 67	-0.038 735 56		
15	-0.797 157 18	0.573 275 92	0.248 525 63	30	-0.995 058 15	-0.105 003 05	-0.045 515 00		
16	-0.807 379 74	0.560 836 84	0.243 132 42	Oct. 1	-0.992 659 82	-0.120 609 99	-0.052 280 52		
17	-0.817 373 66	0.548 237 07	0.237 669 60	2	-0.989 968 84	-0.136 179 76	-0.059 030 09		

SOLEIL 2014 à 0h TT

COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Z	Date	X	Y	Z
	ua	ua	ua		ua	ua	ua
Oct. 3	-0.986 986 16	-0.151 707 73	-0.065 761 71	Nov. 18	-0.562 067 97	-0.746 215 18	-0.323 494 18
4	-0.983 712 83	-0.167 189 37	-0.072 473 42	19	-0.547 548 02	-0.755 021 21	-0.327 311 07
5	-0.980 149 95	-0.182 620 25	-0.079 163 31	20	-0.532 858 78	-0.763 595 53	-0.331 027 51
6	-0.976 298 66	-0.197 996 08	-0.085 829 48	21	-0.518 004 75	-0.771 935 05	-0.334 642 19
7	-0.972 160 08	-0.213 312 63	-0.092 470 07	22	-0.502 990 54	-0.780 036 78	-0.338 153 83
8	-0.967 735 29	-0.228 565 76	-0.099 083 25	23	-0.487 820 92	-0.787 897 80	-0.341 561 22
9	-0.963 025 35	-0.243 751 34	-0.105 667 19	24	-0.472 500 78	-0.795 515 33	-0.344 863 18
10	-0.958 031 25	-0.258 865 21	-0.112 220 02	25	-0.457 035 13	-0.802 886 76	-0.348 058 60
11	-0.952 753 97	-0.273 903 18	-0.118 739 90	26	-0.441 429 06	-0.810 009 62	-0.351 146 43
12	-0.947 194 51	-0.288 860 95	-0.125 224 92	27	-0.425 687 71	-0.816 881 65	-0.354 125 69
13	-0.941 353 94	-0.303 734 19	-0.131 673 17	28	-0.409 816 25	-0.823 500 75	-0.356 995 47
14	-0.935 233 37	-0.318 518 45	-0.138 082 71	29	-0.393 819 84	-0.829 865 01	-0.359 754 93
15	-0.928 834 06	-0.333 209 27	-0.144 451 60	30	-0.377 703 60	-0.835 972 65	-0.362 403 27
16	-0.922 157 34	-0.347 802 12	-0.150 777 86	Déc. 1	-0.361 472 58	-0.841 822 04	-0.364 939 75
17	-0.915 204 69	-0.362 292 44	-0.157 059 52	2	-0.345 131 79	-0.847 411 65	-0.367 363 67
18	-0.907 977 68	-0.376 675 65	-0.163 294 60	3	-0.328 686 16	-0.852 740 01	-0.369 674 35
19	-0.900 478 03	-0.390 947 16	-0.169 481 13	4	-0.312 140 55	-0.857 805 74	-0.371 871 15
20	-0.892 707 58	-0.405 102 38	-0.175 617 14	5	-0.295 499 79	-0.862 607 43	-0.373 953 42
21	-0.884 668 29	-0.419 136 71	-0.181 700 64	6	-0.278 768 65	-0.867 143 74	-0.375 920 55
22	-0.876 362 28	-0.433 045 54	-0.187 729 67	7	-0.261 951 93	-0.871 413 29	-0.377 771 91
23	-0.867 791 79	-0.446 824 30	-0.193 702 28	8	-0.245 054 43	-0.875 414 73	-0.379 506 90
24	-0.858 959 22	-0.460 468 41	-0.199 616 53	9	-0.228 080 99	-0.879 146 69	-0.381 124 93
25	-0.849 867 15	-0.473 973 36	-0.205 470 47	10	-0.211 036 51	-0.882 607 85	-0.382 625 40
26	-0.840 518 28	-0.487 334 68	-0.211 262 22	11	-0.193 925 93	-0.885 796 88	-0.384 007 77
27	-0.830 915 49	-0.500 547 98	-0.216 989 91	12	-0.176 754 28	-0.888 712 53	-0.385 271 48
28	-0.821 061 81	-0.513 608 98	-0.222 651 71	13	-0.159 526 66	-0.891 353 57	-0.386 416 02
29	-0.810 960 36	-0.526 513 49	-0.228 245 82	14	-0.142 248 24	-0.893 718 85	-0.387 440 93
30	-0.800 614 42	-0.539 257 49	-0.233 770 52	15	-0.124 924 24	-0.895 807 28	-0.388 345 74
31	-0.790 027 31	-0.551 837 07	-0.239 224 11	16	-0.107 559 97	-0.897 617 84	-0.389 130 04
Nov. 1	-0.779 202 42	-0.564 248 46	-0.244 604 97	17	-0.090 160 80	-0.899 149 59	-0.389 793 45
2	-0.768 143 17	-0.576 488 05	-0.249 911 50	18	-0.072 732 19	-0.900 401 65	-0.390 335 63
3	-0.756 852 96	-0.588 552 34	-0.255 142 16	19	-0.055 279 67	-0.901 373 27	-0.390 756 29
4	-0.745 335 18	-0.600 437 93	-0.260 295 44	20	-0.037 808 86	-0.902 063 79	-0.391 055 16
5	-0.733 593 17	-0.612 141 50	-0.265 369 87	21	-0.020 325 49	-0.902 472 66	-0.391 232 06
6	-0.721 630 24	-0.623 659 78	-0.270 363 98	22	-0.002 835 34	-0.902 599 52	-0.391 286 84
7	-0.709 449 65	-0.634 989 49	-0.275 276 31	23	0.014 655 73	-0.902 444 16	-0.391 219 44
8	-0.697 054 64	-0.646 127 36	-0.280 105 39	24	0.032 141 83	-0.902 006 61	-0.391 029 88
9	-0.684 448 50	-0.657 070 05	-0.284 849 75	25	0.049 617 08	-0.901 287 08	-0.390 718 25
10	-0.671 634 52	-0.667 814 23	-0.289 507 92	26	0.067 075 67	-0.900 286 00	-0.390 284 71
11	-0.658 616 11	-0.678 356 50	-0.294 078 43	27	0.084 511 88	-0.899 003 96	-0.389 729 51
12	-0.645 396 73	-0.688 693 48	-0.298 559 77	28	0.101 920 10	-0.897 441 73	-0.389 052 94
13	-0.631 979 96	-0.698 821 77	-0.302 950 50	29	0.119 294 84	-0.895 600 15	-0.388 255 32
14	-0.618 369 48	-0.708 737 97	-0.307 249 14	30	0.136 630 75	-0.893 480 19	-0.387 337 04
15	-0.604 569 09	-0.718 438 73	-0.311 454 24	31	0.153 922 58	-0.891 082 83	-0.386 298 48
16	-0.590 582 68	-0.727 920 71	-0.315 564 39	32	0.171 165 17	-0.888 409 12	-0.385 140 05
17	-0.576 414 27	-0.737 180 62	-0.319 578 16	33	0.188 353 43	-0.885 460 11	-0.383 862 19

LUNE

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

LUNE 2014 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	17 11 52.553	-19 30 33.59	360376.148	Janv. 11 0	3 26 53.161	17 5 57.61	397522.427
6	17 27 49.407	-19 32 7.84	359535.918	6	3 39 33.674	17 34 48.23	398432.752
12	17 43 50.483	-19 28 26.61	358805.289	12	3 52 15.019	18 0 31.18	399291.318
18	17 59 54.115	-19 19 27.33	358189.167	18	4 4 57.058	18 23 3.45	400098.184
1 0	18 15 58.609	-19 5 10.18	357691.649	12 0	4 17 39.610	18 42 22.48	400853.606
6	18 32 2.278	-18 45 38.14	357315.963	6	4 30 22.452	18 58 26.19	401558.015
12	18 48 3.487	-18 20 57.02	357064.427	12	4 43 5.326	19 11 13.04	402211.986
18	19 4 0.680	-17 51 15.32	356938.412	18	4 55 47.942	19 20 41.96	402816.215
2 0	19 19 52.421	-17 16 44.05	356938.331	13 0	5 8 29.984	19 26 52.48	403371.489
6	19 35 37.414	-16 37 36.57	357063.630	6	5 21 11.119	19 29 44.65	403878.666
12	19 51 14.526	-15 54 8.23	357312.804	12	5 33 51.001	19 29 19.07	404338.646
18	20 6 42.800	-15 6 36.14	357683.423	18	5 46 29.280	19 25 36.93	404752.350
3 0	20 22 1.462	-14 15 18.80	358172.172	14 0	5 59 5.606	19 18 39.97	405120.700
6	20 37 9.920	-13 20 35.77	358774.903	6	6 11 39.637	19 8 30.48	405444.595
12	20 52 7.766	-12 22 47.36	359486.702	12	6 24 11.049	18 55 11.28	405724.895
18	21 6 54.757	-11 22 14.31	360301.959	18	6 36 39.536	18 38 45.73	405962.400
4 0	21 21 30.813	-10 19 17.51	361214.451	15 0	6 49 4.819	18 19 17.68	406157.842
6	21 35 55.996	-9 14 17.73	362217.428	6	7 1 26.651	17 56 51.43	406311.863
12	21 50 10.497	-8 7 35.44	363303.703	12	7 13 44.822	17 31 31.76	406425.007
18	22 4 14.617	-6 59 30.58	364465.742	18	7 25 59.160	17 3 23.81	406497.714
5 0	22 18 8.752	-5 50 22.46	365695.757	16 0	7 38 9.536	16 32 33.12	406530.305
6	22 31 53.378	-4 40 29.63	366985.796	6	7 50 15.864	15 59 5.56	406522.984
12	22 45 29.032	-3 30 9.79	368327.824	12	8 2 18.107	15 23 7.27	406475.831
18	22 58 56.302	-2 19 39.76	369713.808	18	8 14 16.273	14 44 44.67	406388.803
6 0	23 12 15.811	-1 9 15.44	371135.791	17 0	8 26 10.417	14 4 4.40	406261.734
6	23 25 28.207	0 0 48.16	372585.958	6	8 38 0.641	13 21 13.29	406094.342
12	23 38 34.152	1 10 16.97	374056.703	12	8 49 47.093	12 36 18.32	405886.230
18	23 51 34.310	2 18 57.75	375540.678	18	9 1 29.967	11 49 26.60	405636.899
7 0	0 4 29.346	3 26 38.13	377030.843	18 0	9 13 9.499	11 0 45.33	405345.755
6	0 17 19.911	4 33 6.51	378520.502	6	9 24 45.968	10 10 21.83	405012.123
12	0 30 6.640	5 38 12.03	380003.343	12	9 36 19.693	9 18 23.45	404635.261
18	0 42 50.143	6 41 44.53	381473.452	18	9 47 51.030	8 24 57.59	404214.377
8 0	0 55 31.005	7 43 34.48	382925.344	19 0	9 59 20.373	7 30 11.71	403748.645
6	1 8 9.776	8 43 32.94	384353.965	6	10 10 48.149	6 34 13.30	403237.224
12	1 20 46.970	9 41 31.51	385754.706	12	10 22 14.818	5 37 9.89	402679.284
18	1 33 23.063	10 37 22.29	387123.402	18	10 33 40.870	4 39 9.04	402074.022
9 0	1 45 58.483	11 30 57.86	388456.330	20 0	10 45 6.823	3 40 18.37	401420.690
6	1 58 33.617	12 22 11.22	389750.201	6	10 56 33.223	2 40 45.56	400718.619
12	2 11 8.800	13 10 55.77	391002.152	12	11 8 0.638	1 40 38.37	399967.242
18	2 23 44.317	13 57 5.31	392209.727	18	11 19 29.661	0 40 4.65	399166.123
10 0	2 36 20.401	14 40 34.05	393370.864	21 0	11 31 0.902	-0 20 47.60	398314.983
6	2 48 57.229	15 21 16.52	394483.876	6	11 42 34.994	-1 21 50.27	397413.726
12	3 1 34.928	15 59 7.66	395547.427	12	11 54 12.581	-2 22 55.04	396462.466
18	3 14 13.567	16 34 2.79	396560.511	18	12 5 54.324	-3 23 53.37	395461.557

LUNE 2014 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.	22 0	12 17 40.891	- 4 24 36.50	394 411.614	Févr.	2 0	22 49 53.813	- 3 19 26.27	363 423.144
	6	12 29 32.960	- 5 24 55.36	393 313.544		6	23 3 46.792	- 2 7 12.53	364 621.188
	12	12 41 31.211	- 6 24 40.56	392 168.568		12	23 17 32.530	- 0 55 3.02	365 896.299
	18	12 53 36.321	- 7 23 42.37	390 978.247		18	23 31 11.487	0 16 44.77	367 240.477
	23 0	13 5 48.963	- 8 21 50.65	389 744.500	3 0	23 44 44.148	1 27 54.26	368 645.467	
	6	13 18 9.796	- 9 18 54.84	388 469.628	6	23 58 11.012	2 38 9.90	370 102.852	
	12	13 30 39.461	-10 14 43.94	387 156.330	12	0 11 32.584	3 47 17.12	371 604.129	
	18	13 43 18.570	-11 9 6.45	385 807.720	18	0 24 49.368	4 55 2.35	373 140.798	
	24 0	13 56 7.703	-12 1 50.42	384 427.335	4 0	0 38 1.857	6 1 13.00	374 704.427	
	6	14 9 7.390	-12 52 43.39	383 019.147	6	0 51 10.532	7 5 37.40	376 286.728	
	12	14 22 18.111	-13 41 32.44	381 587.568	12	1 4 15.851	8 8 4.83	377 879.615	
	18	14 35 40.272	-14 28 4.21	380 137.446	18	1 17 18.248	9 8 25.40	379 475.259	
	25 0	14 49 14.205	-15 12 4.92	378 674.063	5 0	1 30 18.128	10 6 30.08	381 066.138	
	6	15 3 0.147	-15 53 20.50	377 203.123	6	1 43 15.862	11 2 10.59	382 645.078	
	12	15 16 58.229	-16 31 36.60	375 730.736	12	1 56 11.788	11 55 19.39	384 205.283	
	18	15 31 8.468	-17 6 38.79	374 263.394	18	2 9 6.203	12 45 49.63	385 740.371	
	26 0	15 45 30.749	-17 38 12.65	372 807.942	6 0	2 21 59.366	13 33 35.13	387 244.390	
	6	16 0 4.821	-18 6 3.95	371 371.541	6	2 34 51.494	14 18 30.29	388 711.836	
	12	16 14 50.284	-18 29 58.87	369 961.623	12	2 47 42.763	15 0 30.11	390 137.663	
	18	16 29 46.592	-18 49 44.19	368 585.840	18	3 0 33.305	15 39 30.12	391 517.292	
	27 0	16 44 53.041	-19 5 7.56	367 252.006	7 0	3 13 23.212	16 15 26.40	392 846.610	
	6	17 0 8.786	-19 15 57.73	365 968.029	6	3 26 12.532	16 48 15.52	394 121.969	
	12	17 15 32.837	-19 22 4.78	364 741.840	12	3 39 1.274	17 17 54.54	395 340.179	
	18	17 31 4.079	-19 23 20.44	363 581.315	18	3 51 49.409	17 44 20.98	396 498.500	
	28 0	17 46 41.287	-19 19 38.26	362 494.191	8 0	4 4 36.872	18 7 32.86	397 594.631	
	6	18 2 23.152	-19 10 53.86	361 487.978	6	4 17 23.562	18 27 28.60	398 626.695	
	12	18 18 8.299	-18 57 5.10	360 569.870	12	4 30 9.352	18 44 7.14	399 593.220	
	18	18 33 55.325	-18 38 12.20	359 746.656	18	4 42 54.085	18 57 27.80	400 493.126	
	29 0	18 49 42.822	-18 14 17.84	359 024.628	9 0	4 55 37.583	19 7 30.40	401 325.703	
	6	19 5 29.408	-17 45 27.18	358 409.497	6	5 8 19.651	19 14 15.17	402 090.587	
	12	19 21 13.758	-17 11 47.84	357 906.309	12	5 21 0.079	19 17 42.79	402 787.742	
	18	19 36 54.627	-16 33 29.80	357 519.371	18	5 33 38.650	19 17 54.37	403 417.437	
	30 0	19 52 30.876	-15 50 45.29	357 252.183	10 0	5 46 15.141	19 14 51.46	403 980.218	
	6	20 8 1.485	-15 3 48.56	357 107.386	6	5 58 49.334	19 8 36.03	404 476.886	
	12	20 23 25.571	-14 12 55.68	357 086.715	12	6 11 21.013	18 59 10.47	404 908.475	
	18	20 38 42.393	-13 18 24.33	357 190.970	18	6 23 49.976	18 46 37.57	405 276.222	
	31 0	20 53 51.359	-12 20 33.44	357 419.998	11 0	6 36 16.033	18 31 0.55	405 581.546	
	6	21 8 52.019	-11 19 42.97	357 772.693	6	6 48 39.015	18 12 22.97	405 826.021	
	12	21 23 44.068	-10 16 13.62	358 247.007	12	7 0 58.775	17 50 48.81	406 011.349	
	18	21 38 27.334	- 9 10 26.54	358 839.980	18	7 13 15.190	17 26 22.38	406 139.340	
Févr.	1 0	21 53 1.766	- 8 2 43.06	359 547.776	12 0	7 25 28.168	16 59 8.35	406 211.887	
	6	22 7 27.427	- 6 53 24.50	360 365.739	6	7 37 37.645	16 29 11.70	406 230.937	
	12	22 21 44.479	- 5 42 51.88	361 288.455	12	7 49 43.592	15 56 37.72	406 198.475	
	18	22 35 53.168	- 4 31 25.80	362 309.825	18	8 1 46.010	15 21 32.01	406 116.499	

LUNE 2014 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
Févr.13 0	8 13 44.939	14 44 0.42	405 987.000	Févr. 24 0	17 25 15.663	-19 10 1.49	370 445.876
	6 8 25 40.449	14 4 9.07	405 811.939		6 17 40 14.991	-19 8 50.31	369 362.195
	12 8 37 32.649	13 22 4.31	405 593.234		12 17 55 19.159	-19 3 3.35	368 312.310
	18 8 49 21.680	12 37 52.70	405 332.737		18 18 10 27.223	-18 52 37.56	367 302.230
14 0	9 1 7.720	11 51 41.04	405 032.225	25 0	18 25 38.201	-18 37 31.54	366 338.080
	6 9 12 50.978	11 3 36.28	404 693.381		6 18 40 51.095	-18 17 45.66	365 426.050
	12 9 24 31.695	10 13 45.58	404 317.782		12 18 56 4.907	-17 53 22.12	364 572.331
	18 9 36 10.147	9 22 16.26	403 906.895		18 19 11 18.661	-17 24 24.95	363 783.047
15 0	9 47 46.635	8 29 15.78	403 462.060	26 0	19 26 31.419	-16 51 0.09	363 064.189
	6 9 59 21.492	7 34 51.77	402 984.494		6 19 41 42.295	-16 13 15.29	362 421.537
	12 10 10 55.077	6 39 11.98	402 475.278		12 19 56 50.475	-15 31 20.12	361 860.591
	18 10 22 27.775	5 42 24.32	401 935.364		18 20 11 55.222	-14 45 25.83	361 386.493
16 0	10 33 59.995	4 44 36.83	401 365.571	27 0	20 26 55.892	-13 55 45.30	361 003.955
	6 10 45 32.166	3 45 57.66	400 766.588		6 20 41 51.934	-13 2 32.84	360 717.188
	12 10 57 4.741	2 46 35.11	400 138.984		12 20 56 42.897	-12 6 4.12	360 529.837
	18 11 8 38.191	1 46 37.63	399 483.213		18 21 11 28.429	-11 6 35.92	360 444.920
17 0	11 20 13.004	0 46 13.77	398 799.625	28 0	21 26 8.275	-10 4 26.01	360 464.774
	6 11 31 49.681	- 0 14 27.73	398 088.479		6 21 40 42.275	- 8 59 52.93	360 591.014
	12 11 43 28.741	- 1 15 18.01	397 349.958		12 21 55 10.354	- 7 53 15.82	360 824.496
	18 11 55 10.708	- 2 16 8.03	396 584.186		18 22 9 32.520	- 6 44 54.25	361 165.292
18 0	12 6 56.121	- 3 16 48.59	395 791.245	Mars 1 0	22 23 48.851	- 5 35 7.98	361 612.680
	6 12 18 45.519	- 4 17 10.29	394 971.200		6 22 37 59.487	- 4 24 16.86	362 165.143
	12 12 30 39.448	- 5 17 3.55	394 124.117		12 22 52 4.625	- 3 12 40.60	362 820.374
	18 12 42 38.452	- 6 16 18.58	393 250.088		18 23 6 4.502	- 2 0 38.67	363 575.306
19 0	12 54 43.072	- 7 14 45.37	392 349.257	2 0	23 19 59.392	- 0 48 30.10	364 426.136
	6 13 6 53.840	- 8 12 13.70	391 421.843		6 23 33 49.595	0 23 26.55	365 368.371
	12 13 19 11.275	- 9 8 33.09	390 468.169		12 23 47 35.425	1 34 53.41	366 396.877
	18 13 31 35.880	-10 3 32.84	389 488.689		18 0 1 17.209	2 45 33.29	367 505.937
20 0	13 44 8.133	-10 57 2.01	388 484.012	3 0	0 14 55.273	3 55 9.82	368 689.314
	6 13 56 48.483	-11 48 49.42	387 454.931		6 0 28 29.939	5 3 27.50	369 940.322
	12 14 9 37.342	-12 38 43.65	386 402.448		12 0 42 1.517	6 10 11.72	371 251.893
	18 14 22 35.079	-13 26 33.11	385 327.799		18 0 55 30.300	7 15 8.81	372 616.651
21 0	14 35 42.012	-14 12 6.00	384 232.479	4 0	1 8 56.561	8 18 6.06	374 026.988
	6 14 48 58.400	-14 55 10.39	383 118.262		6 1 22 20.546	9 18 51.74	375 475.135
	12 15 2 24.433	-15 35 34.27	381 987.221		12 1 35 42.473	10 17 15.07	376 953.232
	18 15 16 0.228	-16 13 5.57	380 841.748		18 1 49 2.528	11 13 6.23	378 453.394
22 0	15 29 45.819	-16 47 32.30	379 684.564	5 0	2 2 20.864	12 6 16.36	379 967.780
	6 15 43 41.148	-17 18 42.58	378 518.733		6 2 15 37.599	12 56 37.49	381 488.649
	12 15 57 46.066	-17 46 24.81	377 347.667		12 2 28 52.816	13 44 2.58	383 008.417
	18 16 12 0.320	-18 10 27.72	376 175.128		18 2 42 6.561	14 28 25.42	384 519.703
23 0	16 26 23.555	-18 30 40.55	375 005.229	6 0	2 55 18.848	15 9 40.66	386 015.382
	6 16 40 55.315	-18 46 53.19	373 842.422		6 3 8 29.655	15 47 43.75	387 488.618
	12 16 55 35.039	-18 58 56.29	372 691.488		12 3 21 38.931	16 22 30.89	388 932.901
	18 17 10 22.070	-19 6 41.48	371 557.515		18 3 34 46.592	16 53 59.03	390 342.078

LUNE 2014 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km
Mars 7 0	3 47 52.532	17 22 5.81	391 710.375	Mars 18 0	12 42 36.185	- 6 10 35.44	391 397.003
6	4 0 56.617	17 46 49.53	393 032.420	6	12 54 51.076	- 7 9 20.53	390 553.436
12	4 13 58.699	18 8 9.12	394 303.258	12	13 7 12.097	- 8 7 5.82	389 707.576
18	4 26 58.609	18 26 4.11	395 518.362	18	13 19 39.647	- 9 3 39.93	388 860.536
8 0	4 39 56.171	18 40 34.57	396 673.643	19 0	13 32 14.099	- 9 58 51.30	388 013.276
6	4 52 51.201	18 51 41.12	397 765.451	6	13 44 55.791	-10 52 28.18	387 166.620
12	5 5 43.510	18 59 24.86	398 790.581	12	13 57 45.023	-11 44 18.71	386 321.267
18	5 18 32.913	19 3 47.36	399 746.269	18	14 10 42.051	-12 34 10.94	385 477.815
9 0	5 31 19.232	19 4 50.62	400 630.188	20 0	14 23 47.079	-13 21 52.88	384 636.778
6	5 44 2.296	19 2 37.04	401 440.443	6	14 37 0.256	-14 7 12.55	383 798.606
12	5 56 41.950	18 57 9.40	402 175.562	12	14 50 21.669	-14 49 58.08	382 963.714
18	6 9 18.055	18 48 30.82	402 834.484	18	15 3 51.335	-15 29 57.72	382 132.499
10 0	6 21 50.494	18 36 44.75	403 416.549	21 0	15 17 29.203	-16 6 59.96	381 305.375
6	6 34 19.171	18 21 54.94	403 921.483	6	15 31 15.144	-16 40 53.61	380 482.789
12	6 46 44.016	18 4 5.39	404 349.382	12	15 45 8.951	-17 11 27.89	379 665.254
18	6 59 4.988	17 43 20.40	404 700.699	18	15 59 10.336	-17 38 32.52	378 853.374
11 0	7 11 22.072	17 19 44.45	404 976.223	22 0	16 13 18.931	-18 1 57.85	378 047.865
6	7 23 35.284	16 53 22.30	405 177.060	6	16 27 34.292	-18 21 34.91	377 249.583
12	7 35 44.671	16 24 18.88	405 304.616	12	16 41 55.899	-18 37 15.57	376 459.543
18	7 47 50.310	15 52 39.33	405 360.574	18	16 56 23.161	-18 48 52.61	375 678.942
12 0	7 59 52.308	15 18 28.96	405 346.876	23 0	17 10 55.429	-18 56 19.85	374 909.171
6	8 11 50.804	14 41 53.29	405 265.695	6	17 25 31.999	-18 59 32.19	374 151.836
12	8 23 45.965	14 2 57.98	405 119.419	12	17 40 12.129	-18 58 25.74	373 408.763
18	8 35 37.988	13 21 48.90	404 910.622	18	17 54 55.046	-18 52 57.89	372 682.011
13 0	8 47 27.099	12 38 32.05	404 642.046	24 0	18 9 39.961	-18 43 7.32	371 973.867
6	8 59 13.548	11 53 13.65	404 316.570	6	18 24 26.085	-18 28 54.10	371 286.853
12	9 10 57.615	11 6 0.07	403 937.195	12	18 39 12.642	-18 10 19.68	370 623.712
18	9 22 39.600	10 16 57.86	403 507.009	18	18 53 58.878	-17 47 26.91	369 987.403
14 0	9 34 19.831	9 26 13.76	403 029.172	25 0	19 8 44.081	-17 20 20.04	369 381.083
6	9 45 58.653	8 33 54.73	402 506.887	6	19 23 27.589	-16 49 4.70	368 808.081
12	9 57 36.435	7 40 7.88	401 943.377	12	19 38 8.797	-16 13 47.84	368 271.881
18	10 9 13.562	6 45 0.59	401 341.860	18	19 52 47.171	-15 34 37.71	367 776.083
15 0	10 20 50.437	5 48 40.42	400 705.533	26 0	20 7 22.249	-14 51 43.79	367 324.370
6	10 32 27.481	4 51 15.17	400 037.541	6	20 21 53.647	-14 5 16.71	366 920.470
12	10 44 5.126	3 52 52.88	399 340.961	12	20 36 21.061	-13 15 28.18	366 568.109
18	10 55 43.817	2 53 41.83	398 618.786	18	20 50 44.267	-12 22 30.89	366 270.966
16 0	11 7 24.011	1 53 50.56	397 873.897	27 0	21 5 3.120	-11 26 38.44	366 032.624
6	11 19 6.172	0 53 27.87	397 109.058	6	21 19 17.550	-10 28 5.24	365 856.517
12	11 30 50.771	- 0 7 17.19	396 326.892	12	21 33 27.555	- 9 27 6.40	365 745.879
18	11 42 38.285	- 1 8 15.27	395 529.873	18	21 47 33.201	- 8 23 57.66	365 703.693
17 0	11 54 29.189	- 2 9 16.78	394 720.317	28 0	22 1 34.609	- 7 18 55.25	365 732.638
6	12 6 23.962	- 3 10 11.84	393 900.369	6	22 15 31.953	- 6 12 15.83	365 835.042
12	12 18 23.076	- 4 10 50.29	393 072.000	12	22 29 25.451	- 5 4 16.36	366 012.837
18	12 30 26.998	- 5 11 1.72	392 237.005	18	22 43 15.354	- 3 55 14.05	366 267.512

LUNE 2014 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
Mars	29 0	22 57 1.943	- 2 45 26.19	366600.082	Avril	9 0	8 32 10.661	13 27 59.48	404408.261
	6	23 10 45.518	- 1 35 10.10	367011.055		6	8 43 59.158	12 45 36.69	404249.798
	12	23 24 26.390	- 0 24 43.05	367500.404		12	8 55 44.552	12 1 13.10	404015.285
	18	23 38 4.877	0 45 37.87	368067.554		18	9 7 27.214	11 14 54.76	403706.805
	30 0	23 51 41.294	1 55 35.84	368711.367		10 0	9 19 7.538	10 26 47.78	403326.763
	6	0 5 15.944	3 4 54.35	369430.142		6	9 30 45.942	9 36 58.40	402877.870
	12	0 18 49.117	4 13 17.36	370221.616		12	9 42 22.865	8 45 32.97	402363.124
	18	0 32 21.082	5 20 29.28	371082.979		18	9 53 58.767	7 52 37.98	401785.790
	31 0	0 45 52.079	6 26 15.15	372010.890		11 0	10 5 34.123	6 58 20.10	401149.382
	6	0 59 22.320	7 30 20.62	373001.504		6	10 17 9.426	6 2 46.16	400457.637
	12	1 12 51.977	8 32 32.08	374050.502		12	10 28 45.178	5 6 3.24	399714.494
	18	1 26 21.186	9 32 36.67	375153.130		18	10 40 21.897	4 8 18.64	398924.070
Avril	1 0	1 39 50.041	10 30 22.34	376304.236	12 0	10 52 0.108	3 9 39.94	398090.632	
	6	1 53 18.591	11 25 37.91	377498.319	6	11 3 40.343	2 10 15.04	397218.570	
	12	2 6 46.843	12 18 13.11	378729.576	12	11 15 23.139	1 10 12.12	396312.373	
	18	2 20 14.756	13 7 58.55	379991.949	18	11 27 9.036	0 9 39.76	395376.594	
	2 0	2 33 42.247	13 54 45.83	381279.180	13 0	11 38 58.573	- 0 51 13.12	394415.826	
	6	2 47 9.188	14 38 27.47	382584.861	6	11 50 52.287	- 1 52 17.20	393434.672	
	12	3 0 35.412	15 18 56.97	383902.482	12	12 2 50.708	- 2 53 22.75	392437.710	
	18	3 14 0.715	15 56 8.77	385225.487	18	12 14 54.354	- 3 54 19.62	391429.469	
	3 0	3 27 24.860	16 29 58.26	386547.320	14 0	12 27 3.732	- 4 54 57.24	390414.396	
	6	3 40 47.579	17 0 21.77	387861.469	6	12 39 19.328	- 5 55 4.62	389396.828	
	12	3 54 8.584	17 27 16.52	389161.516	12	12 51 41.607	- 6 54 30.33	388380.963	
	18	4 7 27.568	17 50 40.60	390441.174	18	13 4 11.003	- 7 53 2.56	387370.838	
4 0	4 20 44.212	18 10 32.96	391694.329	15 0	13 16 47.915	- 8 50 29.13	386370.295		
6	4 33 58.193	18 26 53.30	392915.075	6	13 29 32.704	- 9 46 37.50	385382.966		
12	4 47 9.191	18 39 42.12	394097.745	12	13 42 25.682	-10 41 14.85	384412.251		
18	5 0 16.891	18 49 0.57	395236.941	18	13 55 27.105	-11 34 8.09	383461.296		
5 0	5 13 20.992	18 54 50.47	396327.564	16 0	14 8 37.169	-12 25 3.98	382532.981		
6	5 26 21.215	18 57 14.22	397364.832	6	14 21 56.003	-13 13 49.18	381629.908		
12	5 39 17.304	18 56 14.76	398344.301	12	14 35 23.659	-14 0 10.35	380754.394		
18	5 52 9.032	18 51 55.49	399261.887	18	14 49 0.109	-14 43 54.23	379908.462		
6 0	6 4 56.205	18 44 20.26	400113.874	17 0	15 2 45.239	-15 24 47.80	379093.844		
6	6 17 38.667	18 33 33.27	400896.931	6	15 16 38.843	-16 2 38.34	378311.985		
12	6 30 16.298	18 19 39.03	401608.118	12	15 30 40.624	-16 37 13.63	377564.044		
18	6 42 49.023	18 2 42.35	402244.893	18	15 44 50.188	-17 8 22.02	376850.912		
7 0	6 55 16.805	17 42 48.25	402805.120	18 0	15 59 7.049	-17 35 52.59	376173.220		
6	7 7 39.652	17 20 1.92	403287.068	6	16 13 30.632	-17 59 35.32	375531.359		
12	7 19 57.612	16 54 28.75	403689.412	12	16 28 0.276	-18 19 21.15	374925.503		
18	7 32 10.778	16 26 14.22	404011.235	18	16 42 35.244	-18 35 2.18	374355.628		
8 0	7 44 19.281	15 55 23.92	404252.021	19 0	16 57 14.736	-18 46 31.70	373821.541		
6	7 56 23.294	15 22 3.53	404411.651	6	17 11 57.896	-18 53 44.37	373322.904		
12	8 8 23.025	14 46 18.78	404490.401	12	17 26 43.831	-18 56 36.22	372859.269		
18	8 20 18.721	14 8 15.47	404488.926	18	17 41 31.626	-18 55 4.76	372430.100		

LUNE 2014 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km
Avril 20	0 17 56 20.361	-18 49 8.96	372 034.811	Mai 1	0 4 0 33.792	17 39 1.29	389 335.991
	6 18 11 9.126	-18 38 49.33	371 672.791		6 4 13 57.582	18 0 53.37	390 413.990
	12 18 25 57.040	-18 24 7.84	371 343.431		12 4 27 19.707	18 19 11.76	391 484.892
	18 18 40 43.266	-18 5 7.91	371 046.160		18 4 40 39.698	18 33 55.73	392 543.730
21	0 18 55 27.027	-17 41 54.37	370 780.461	2	0 4 53 57.091	18 45 5.41	393 585.502
	6 19 10 7.614	-17 14 33.36	370 545.902		6 5 7 11.426	18 52 41.79	394 605.205
	12 19 24 44.401	-16 43 12.26	370 342.154		12 5 20 22.263	18 56 46.64	395 597.865
	18 19 39 16.849	-16 7 59.60	370 169.007		18 5 33 29.184	18 57 22.48	396 558.572
22	0 19 53 44.514	-15 29 4.94	370 026.386	3	0 5 46 31.807	18 54 32.47	397 482.510
	6 20 8 7.049	-14 46 38.77	369 914.360		6 5 59 29.786	18 48 20.41	398 364.988
	12 20 22 24.201	-14 0 52.40	369 833.152		12 6 12 22.820	18 38 50.62	399 201.466
	18 20 36 35.815	-13 11 57.87	369 783.134		18 6 25 10.655	18 26 7.91	399 987.588
23	0 20 50 41.827	-12 20 7.85	369 764.831	4	0 6 37 53.093	18 10 17.46	400 719.202
	6 21 4 42.258	-11 25 35.52	369 778.911		6 6 50 29.986	17 51 24.79	401 392.388
	12 21 18 37.210	-10 28 34.52	369 826.177		12 7 3 1.246	17 29 35.72	402 003.478
	18 21 32 26.857	-9 29 18.85	369 907.549		18 7 15 26.839	17 4 56.25	402 549.078
24	0 21 46 11.439	-8 28 2.80	370 024.050	5	0 7 27 46.786	16 37 32.53	403 026.089
	6 21 59 51.250	-7 25 0.92	370 176.778		6 7 40 1.167	16 7 30.86	403 431.720
	12 22 13 26.634	-6 20 27.91	370 366.889		12 7 52 10.112	15 34 57.58	403 763.510
	18 22 26 57.974	-5 14 38.63	370 595.559		18 8 4 13.802	14 59 59.06	404 019.334
25	0 22 40 25.682	-4 7 47.99	370 863.965	6	0 8 16 12.470	14 22 41.71	404 197.424
	6 22 53 50.193	-3 0 10.99	371 173.244		6 8 28 6.392	13 43 11.88	404 296.374
	12 23 7 11.957	-1 52 2.59	371 524.466		12 8 39 55.888	13 1 35.95	404 315.151
	18 23 20 31.430	-0 43 37.76	371 918.597		18 8 51 41.317	12 18 0.21	404 253.104
26	0 23 33 49.066	0 24 48.63	372 356.470	7	0 9 3 23.077	11 32 30.96	404 109.968
	6 23 47 5.311	1 33 1.81	372 838.746		6 9 15 1.599	10 45 14.46	403 885.869
	12 0 0 20.597	2 40 47.16	373 365.890		12 9 26 37.346	9 56 16.93	403 581.327
	18 0 13 35.332	3 47 50.22	373 938.135		18 9 38 10.807	9 5 44.63	403 197.259
27	0 0 26 49.898	4 53 56.81	374 555.461	8	0 9 49 42.499	8 13 43.80	402 734.976
	6 0 40 4.642	5 58 53.00	375 217.568		6 10 1 12.962	7 20 20.74	402 196.181
	12 0 53 19.873	7 2 25.19	375 923.854		12 10 12 42.757	6 25 41.83	401 582.967
	18 1 6 35.855	8 4 20.17	376 673.402		18 10 24 12.463	5 29 53.56	400 897.809
28	0 1 19 52.805	9 4 25.18	377 464.965	9	0 10 35 42.675	4 33 2.53	400 143.558
	6 1 33 10.884	10 2 27.95	378 296.959		6 10 47 14.002	3 35 15.55	399 323.430
	12 1 46 30.203	10 58 16.73	379 167.458		12 10 58 47.065	2 36 39.64	398 440.996
	18 1 59 50.811	11 51 40.43	380 074.196		18 11 10 22.496	1 37 22.08	397 500.164
29	0 2 13 12.699	12 42 28.60	381 014.569	10	0 11 22 0.932	0 37 30.43	396 505.168
	6 2 26 35.799	13 30 31.51	381 985.647		6 11 33 43.013	-0 22 47.37	395 460.545
	12 2 39 59.983	14 15 40.22	382 984.188		12 11 45 29.383	-1 23 23.03	394 371.116
	18 2 53 25.064	14 57 46.60	384 006.652		18 11 57 20.683	-2 24 7.81	393 241.961
30	0 3 6 50.801	15 36 43.38	385 049.222	11	0 12 9 17.547	-3 24 52.53	392 078.394
	6 3 20 16.901	16 12 24.21	386 107.832		6 12 21 20.599	-4 25 27.52	390 885.934
	12 3 33 43.025	16 44 43.64	387 178.185		12 12 33 30.449	-5 25 42.57	389 670.274
	18 3 47 8.793	17 13 37.18	388 255.791		18 12 45 47.686	-6 25 26.95	388 437.247

LUNE 2014 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
Mai 12 0	12 58 12.871	- 7 24 29.36	387192.789	Mai 23 0	23 21 12.665	- 0 44 45.76	374164.752
	6 13 10 46.533	- 8 22 37.95	385942.904		6 23 34 17.534	0 22 43.74	374828.080
	12 13 23 29.159	- 9 19 40.33	384693.621		12 23 47 20.033	1 29 55.78	375508.709
	18 13 36 21.187	-10 15 23.58	383450.953		18 0 0 20.723	2 36 37.29	376205.808
13 0	13 49 22.994	-11 9 34.28	382220.857	24 0	0 13 20.146	3 42 35.45	376918.670
	6 14 2 34.892	-12 1 58.59	381009.186		6 0 26 18.819	4 47 37.71	377646.693
	12 14 15 57.113	-12 52 22.31	379821.649		12 0 39 17.229	5 51 31.82	378389.357
	18 14 29 29.802	-13 40 30.95	378663.765		18 0 52 15.824	6 54 5.79	379146.199
14 0	14 43 13.005	-14 26 9.87	377540.821	25 0	1 5 15.009	7 55 7.93	379916.789
	6 14 57 6.665	-15 9 4.43	376457.829		6 1 18 15.144	8 54 26.87	380700.706
	12 15 11 10.607	-15 49 0.07	375419.488		12 1 31 16.535	9 51 51.59	381497.514
	18 15 25 24.539	-16 25 42.55	374430.148		18 1 44 19.434	10 47 11.43	382306.732
15 0	15 39 48.040	-16 58 58.10	373493.776	26 0	1 57 24.030	11 40 16.14	383127.818
	6 15 54 20.568	-17 28 33.62	372613.924		6 2 10 30.452	12 30 55.91	383960.138
	12 16 9 1.452	-17 54 16.86	371793.709		12 2 23 38.764	13 19 1.41	384802.952
	18 16 23 49.904	-18 15 56.66	371035.792		18 2 36 48.964	14 4 23.87	385655.392
16 0	16 38 45.025	-18 33 23.10	370342.360	27 0	2 50 0.981	14 46 55.08	386516.444
	6 16 53 45.818	-18 46 27.71	369715.123		6 3 3 14.681	15 26 27.47	387384.936
	12 17 8 51.204	-18 55 3.61	369155.313		12 3 16 29.864	16 2 54.16	388259.524
	18 17 24 0.040	-18 59 5.65	368663.681		18 3 29 46.270	16 36 8.98	389138.685
17 0	17 39 11.144	-18 58 30.50	368240.515	28 0	3 43 3.580	17 6 6.55	390020.707
	6 17 54 23.314	-18 53 16.73	367885.651		6 3 56 21.426	17 32 42.29	390903.689
	12 18 9 35.356	-18 43 24.83	367598.499		12 4 9 39.392	17 55 52.47	391785.541
	18 18 24 46.106	-18 28 57.17	367378.067		18 4 22 57.025	18 15 34.22	392663.981
18 0	18 39 54.453	-18 9 57.99	367222.995	29 0	4 36 13.843	18 31 45.53	393536.547
	6 18 54 59.362	-17 46 33.28	367131.587		6 4 49 29.344	18 44 25.30	394400.599
	12 19 9 59.888	-17 18 50.67	367101.855		12 5 2 43.014	18 53 33.28	395253.332
	18 19 24 55.192	-16 46 59.28	367131.556		18 5 15 54.338	18 59 10.07	396091.790
19 0	19 39 44.557	-16 11 9.58	367218.238	30 0	5 29 2.809	19 1 17.12	396912.875
	6 19 54 27.386	-15 31 33.21	367359.282		6 5 42 7.939	18 59 56.64	397713.372
	12 20 9 3.212	-14 48 22.78	367551.946		12 5 55 9.266	18 55 11.60	398489.959
	18 20 23 31.697	-14 1 51.73	367793.410		18 6 8 6.362	18 47 5.64	399239.233
20 0	20 37 52.629	-13 12 14.13	368080.813	31 0	6 20 58.842	18 35 43.02	399957.728
	6 20 52 5.912	-12 19 44.54	368411.297		6 6 33 46.366	18 21 8.59	400641.938
	12 21 6 11.566	-11 24 37.85	368782.043		12 6 46 28.651	18 3 27.64	401288.341
	18 21 20 9.713	-10 27 9.19	369190.301		18 6 59 5.466	17 42 45.92	401893.422
21 0	21 34 0.567	- 9 27 33.76	369633.421	Juin 1 0	7 11 36.643	17 19 9.51	402453.696
	6 21 47 44.425	- 8 26 6.79	370108.881		6 7 24 2.072	16 52 44.79	402965.733
	12 22 1 21.654	- 7 23 3.42	370614.304		12 7 36 21.706	16 23 38.35	403426.183
	18 22 14 52.682	- 6 18 38.67	371147.477		18 7 48 35.557	15 51 56.95	403831.801
22 0	22 28 17.987	- 5 13 7.38	371706.364	2 0	8 0 43.699	15 17 47.45	404179.468
	6 22 41 38.083	- 4 6 44.18	372289.111		6 8 12 46.261	14 41 16.78	404466.218
	12 22 54 53.517	- 2 59 43.46	372894.050		12 8 24 43.431	14 2 31.89	404689.259
	18 23 8 4.852	- 1 52 19.36	373519.697		18 8 36 35.446	13 21 39.73	404845.995

LUNE 2014 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
Juin 3 0	8 48 22.597	12 38 47.18	404934.052	Juin 14 0	18 17 56.137	-18 40 24.28	363072.272
	6 9 0 5.217	11 54 1.11	404951.295		6 18 33 30.461	-18 23 30.95	362679.230
	12 9 11 43.688	11 7 28.27	404895.848		12 18 49 2.898	-18 1 51.95	362383.030
	18 9 23 18.427	10 19 15.38	404766.116		18 19 4 32.163	-17 35 33.93	362183.732
4 0	9 34 49.892	9 29 29.07	404560.804	15 0	19 19 57.069	-17 4 45.64	362080.719
	6 9 46 18.573	8 38 15.88	404278.931		6 19 35 16.544	-16 29 37.68	362072.721
	12 9 57 44.994	7 45 42.34	403919.849		12 19 50 29.652	-15 50 22.40	362157.843
	18 10 9 9.705	6 51 54.90	403483.257		18 20 5 35.597	-15 7 13.58	362333.607
5 0	10 20 33.285	5 57 0.03	402969.214	16 0	20 20 33.738	-14 20 26.25	362596.995
	6 10 31 56.333	5 1 4.21	402378.155		6 20 35 23.582	-13 30 16.43	362944.504
	12 10 43 19.473	4 4 13.94	401710.897		12 20 50 4.789	-12 37 0.90	363372.199
	18 10 54 43.347	3 6 35.84	400968.655		18 21 4 37.161	-11 40 56.96	363875.773
6 0	11 6 8.614	2 8 16.63	400153.043	17 0	21 19 0.635	-10 42 22.21	364450.611
	6 11 17 35.948	1 9 23.20	399266.085		6 21 33 15.273	-9 41 34.39	365091.855
	12 11 29 6.036	0 10 2.64	398310.218		12 21 47 21.249	-8 38 51.18	365794.461
	18 11 40 39.575	-0 49 37.69	397288.291		18 22 1 18.833	-7 34 30.11	366553.269
7 0	11 52 17.268	-1 49 30.13	396203.572	18 0	22 15 8.385	-6 28 48.37	367363.056
	6 12 3 59.823	-2 49 26.69	395059.737		6 22 28 50.332	-5 22 2.78	368218.595
	12 12 15 47.951	-3 49 18.95	393860.870		12 22 42 25.165	-4 14 29.68	369114.707
	18 12 27 42.357	-4 48 58.07	392611.451		18 22 55 53.418	-3 6 24.92	370046.310
8 0	12 39 43.740	-5 48 14.70	391316.349	19 0	23 9 15.663	-1 58 3.79	371008.462
	6 12 51 52.784	-6 46 58.97	389980.803		6 23 22 32.495	-0 49 41.04	371996.396
	12 13 4 10.156	-7 45 0.45	388610.405		12 23 35 44.524	0 18 29.17	373005.556
	18 13 16 36.496	-8 42 8.12	387211.078		18 23 48 52.366	1 26 13.21	374031.620
9 0	13 29 12.408	-9 38 10.33	385789.048	20 0	0 1 56.633	2 33 18.02	375070.524
	6 13 41 58.454	-10 32 54.84	384350.819		6 0 14 57.929	3 39 31.04	376118.475
	12 13 54 55.143	-11 26 8.79	382903.131		12 0 27 56.839	4 44 40.24	377171.964
	18 14 8 2.920	-12 17 38.74	381452.926		18 0 40 53.924	5 48 34.07	378227.770
10 0	14 21 22.153	-13 7 10.72	380007.306	21 0	0 53 49.716	6 51 1.42	379282.958
	6 14 34 53.123	-13 54 30.28	378573.481		6 1 6 44.711	7 51 51.66	380334.880
	12 14 48 36.010	-14 39 22.60	377158.725		12 1 19 39.365	8 50 54.57	381381.166
	18 15 2 30.881	-15 21 32.59	375770.316		18 1 32 34.090	9 48 0.35	382419.711
11 0	15 16 37.679	-16 0 45.06	374415.480	22 0	1 45 29.247	10 42 59.63	383448.663
	6 15 30 56.212	-16 36 44.85	373101.335		6 1 58 25.144	11 35 43.43	384466.403
	12 15 45 26.145	-17 9 17.06	371834.824		12 2 11 22.035	12 26 3.22	385471.530
	18 16 0 6.993	-17 38 7.26	370622.657		18 2 24 20.113	13 13 50.88	386462.839
12 0	16 14 58.118	-18 3 1.71	369471.244	23 0	2 37 19.510	13 58 58.75	387439.295
	6 16 29 58.735	-18 23 47.61	368386.638		6 2 50 20.295	14 41 19.64	388400.014
	12 16 45 7.913	-18 40 13.36	367374.473		12 3 3 22.474	15 20 46.85	389344.236
	18 17 0 24.586	-18 52 8.83	366439.906		18 3 16 25.990	15 57 14.22	390271.301
13 0	17 15 47.573	-18 59 25.53	365587.569	24 0	3 29 30.725	16 30 36.15	391180.626
	6 17 31 15.594	-19 1 56.86	364821.519		6 3 42 36.500	17 0 47.63	392071.680
	12 17 46 47.297	-18 59 38.29	364145.200		12 3 55 43.079	17 27 44.27	392943.960
	18 18 2 21.283	-18 52 27.46	363561.409		18 4 8 50.175	17 51 22.36	393796.970

LUNE 2014 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		
Juin	25 0	4 21 57.454	18 11 38.85	394630.198	Juill.	6 0	13 11 48.566	- 8 6 20.08	391743.350
	6	4 35 4.540	18 28 31.44	395443.099		6	13 24 2.560	- 9 1 43.99	390377.965
	12	4 48 11.024	18 41 58.54	396235.074		12	13 36 25.651	- 9 55 59.68	388968.329
	18	5 1 16.473	18 51 59.30	397005.455		18	13 48 58.460	-10 48 56.11	387519.329
	26 0	5 14 20.432	18 58 33.63	397753.491	7 0	14 1 41.571	-11 40 21.68	386036.273	
	6	5 27 22.442	19 1 42.20	398478.336	6	14 14 35.515	-12 30 4.23	384524.884	
	12	5 40 22.040	19 1 26.39	399179.037	12	14 27 40.766	-13 17 51.05	382991.282	
	18	5 53 18.774	18 57 48.32	399854.530	18	14 40 57.726	-14 3 28.95	381441.961	
	27 0	6 6 12.206	18 50 50.77	400503.629	8 0	14 54 26.711	-14 46 44.25	379883.764	
	6	6 19 1.926	18 40 37.19	401125.032	6	15 8 7.944	-15 27 22.90	378323.848	
	12	6 31 47.554	18 27 11.65	401717.308	12	15 22 1.536	-16 5 10.57	376769.647	
	18	6 44 28.748	18 10 38.74	402278.909	18	15 36 7.478	-16 39 52.79	375228.830	
	28 0	6 57 5.209	17 51 3.61	402808.170	9 0	15 50 25.630	-17 11 15.09	373709.248	
	6	7 9 36.689	17 28 31.83	403303.313	6	16 4 55.708	-17 39 3.16	372218.877	
	12	7 22 2.988	17 3 9.36	403762.457	12	16 19 37.280	-18 3 3.13	370765.763	
	18	7 34 23.962	16 35 2.51	404183.629	18	16 34 29.762	-18 23 1.71	369357.949	
	29 0	7 46 39.522	16 4 17.88	404564.773	10 0	16 49 32.419	-18 38 46.50	368003.408	
	6	7 58 49.635	15 31 2.28	404903.765	6	17 4 44.366	-18 50 6.24	366709.966	
	12	8 10 54.324	14 55 22.69	405198.428	12	17 20 4.580	-18 56 51.03	365485.228	
	18	8 22 53.667	14 17 26.22	405446.550	18	17 35 31.915	-18 58 52.62	364336.493	
	30 0	8 34 47.793	13 37 20.06	405645.899	11 0	17 51 5.118	-18 56 4.60	363270.683	
	6	8 46 36.888	12 55 11.44	405794.242	6	18 6 42.855	-18 48 22.67	362294.258	
	12	8 58 21.182	12 11 7.61	405889.369	12	18 22 23.737	-18 35 44.71	361413.143	
	18	9 10 0.956	11 25 15.79	405929.109	18	18 38 6.349	-18 18 10.98	360632.658	
Juill.	1 0	9 21 36.531	10 37 43.17	405911.355	12 0	18 53 49.278	-17 55 44.13	359957.451	
	6	9 33 8.274	9 48 36.87	405834.082	6	19 9 31.144	-17 28 29.25	359391.441	
	12	9 44 36.587	8 58 3.95	405695.375	12	19 25 10.644	-16 56 33.75	358937.771	
	18	9 56 1.911	8 6 11.43	405493.449	18	19 40 46.541	-16 20 7.35	358598.766	
	2 0	10 7 24.720	7 13 6.22	405226.669	13 0	19 56 17.722	-15 39 21.84	358375.910	
	6	10 18 45.516	6 18 55.20	404893.579	6	20 11 43.198	-14 54 30.93	358269.830	
	12	10 30 4.833	5 23 45.21	404492.922	12	20 27 2.122	-14 5 50.00	358280.292	
	18	10 41 23.232	4 27 43.02	404023.661	18	20 42 13.792	-13 13 35.86	358406.211	
	3 0	10 52 41.295	3 30 55.43	403485.004	14 0	20 57 17.656	-12 18 6.48	358645.680	
	6	11 3 59.629	2 33 29.25	402876.426	6	21 12 13.312	-11 19 40.70	358995.993	
	12	11 15 18.860	1 35 31.32	402197.689	12	21 27 0.501	-10 18 38.00	359453.702	
	18	11 26 39.633	0 37 8.57	401448.865	18	21 41 39.098	- 9 15 18.22	360014.664	
	4 0	11 38 2.609	- 0 21 31.95	400630.352	15 0	21 56 9.101	- 8 10 1.34	360674.108	
	6	11 49 28.464	- 1 20 23.05	399742.896	6	22 10 30.625	- 7 3 7.28	361426.702	
	12	12 0 57.885	- 2 19 17.32	398787.609	12	22 24 43.878	- 5 54 55.67	362266.633	
	18	12 12 31.569	- 3 18 7.15	397765.982	18	22 38 49.157	- 4 45 45.78	363187.677	
	5 0	12 24 10.218	- 4 16 44.61	396679.904	16 0	22 52 46.831	- 3 35 56.30	364183.289	
	6	12 35 54.539	- 5 15 1.46	395531.671	6	23 6 37.326	- 2 25 45.29	365246.673	
	12	12 47 45.238	- 6 12 49.08	394323.999	12	23 20 21.114	- 1 15 30.11	366370.867	
	18	12 59 43.017	- 7 9 58.45	393060.033	18	23 33 58.705	- 0 5 27.34	367548.817	

LUNE 2014 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
Juill. 17 0	23 47 30.627	1 4 7.25	368 773.449	Juill. 28 0	9 9 41.948	11 33 4.61	406 559.359
6	0 0 57.424	2 12 58.68	370 037.735	6	9 21 18.959	10 46 10.60	406 562.891
12	0 14 19.645	3 20 52.83	371 334.757	12	9 32 52.215	9 57 41.14	406 521.322
18	0 27 37.833	4 27 36.36	372 657.761	18	9 44 22.035	9 7 43.58	406 433.659
18 0	0 40 52.519	5 32 56.72	374 000.207	29 0	9 55 48.769	8 16 25.25	406 298.850
6	0 54 4.217	6 36 42.12	375 355.812	6	10 7 12.800	7 23 53.46	406 115.797
12	1 7 13.416	7 38 41.53	376 718.585	12	10 18 34.543	6 30 15.53	405 883.370
18	1 20 20.572	8 38 44.59	378 082.859	18	10 29 54.437	5 35 38.72	405 600.428
19 0	1 33 26.109	9 36 41.63	379 443.312	30 0	10 41 12.949	4 40 10.32	405 265.833
6	1 46 30.412	10 32 23.63	380 794.987	6	10 52 30.570	3 43 57.57	404 878.472
12	1 59 33.820	11 25 42.16	382 133.301	12	11 3 47.812	2 47 7.72	404 437.278
18	2 12 36.628	12 16 29.41	383 454.053	18	11 15 5.210	1 49 48.03	403 941.249
20 0	2 25 39.081	13 4 38.13	384 753.425	31 0	11 26 23.316	0 52 5.81	403 389.476
6	2 38 41.373	13 50 1.63	386 027.980	6	11 37 42.699	- 0 5 51.61	402 781.161
12	2 51 43.647	14 32 33.75	387 274.651	12	11 49 3.943	- 1 3 56.83	402 115.644
18	3 4 45.990	15 12 8.91	388 490.739	18	12 0 27.648	- 2 2 2.32	401 392.427
21 0	3 17 48.439	15 48 42.03	389 673.889	Août 1 0	12 11 54.423	- 3 0 0.48	400 611.199
6	3 30 50.976	16 22 8.60	390 822.083	6	12 23 24.886	- 3 57 43.50	399 771.857
12	3 43 53.532	16 52 24.65	391 933.612	12	12 34 59.664	- 4 55 3.44	398 874.539
18	3 56 55.990	17 19 26.78	393 007.066	18	12 46 39.386	- 5 51 52.10	397 919.637
22 0	4 9 58.187	17 43 12.12	394 041.302	2 0	12 58 24.684	- 6 48 1.08	396 907.831
6	4 22 59.916	18 3 38.43	395 035.427	6	13 10 16.185	- 7 43 21.66	395 840.107
12	4 36 0.934	18 20 44.01	395 988.769	12	13 22 14.511	- 8 37 44.84	394 717.778
18	4 49 0.966	18 34 27.79	396 900.859	18	13 34 20.272	- 9 31 1.28	393 542.507
23 0	5 1 59.708	18 44 49.27	397 771.397	3 0	13 46 34.060	- 10 23 1.27	392 316.327
6	5 14 56.836	18 51 48.58	398 600.234	6	13 58 56.447	- 11 13 34.74	391 041.656
12	5 27 52.014	18 55 26.44	399 387.343	12	14 11 27.972	- 12 2 31.22	389 721.313
18	5 40 44.894	18 55 44.18	400 132.795	18	14 24 9.137	- 12 49 39.84	388 358.532
24 0	5 53 35.133	18 52 43.70	400 836.739	4 0	14 37 0.400	- 13 34 49.36	386 956.970
6	6 6 22.389	18 46 27.49	401 499.371	6	14 50 2.163	- 14 17 48.13	385 520.714
12	6 19 6.337	18 36 58.59	402 120.920	12	15 3 14.764	- 14 58 24.21	384 054.287
18	6 31 46.667	18 24 20.58	402 701.623	18	15 16 38.466	- 15 36 25.33	382 562.640
25 0	6 44 23.095	18 8 37.54	403 241.706	5 0	15 30 13.447	- 16 11 39.01	381 051.152
6	6 56 55.367	17 49 54.02	403 741.369	6	15 43 59.794	- 16 43 52.64	379 525.618
12	7 9 23.261	17 28 15.00	404 200.765	12	15 57 57.487	- 17 12 53.55	377 992.230
18	7 21 46.593	17 3 45.87	404 619.988	18	16 12 6.394	- 17 38 29.20	376 457.559
26 0	7 34 5.219	16 36 32.37	404 999.065	6 0	16 26 26.268	- 18 0 27.27	374 928.521
6	7 46 19.037	16 6 40.58	405 337.936	6	16 40 56.734	- 18 18 35.86	373 412.349
12	7 58 27.991	15 34 16.84	405 636.455	12	16 55 37.294	- 18 32 43.67	371 916.544
18	8 10 32.067	14 59 27.74	405 894.376	18	17 10 27.324	- 18 42 40.20	370 448.832
27 0	8 22 31.298	14 22 20.08	406 111.356	7 0	17 25 26.081	- 18 48 15.97	369 017.107
6	8 34 25.759	13 43 0.79	406 286.944	6	17 40 32.706	- 18 49 22.72	367 629.368
12	8 46 15.572	13 1 36.99	406 420.592	12	17 55 46.242	- 18 45 53.62	366 293.653
18	8 58 0.900	12 18 15.84	406 511.646	18	18 11 5.644	- 18 37 43.48	365 017.963

LUNE 2014 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
Août	8 0	18 26 29.800	-18 24 48.92	363810.183	Août	19 0	4 49 27.682	18 22 16.88	394953.907
	6	18 41 57.551	-18 7 8.51	362678.004		6	5 2 29.268	18 32 57.76	396071.788
	12	18 57 27.713	-17 44 42.93	361628.830		12	5 15 28.175	18 40 15.86	397133.977
	18	19 12 59.103	-17 17 35.02	360669.699		18	5 28 24.169	18 44 12.69	398139.161
	9 0	19 28 30.561	-16 45 49.80	359807.191		20 0	5 41 17.016	18 44 50.26	399086.363
	6	19 44 0.971	-16 9 34.51	359047.347		6	5 54 6.487	18 42 11.05	399974.921
	12	19 59 29.286	-15 28 58.53	358395.588		12	6 6 52.359	18 36 18.02	400804.463
	18	20 14 54.542	-14 44 13.26	357856.640		18	6 19 34.423	18 27 14.52	401574.887
	10 0	20 30 15.872	-13 55 32.04	357434.469		21 0	6 32 12.490	18 15 4.32	402286.331
	6	20 45 32.522	-13 3 9.91	357132.221		6	6 44 46.390	17 59 51.60	402939.155
	12	21 0 43.852	-12 7 23.47	356952.178		12	6 57 15.978	17 41 40.86	403533.911
	18	21 15 49.343	-11 8 30.63	356895.723		18	7 9 41.135	17 20 36.96	404071.321
	11 0	21 30 48.596	-10 6 50.35	356963.318		22 0	7 22 1.774	16 56 45.05	404552.251
	6	21 45 41.329	-9 2 42.45	357154.497		6	7 34 17.839	16 30 10.58	404977.687
	12	22 0 27.371	-7 56 27.33	357467.875		12	7 46 29.305	16 0 59.23	405348.711
	18	22 15 6.652	-6 48 25.73	357901.163		18	7 58 36.182	15 29 16.95	405666.480
	12 0	22 29 39.199	-5 38 58.55	358451.209		23 0	8 10 38.516	14 55 9.87	405932.200
	6	22 44 5.121	-4 28 26.58	359114.038		6	8 22 36.383	14 18 44.34	406147.105
	12	22 58 24.597	-3 17 10.36	359884.911		12	8 34 29.896	13 40 6.85	406312.442
	18	23 12 37.868	-2 5 29.99	360758.392		18	8 46 19.200	12 59 24.06	406429.442
	13 0	23 26 45.226	-0 53 44.97	361728.420		24 0	8 58 4.473	12 16 42.75	406499.314
	6	23 40 46.999	0 17 45.86	362788.394		6	9 9 45.923	11 32 9.85	406523.219
	12	23 54 43.544	1 28 44.49	363931.248		12	9 21 23.788	10 45 52.34	406502.259
	18	0 8 35.236	2 38 53.77	365149.548		18	9 32 58.337	9 57 57.34	406437.467
	14 0	0 22 22.459	3 47 57.49	366435.569		25 0	9 44 29.863	9 8 32.03	406329.790
	6	0 36 5.596	4 55 40.38	367781.387		6	9 55 58.686	8 17 43.67	406180.084
	12	0 49 45.027	6 1 48.19	369178.960		12	10 7 25.151	7 25 39.57	405989.105
	18	1 3 21.113	7 6 7.64	370620.205		18	10 18 49.623	6 32 27.13	405757.505
	15 0	1 16 54.201	8 8 26.43	372097.076		26 0	10 30 12.492	5 38 13.79	405485.829
	6	1 30 24.609	9 8 33.25	373601.628		6	10 41 34.164	4 43 7.06	405174.512
	12	1 43 52.628	10 6 17.74	375126.084		12	10 52 55.064	3 47 14.48	404823.883
	18	1 57 18.514	11 1 30.45	376662.889		18	11 4 15.635	2 50 43.69	404434.166
	16 0	2 10 42.489	11 54 2.83	378204.757		27 0	11 15 36.335	1 53 42.36	404005.487
	6	2 24 4.735	12 43 47.19	379744.715		6	11 26 57.633	0 56 18.26	403537.884
	12	2 37 25.395	13 30 36.68	381276.141		12	11 38 20.013	-0 1 20.78	403031.311
	18	2 50 44.570	14 14 25.24	382792.789		18	11 49 43.969	-0 59 6.85	402485.658
	17 0	3 4 2.321	14 55 7.56	384288.812		28 0	12 1 10.004	-1 56 51.94	401900.756
	6	3 17 18.668	15 32 39.09	385758.783		6	12 12 38.626	-2 54 27.93	401276.401
	12	3 30 33.591	16 6 55.97	387197.702		12	12 24 10.351	-3 51 46.58	400612.366
	18	3 43 47.032	16 37 55.03	388601.006		18	12 35 45.697	-4 48 39.54	399908.423
	18 0	3 56 58.897	17 5 33.76	389964.566		29 0	12 47 25.183	-5 44 58.30	399164.363
	6	4 10 9.061	17 29 50.28	391284.691		6	12 59 9.326	-6 40 34.20	398380.019
	12	4 23 17.370	17 50 43.32	392558.118		12	13 10 58.639	-7 35 18.41	397555.285
	18	4 36 23.644	18 8 12.22	393782.002		18	13 22 53.626	-8 29 1.94	396690.147

LUNE 2014 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
Août	30 0	13 34 54.780	- 9 21 35.58	395 784.702	Sept.	10 0	23 58 14.168	1 41 7.17	361 545.631
	6	13 47 2.580	-10 12 49.95	394 839.187		6	0 12 21.029	2 51 45.31	362 428.573
	12	13 59 17.483	-11 2 35.46	393 854.003		12	0 26 25.089	4 1 21.55	363 407.274
	18	14 11 39.921	-11 50 42.31	392 829.740		18	0 40 26.560	5 9 38.72	364 475.816
	31 0	14 24 10.298	-12 37 0.53	391 767.207	11 0	0 54 25.640	6 16 20.56	365 627.736	
	6	14 36 48.980	-13 21 19.92	390 667.452	6	1 8 22.508	7 21 11.78	366 856.094	
	12	14 49 36.292	-14 3 30.15	389 531.786	12	1 22 17.319	8 23 58.10	368 153.557	
	18	15 2 32.511	-14 43 20.73	388 361.813	18	1 36 10.199	9 24 26.31	369 512.477	
Sept.	1 0	15 15 37.860	-15 20 41.05	387 159.443	12 0	1 50 1.242	10 22 24.30	370 924.968	
	6	15 28 52.499	-15 55 20.45	385 926.916	6	2 3 50.509	11 17 41.05	372 382.991	
	12	15 42 16.524	-16 27 8.24	384 666.821	12	2 17 38.023	12 10 6.67	373 878.422	
	18	15 55 49.953	-16 55 53.82	383 382.106	18	2 31 23.772	12 59 32.37	375 403.133	
	2 0	16 9 32.732	-17 21 26.70	382 076.093	13 0	2 45 7.704	13 45 50.46	376 949.050	
	6	16 23 24.718	-17 43 36.64	380 752.487	6	2 58 49.736	14 28 54.32	378 508.225	
	12	16 37 25.688	-18 2 13.71	379 415.376	12	3 12 29.747	15 8 38.35	380 072.885	
	18	16 51 35.328	-18 17 8.45	378 069.235	18	3 26 7.586	15 44 58.01	381 635.491	
	3 0	17 5 53.239	-18 28 12.00	376 718.918	14 0	3 39 43.076	16 17 49.67	383 188.778	
	6	17 20 18.936	-18 35 16.15	375 369.648	6	3 53 16.012	16 47 10.68	384 725.797	
	12	17 34 51.855	-18 38 13.60	374 027.003	12	4 6 46.171	17 12 59.25	386 239.949	
	18	17 49 31.357	-18 36 58.00	372 696.891	18	4 20 13.315	17 35 14.42	387 725.011	
	4 0	18 4 16.739	-18 31 24.15	371 385.522	15 0	4 33 37.196	17 53 56.02	389 175.163	
	6	18 19 7.241	-18 21 28.09	370 099.374	6	4 46 57.562	18 9 4.61	390 585.003	
	12	18 34 2.063	-18 7 7.25	368 845.148	12	5 0 14.158	18 20 41.44	391 949.560	
	18	18 49 0.375	-17 48 20.58	367 629.724	18	5 13 26.739	18 28 48.37	393 264.303	
	5 0	19 4 1.336	-17 25 8.58	366 460.103	16 0	5 26 35.068	18 33 27.87	394 525.147	
	6	19 19 4.103	-16 57 33.44	365 343.344	6	5 39 38.923	18 34 42.89	395 728.453	
	12	19 34 7.853	-16 25 39.06	364 286.503	12	5 52 38.103	18 32 36.90	396 871.025	
	18	19 49 11.792	-15 49 31.08	363 296.555	18	6 5 32.430	18 27 13.76	397 950.108	
	6 0	20 4 15.173	-15 9 16.87	362 380.320	17 0	6 18 21.751	18 18 37.73	398 963.375	
	6	20 19 17.302	-14 25 5.52	361 544.386	6	6 31 5.944	18 6 53.41	399 908.923	
	12	20 34 17.553	-13 37 7.78	360 795.026	12	6 43 44.918	17 52 5.69	400 785.252	
	18	20 49 15.373	-12 45 35.98	360 138.118	18	6 56 18.614	17 34 19.71	401 591.260	
	7 0	21 4 10.289	-11 50 43.94	359 579.066	18 0	7 8 47.008	17 13 40.85	402 326.221	
	6	21 19 1.906	-10 52 46.84	359 122.724	6	7 21 10.110	16 50 14.68	402 989.770	
	12	21 33 49.915	- 9 52 1.06	358 773.323	12	7 33 27.967	16 24 6.93	403 581.882	
	18	21 48 34.085	- 8 48 44.07	358 534.408	18	7 45 40.657	15 55 23.48	404 102.856	
	8 0	22 3 14.263	- 7 43 14.23	358 408.779	19 0	7 57 48.294	15 24 10.33	404 553.289	
	6	22 17 50.369	- 6 35 50.63	358 398.445	6	8 9 51.024	14 50 33.59	404 934.058	
	12	22 32 22.387	- 5 26 52.89	358 504.587	12	8 21 49.024	14 14 39.45	405 246.300	
	18	22 46 50.361	- 4 16 41.01	358 727.533	18	8 33 42.502	13 36 34.22	405 491.382	
	9 0	23 1 14.387	- 3 5 35.17	359 066.747	20 0	8 45 31.694	12 56 24.25	405 670.883	
	6	23 15 34.599	- 1 53 55.57	359 520.826	6	8 57 16.862	12 14 15.99	405 786.569	
	12	23 29 51.167	- 0 42 2.24	360 087.518	12	9 8 58.295	11 30 15.96	405 840.371	
	18	23 44 4.287	0 29 45.09	360 763.742	18	9 20 36.304	10 44 30.73	405 834.357	

LUNE 2014 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.	21 0 9 32 11.221	9 57 6.99	405 770.712	Oct.	2 0 18 46 32.719	-17 45 24.61	373 338.785
	6 9 43 43.398	9 8 11.48	405 651.713		6 19 1 4.935	-17 23 50.91	372 356.645
	12 9 55 13.208	8 17 51.04	405 479.704		12 19 15 38.039	-16 58 12.74	371 393.475
	18 10 6 41.036	7 26 12.62	405 257.078		18 19 30 11.459	-16 28 33.68	370 453.644
	22 0 10 18 7.284	6 33 23.24	404 986.248		3 0 19 44 44.660	-15 54 58.62	369 541.750
	6 10 29 32.368	5 39 30.06	404 669.632		6 19 59 17.158	-15 17 33.67	368 662.593
	12 10 40 56.716	4 44 40.36	404 309.630		12 20 13 48.521	-14 36 26.20	367 821.138
	18 10 52 20.763	3 49 1.55	403 908.601		18 20 28 18.377	-13 51 44.80	367 022.477
	23 0 11 3 44.957	2 52 41.18	403 468.851		4 0 20 42 46.418	-13 3 39.22	366 271.777
	6 11 15 9.749	1 55 46.95	402 992.612		6 20 57 12.399	-12 12 20.36	365 574.234
	12 11 26 35.601	0 58 26.71	402 482.030		12 21 11 36.141	-11 18 0.19	364 935.018
	18 11 38 2.973	0 0 48.49	401 939.147		18 21 25 57.526	-10 20 51.69	364 359.208
	24 0 11 49 32.332	- 0 56 59.52	401 365.893		5 0 21 40 16.501	- 9 21 8.80	363 851.736
	6 12 1 4.145	- 1 54 48.93	400 764.075		6 21 54 33.068	- 8 19 6.32	363 417.321
	12 12 12 38.875	- 2 52 31.20	400 135.371		12 22 8 47.282	- 7 14 59.85	363 060.404
	18 12 24 16.984	- 3 49 57.57	399 481.322		18 22 22 59.245	- 6 9 5.68	362 785.086
	25 0 12 35 58.930	- 4 46 59.12	398 803.330		6 0 22 37 9.099	- 5 1 40.70	362 595.065
	6 12 47 45.158	- 5 43 26.71	398 102.660		6 22 51 17.020	- 3 53 2.31	362 493.577
	12 12 59 36.108	- 6 39 11.05	397 380.439		12 23 5 23.211	- 2 43 28.32	362 483.339
	18 13 11 32.201	- 7 34 2.64	396 637.661		18 23 19 27.890	- 1 33 16.80	362 566.506
	26 0 13 23 33.846	- 8 27 51.84	395 875.194		7 0 23 33 31.290	- 0 22 46.04	362 744.620
	6 13 35 41.428	- 9 20 28.82	395 093.790		6 23 47 33.645	0 47 45.67	363 018.581
	12 13 47 55.309	-10 11 43.62	394 294.096		12 0 1 35.183	1 58 0.05	363 388.619
	18 14 0 15.823	-11 1 26.14	393 476.668		18 0 15 36.121	3 7 39.03	363 854.274
	27 0 14 12 43.273	-11 49 26.20	392 641.986		8 0 0 29 36.659	4 16 24.83	364 414.392
	6 14 25 17.924	-12 35 33.51	391 790.476		6 0 43 36.968	5 24 0.09	365 067.124
	12 14 37 59.999	-13 19 37.75	390 922.527		12 0 57 37.189	6 30 7.99	365 809.938
	18 14 50 49.677	-14 1 28.61	390 038.512		18 1 11 37.424	7 34 32.33	366 639.639
	28 0 15 3 47.088	-14 40 55.79	389 138.814		9 0 1 25 37.735	8 36 57.69	367 552.397
	6 15 16 52.305	-15 17 49.09	388 223.846		6 1 39 38.137	9 37 9.47	368 543.787
	12 15 30 5.348	-15 51 58.47	387 294.083		12 1 53 38.596	10 34 53.98	369 608.830
	18 15 43 26.171	-16 23 14.06	386 350.081		18 2 7 39.029	11 29 58.56	370 742.046
	29 0 15 56 54.668	-16 51 26.29	385 392.506		10 0 2 21 39.300	12 22 11.62	371 937.506
	6 16 10 30.668	-17 16 25.94	384 422.160		6 2 35 39.224	13 11 22.68	373 188.892
	12 16 24 13.934	-17 38 4.20	383 440.003		12 2 49 38.566	13 57 22.42	374 489.560
	18 16 38 4.164	-17 56 12.78	382 447.184		18 3 3 37.046	14 40 2.72	375 832.600
	30 0 16 52 0.992	-18 10 43.97	381 445.057		11 0 3 17 34.340	15 19 16.68	377 210.900
	6 17 6 3.997	-18 21 30.74	380 435.208		6 3 31 30.090	15 54 58.57	378 617.211
	12 17 20 12.698	-18 28 26.84	379 419.467		12 3 45 23.907	16 27 3.88	380 044.205
	18 17 34 26.570	-18 31 26.85	378 399.935		18 3 59 15.375	16 55 29.28	381 484.538
Oct.	1 0 17 48 45.044	-18 30 26.27	377 378.987		12 0 4 13 4.068	17 20 12.55	382 930.902
	6 18 3 7.523	-18 25 21.60	376 359.289		6 4 26 49.545	17 41 12.58	384 376.081
	12 18 17 33.383	-18 16 10.44	375 343.802		12 4 40 31.371	17 58 29.28	385 812.999
	18 18 32 1.993	-18 2 51.48	374 335.783		18 4 54 9.116	18 12 3.52	387 234.767

LUNE 2014 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
Oct. 13 0	5 7 42.367	18 21 57.09	388 634.722	Oct. 24 0	13 58 56.545	-10 56 33.46	391 238.098
	6 5 21 10.735	18 28 12.57	390 006.465		6 14 11 34.142	-11 45 25.26	390 352.925
	12 5 34 33.859	18 30 53.30	391 343.896		12 14 24 19.549	-12 32 23.90	389 470.108
	18 5 47 51.416	18 30 3.27	392 641.237		18 14 37 12.910	-13 17 18.05	388 591.891
14 0	6 1 3.125	18 25 47.06	393 893.064	25 0	14 50 14.310	-13 59 56.35	387 720.296
	6 6 14 8.748	18 18 9.72	395 094.322		6 15 3 23.766	-14 40 7.51	386 857.122
	12 6 27 8.096	18 7 16.74	396 240.343		12 15 16 41.225	-15 17 40.40	386 003.952
	18 6 40 1.032	17 53 13.95	397 326.864		18 15 30 6.563	-15 52 24.14	385 162.151
15 0	6 52 47.468	17 36 7.46	398 350.031	26 0	15 43 39.578	-16 24 8.20	384 332.878
	6 7 5 27.370	17 16 3.59	399 306.411		6 15 57 19.994	-16 52 42.46	383 517.095
	12 7 18 0.754	16 53 8.82	400 192.993		12 16 11 7.459	-17 17 57.37	382 715.583
	18 7 30 27.685	16 27 29.74	401 007.193		18 16 25 1.550	-17 39 44.02	381 928.957
16 0	7 42 48.279	15 59 13.01	401 746.852	27 0	16 39 1.771	-17 57 54.24	381 157.686
	6 7 55 2.696	15 28 25.33	402 410.234		6 16 53 7.567	-18 12 20.72	380 402.114
	12 8 7 11.140	14 55 13.39	402 996.017		12 17 7 18.324	-18 22 57.06	379 662.488
	18 8 19 13.856	14 19 43.89	403 503.295		18 17 21 33.384	-18 29 37.91	378 938.976
17 0	8 31 11.127	13 42 3.46	403 931.559	28 0	17 35 52.049	-18 32 18.98	378 231.701
	6 8 43 3.269	13 2 18.73	404 280.694		6 17 50 13.601	-18 30 57.12	377 540.764
	12 8 54 50.632	12 20 36.27	404 550.967		12 18 4 37.308	-18 25 30.40	376 866.273
	18 9 6 33.592	11 37 2.62	404 743.008		18 18 19 2.439	-18 15 58.06	376 208.371
18 0	9 18 12.554	10 51 44.27	404 857.803	29 0	18 33 28.278	-18 2 20.60	375 567.262
	6 9 29 47.943	10 4 47.71	404 896.673		6 18 47 54.136	-17 44 39.72	374 943.239
	12 9 41 20.206	9 16 19.41	404 861.258		12 19 2 19.363	-17 22 58.32	374 336.706
	18 9 52 49.807	8 26 25.85	404 753.501		18 19 16 43.357	-16 57 20.50	373 748.201
19 0	10 4 17.227	7 35 13.55	404 575.624	30 0	19 31 5.578	-16 27 51.45	373 178.418
	6 10 15 42.959	6 42 49.06	404 330.113		6 19 45 25.551	-15 54 37.46	372 628.219
	12 10 27 7.507	5 49 19.03	404 019.693		12 19 59 42.873	-15 17 45.83	372 098.653
	18 10 38 31.386	4 54 50.19	403 647.306		18 20 13 57.220	-14 37 24.82	371 590.961
20 0	10 49 55.117	3 59 29.41	403 216.088	31 0	20 28 8.343	-13 53 43.58	371 106.584
	6 11 1 19.226	3 3 23.71	402 729.347		6 20 42 16.076	-13 6 52.06	370 647.164
	12 11 12 44.243	2 6 40.28	402 190.534		12 20 56 20.328	-12 17 0.98	370 214.541
	18 11 24 10.702	1 9 26.49	401 603.221		18 21 10 21.086	-11 24 21.77	369 810.745
21 0	11 35 39.133	0 11 49.98	400 971.074	Nov. 1 0	21 24 18.406	-10 29 6.46	369 437.982
	6 11 47 10.065	- 0 46 1.41	400 297.828		6 21 38 12.411	- 9 31 27.66	369 098.619
	12 11 58 44.024	- 1 43 59.54	399 587.258		12 21 52 3.284	- 8 31 38.52	368 795.161
	18 12 10 21.527	- 2 41 56.02	398 843.155		18 22 5 51.264	- 7 29 52.65	368 530.227
22 0	12 22 3.082	- 3 39 42.14	398 069.301	2 0	22 19 36.632	- 6 26 24.08	368 306.515
	6 12 33 49.183	- 4 37 8.90	397 269.440		6 22 33 19.713	- 5 21 27.25	368 126.771
	12 12 45 40.311	- 5 34 6.98	396 447.255		12 22 47 0.861	- 4 15 16.90	367 993.752
	18 12 57 36.925	- 6 30 26.75	395 606.344		18 23 0 40.454	- 3 8 8.09	367 910.185
23 0	13 9 39.464	- 7 25 58.29	394 750.197	3 0	23 14 18.886	- 2 0 16.14	367 878.724
	6 13 21 48.335	- 8 20 31.35	393 882.174		6 23 27 56.556	- 0 51 56.56	367 901.907
	12 13 34 3.919	- 9 13 55.45	393 005.485		12 23 41 33.867	0 16 34.97	367 982.110
	18 13 46 26.555	-10 5 59.81	392 123.173		18 23 55 11.211	1 25 2.65	368 121.505

LUNE 2014 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km
Nov. 4	0 8 48.965	2 33 10.65	368 322.016	Nov. 15	0 9 49 8.063	8 48 11.23	404 331.982
	6 0 22 27.480	3 40 43.14	368 585.274		6 10 0 35.364	7 57 25.63	404 317.568
	12 0 36 7.080	4 47 24.37	368 912.584		12 10 12 0.074	7 5 28.36	404 221.138
	18 0 49 48.049	5 52 58.76	369 304.881		18 10 23 22.769	6 12 25.86	404 043.536
5	0 1 3 30.625	6 57 10.93	369 762.706	16	0 10 34 44.041	5 18 24.53	403 786.000
	6 1 17 14.997	7 59 45.86	370 286.175		6 10 46 4.492	4 23 30.81	403 450.156
	12 1 31 1.298	9 0 28.89	370 874.957		12 10 57 24.736	3 27 51.18	403 038.007
	18 1 44 49.597	9 59 5.89	371 528.257		18 11 8 45.394	2 31 32.21	402 551.924
6	0 1 58 39.900	10 55 23.32	372 244.809	17	0 11 20 7.092	1 34 40.60	401 994.635
	6 2 12 32.144	11 49 8.33	373 022.870		6 11 31 30.462	0 37 23.21	401 369.207
	12 2 26 26.196	12 40 8.82	373 860.221		12 11 42 56.134	- 0 20 12.88	400 679.031
	18 2 40 21.852	13 28 13.61	374 754.176		18 11 54 24.738	- 1 18 0.36	399 927.806
7	0 2 54 18.840	14 13 12.43	375 701.598	18	0 12 5 56.903	- 2 15 51.66	399 119.516
	6 3 8 16.820	14 54 56.04	376 698.914		6 12 17 33.247	- 3 13 38.87	398 258.412
	12 3 22 15.391	15 33 16.32	377 742.145		12 12 29 14.381	- 4 11 13.73	397 348.983
	18 3 36 14.093	16 8 6.28	378 826.931		18 12 41 0.901	- 5 8 27.65	396 395.934
8	0 3 50 12.419	16 39 20.10	379 948.566	19	0 12 52 53.389	- 6 5 11.58	395 404.158
	6 4 4 9.819	17 6 53.19	381 102.035		6 13 4 52.400	- 7 1 16.12	394 378.704
	12 4 18 5.713	17 30 42.18	382 282.053		12 13 16 58.465	- 7 56 31.39	393 324.749
	18 4 31 59.499	17 50 44.88	383 483.106		18 13 29 12.084	- 8 50 47.11	392 247.564
9	0 4 45 50.568	18 7 0.32	384 699.493	20	0 13 41 33.715	- 9 43 52.55	391 152.478
	6 4 59 38.310	18 19 28.65	385 925.372		6 13 54 3.774	- 10 35 36.61	390 044.845
	12 5 13 22.129	18 28 11.13	387 154.804		12 14 6 42.622	- 11 25 47.76	388 930.006
	18 5 27 1.454	18 33 10.02	388 381.791		18 14 19 30.562	- 12 14 14.16	387 813.255
10	0 5 40 35.747	18 34 28.55	389 600.328	21	0 14 32 27.830	- 13 0 43.69	386 699.796
	6 5 54 4.513	18 32 10.79	390 804.435		6 14 45 34.587	- 13 45 3.98	385 594.713
	12 6 7 27.308	18 26 21.58	391 988.204		12 14 58 50.912	- 14 27 2.57	384 502.929
	18 6 20 43.746	18 17 6.42	393 145.834		18 15 12 16.794	- 15 6 26.94	383 429.170
11	0 6 33 53.503	18 4 31.38	394 271.667	22	0 15 25 52.128	- 15 43 4.66	382 377.934
	6 6 46 56.320	17 48 43.00	395 360.224		6 15 39 36.710	- 16 16 43.51	381 353.459
	12 6 59 52.007	17 29 48.22	396 406.234		12 15 53 30.231	- 16 47 11.63	380 359.691
	18 7 12 40.444	17 7 54.23	397 404.663		18 16 7 32.281	- 17 14 17.66	379 400.259
12	0 7 25 21.577	16 43 8.46	398 350.743	23	0 16 21 42.342	- 17 37 50.88	378 478.453
	6 7 37 55.419	16 15 38.47	399 239.994		6 16 35 59.801	- 17 57 41.38	377 597.205
	12 7 50 22.051	15 45 31.86	400 068.245		12 16 50 23.950	- 18 13 40.25	376 759.074
	18 8 2 41.611	15 12 56.27	400 831.657		18 17 4 53.995	- 18 25 39.64	375 966.235
13	0 8 14 54.298	14 37 59.29	401 526.735	24	0 17 19 29.071	- 18 33 32.99	375 220.478
	6 8 27 0.365	14 0 48.45	402 150.346		6 17 34 8.256	- 18 37 15.07	374 523.201
	12 8 39 0.113	13 21 31.17	402 699.730		12 17 48 50.584	- 18 36 42.13	373 875.423
	18 8 50 53.890	12 40 14.74	403 172.511		18 18 3 35.066	- 18 31 51.92	373 277.788
14	0 9 2 42.085	11 57 6.33	403 566.705	25	0 18 18 20.708	- 18 22 43.80	372 730.584
	6 9 14 25.126	11 12 12.95	403 880.728		6 18 33 6.530	- 18 9 18.66	372 233.760
	12 9 26 3.471	10 25 41.48	404 113.398		12 18 47 51.585	- 17 51 39.02	371 786.950
	18 9 37 37.611	9 37 38.70	404 263.938		18 19 2 34.977	- 17 29 48.88	371 389.501

LUNE 2014 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. 26	0	19 17 15.877	-17 3 53.72	371 040.505	Déc. 7	0	5 20 15.944	18 35 26.05	388 622.253
	6	19 31 53.533	-16 34 0.39	370 738.832		6	5 33 53.136	18 39 7.19	389 595.282
	12	19 46 27.288	-16 0 17.01	370 483.163		12	5 47 26.415	18 39 8.98	390 572.029
	18	20 0 56.582	-15 22 52.83	370 272.030		18	6 0 55.188	18 35 34.79	391 548.671
27	0	20 15 20.961	-14 41 58.13	370 103.855	8	0	6 14 18.899	18 28 28.87	392 521.209
	6	20 29 40.077	-13 57 44.08	369 976.982		6	6 27 37.045	18 17 56.29	393 485.495
	12	20 43 53.689	-13 10 22.60	369 889.722		12	6 40 49.180	18 4 2.80	394 437.260
	18	20 58 1.664	-12 20 6.24	369 840.381		18	6 53 54.919	17 46 54.77	395 372.136
28	0	21 12 3.966	-11 27 8.08	369 827.300	9	0	7 6 53.947	17 26 39.11	396 285.692
	6	21 26 0.656	-10 31 41.59	369 848.882		6	7 19 46.020	17 3 23.15	397 173.459
	12	21 39 51.881	-9 34 0.56	369 903.624		12	7 32 30.964	16 37 14.53	398 030.962
	18	21 53 37.869	-8 34 18.99	369 990.138		18	7 45 8.681	16 8 21.18	398 853.747
29	0	22 7 18.917	-7 32 51.03	370 107.176	10	0	7 57 39.143	15 36 51.18	399 637.415
	6	22 20 55.385	-6 29 50.95	370 253.645		6	8 10 2.391	15 2 52.69	400 377.645
	12	22 34 27.684	-5 25 33.02	370 428.619		12	8 22 18.534	14 26 33.93	401 070.229
	18	22 47 56.269	-4 20 11.55	370 631.349		18	8 34 27.742	13 48 3.07	401 711.093
30	0	23 1 21.626	-3 14 0.79	370 861.265	11	0	8 46 30.248	13 7 28.21	402 296.330
	6	23 14 44.269	-2 7 14.97	371 117.976		6	8 58 26.338	12 24 57.34	402 822.222
	12	23 28 4.726	-1 0 8.24	371 401.267		12	9 10 16.348	11 40 38.32	403 285.265
	18	23 41 23.533	0 7 5.35	371 711.084		18	9 22 0.663	10 54 38.83	403 682.191
Déc. 1	0	23 54 41.225	1 14 11.81	372 047.526	12	0	9 33 39.707	10 7 6.38	404 009.996
	6	0 7 58.328	2 20 57.29	372 410.827		6	9 45 13.945	9 18 8.31	404 265.952
	12	0 21 15.352	3 27 8.04	372 801.331		12	9 56 43.875	8 27 51.78	404 447.634
	18	0 34 32.784	4 32 30.44	373 219.474		18	10 8 10.026	7 36 23.77	404 552.936
2	0	0 47 51.078	5 36 51.04	373 665.755	13	0	10 19 32.954	6 43 51.12	404 580.085
	6	1 1 10.652	6 39 56.56	374 140.710		6	10 30 53.239	5 50 20.54	404 527.659
	12	1 14 31.876	7 41 33.93	374 644.879		12	10 42 11.481	4 55 58.61	404 394.603
	18	1 27 55.073	8 41 30.33	375 178.781		18	10 53 28.303	4 0 51.87	404 180.238
3	0	1 41 20.505	9 39 33.21	375 742.877	14	0	11 4 44.339	3 5 6.76	403 884.273
	6	1 54 48.372	10 35 30.40	376 337.542		6	11 16 0.241	2 8 49.74	403 506.815
	12	2 8 18.809	11 29 10.10	376 963.038		12	11 27 16.670	1 12 7.30	403 048.379
	18	2 21 51.876	12 20 20.99	377 619.478		18	11 38 34.298	0 15 5.98	402 509.892
4	0	2 35 27.561	13 8 52.26	378 306.806	15	0	11 49 53.805	-0 42 7.56	401 892.697
	6	2 49 5.773	13 54 33.72	379 024.766		6	12 1 15.876	-1 39 26.53	401 198.559
	12	3 2 46.346	14 37 15.88	379 772.884		12	12 12 41.199	-2 36 43.92	400 429.664
	18	3 16 29.036	15 16 49.96	380 550.445		18	12 24 10.461	-3 33 52.49	399 588.618
5	0	3 30 13.524	15 53 8.06	381 356.480	16	0	12 35 44.348	-4 30 44.72	398 678.443
	6	3 43 59.423	16 26 3.12	382 189.750		6	12 47 23.539	-5 27 12.77	397 702.575
	12	3 57 46.277	16 55 29.10	383 048.738		12	12 59 8.705	-6 23 8.43	396 664.850
	18	4 11 33.576	17 21 20.92	383 931.645		18	13 11 0.500	-7 18 23.08	395 569.498
6	0	4 25 20.757	17 43 34.60	384 836.385	17	0	13 22 59.562	-8 12 47.68	394 421.128
	6	4 39 7.222	18 2 7.22	385 760.593		6	13 35 6.501	-9 6 12.74	393 224.709
	12	4 52 52.339	18 16 56.96	386 701.623		12	13 47 21.899	-9 58 28.27	391 985.554
	18	5 6 35.464	18 28 3.11	387 656.565		18	13 59 46.299	-10 49 23.81	390 709.293

LUNE 2014 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km
Déc. 18 0	14 12 20.195	-11 38 48.41	389 401.850	Déc. 26 0	21 53 34.246	- 8 48 41.67	365 799.573
	6 14 25 4.030	-12 26 30.65	388 069.410		6 22 7 36.081	- 7 46 2.73	366 198.363
	12 14 37 58.181	-13 12 18.67	386 718.384		12 22 21 31.397	- 6 41 52.12	366 654.153
	18 14 51 2.952	-13 56 0.22	385 355.375		18 22 35 20.519	- 5 36 26.27	367 162.684
19 0	15 4 18.563	-14 37 22.70	383 987.136	27 0	22 49 3.836	- 4 30 1.40	367 719.648
	6 15 17 45.141	-15 16 13.28	382 620.525		6 23 2 41.792	- 3 22 53.42	368 320.741
	12 15 31 22.712	-15 52 18.99	381 262.454		12 23 16 14.873	- 2 15 17.90	368 961.706
	18 15 45 11.189	-16 25 26.82	379 919.848		18 23 29 43.598	- 1 7 29.98	369 638.385
20 0	15 59 10.366	-16 55 23.93	378 599.580	28 0	23 43 8.511	0 0 15.56	370 346.751
	6 16 13 19.913	-17 21 57.73	377 308.427		6 23 56 30.165	1 7 44.42	371 082.949
	12 16 27 39.376	-17 44 56.13	376 053.009		12 0 9 49.121	2 14 42.70	371 843.322
	18 16 42 8.169	-18 4 7.72	374 839.729		18 0 23 5.935	3 20 56.97	372 624.436
21 0	16 56 45.586	-18 19 21.94	373 674.726	29 0	0 36 21.151	4 26 14.20	373 423.099
	6 17 11 30.802	-18 30 29.30	372 563.809		6 0 49 35.293	5 30 21.81	374 236.372
	12 17 26 22.883	-18 37 21.62	371 512.413		12 1 2 48.862	6 33 7.63	375 061.583
	18 17 41 20.805	-18 39 52.12	370 525.542		18 1 16 2.321	7 34 19.90	375 896.322
22 0	17 56 23.468	-18 37 55.70	369 607.727	30 0	1 29 16.099	8 33 47.27	376 738.448
	6 18 11 29.715	-18 31 28.97	368 762.980		6 1 42 30.577	9 31 18.81	377 586.075
	12 18 26 38.358	-18 20 30.42	367 994.765		12 1 55 46.086	10 26 44.00	378 437.568
	18 18 41 48.201	-18 5 0.49	367 305.964		18 2 9 2.903	11 19 52.75	379 291.527
23 0	18 56 58.065	-17 45 1.55	366 698.856	31 0	2 22 21.244	12 10 35.43	380 146.768
	6 19 12 6.808	-17 20 37.91	366 175.105		6 2 35 41.264	12 58 42.86	381 002.309
	12 19 27 13.352	-16 51 55.77	365 735.755		12 2 49 3.050	13 44 6.36	381 857.342
	18 19 42 16.701	-16 19 3.13	365 381.230		18 3 2 26.620	14 26 37.79	382 711.213
24 0	19 57 15.955	-15 42 9.64	365 111.349	32 0	3 15 51.925	15 6 9.60	383 563.394
	6 20 12 10.329	-15 1 26.44	364 925.343		6 3 29 18.845	15 42 34.81	384 413.459
	12 20 26 59.156	-14 17 6.04	364 821.883		12 3 42 47.193	16 15 47.14	385 261.056
	18 20 41 41.897	-13 29 22.06	364 799.115		18 3 56 16.715	16 45 40.98	386 105.879
25 0	20 56 18.140	-12 38 29.09	364 854.700	33 0	4 9 47.096	17 12 11.49	386 947.642
	6 21 10 47.601	-11 44 42.48	364 985.863		6 4 23 17.962	17 35 14.61	387 786.053
	12 21 25 10.118	-10 48 18.13	365 189.440		12 4 36 48.891	17 54 47.12	388 620.789
	18 21 39 25.646	- 9 49 32.34	365 461.934		18 4 50 19.416	18 10 46.61	389 451.472

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 2014 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	282 29 47.14	- 5 41 21.29	0.45546105	Févr.	15	142 32 36.25	6 59 6.79	0.34112009
	1	285 24 49.24	- 5 53 21.98	0.45285350		16	147 39 29.86	6 54 43.43	0.34648897
	2	288 22 6.57	- 6 4 35.84	0.44998434		17	152 36 44.95	6 47 21.04	0.35203053
	3	291 21 53.87	- 6 14 59.79	0.44685784		18	157 24 30.30	6 37 20.09	0.35769918
	4	294 24 26.36	- 6 24 30.45	0.44347894		19	162 3 0.12	6 25 0.36	0.36345236
	5	297 29 59.86	- 6 33 4.12	0.43985331		20	166 32 32.80	6 10 40.58	0.36925067
	6	300 38 50.77	- 6 40 36.70	0.43598739		21	170 53 29.81	5 54 38.10	0.37505795
	7	303 51 16.18	- 6 47 3.72	0.43188855		22	175 6 14.79	5 37 8.81	0.38084122
	8	307 7 33.81	- 6 52 20.29	0.42756516		23	179 11 12.71	5 18 27.03	0.38657057
	9	310 28 2.13	- 6 56 21.05	0.42302672		24	183 8 49.32	4 58 45.58	0.39221901
	10	313 53 0.28	- 6 59 0.22	0.41828397		25	186 59 30.56	4 38 15.80	0.39776229
	11	317 22 48.16	- 7 0 11.49	0.41334908		26	190 43 42.23	4 17 7.67	0.40317865
	12	320 57 46.30	- 6 59 48.12	0.40823576		27	194 21 49.65	3 55 29.94	0.40844869
	13	324 38 15.91	- 6 57 42.87	0.40295948		28	197 54 17.51	3 33 30.21	0.41355509
14	328 24 38.75	- 6 53 48.06	0.39753762	Mars 1	201 21 29.70	3 11 15.08	0.41848248		
15	332 17 17.02	- 6 47 55.62	0.39198969	2	204 43 49.22	2 48 50.25	0.42321719		
16	336 16 33.20	- 6 39 57.16	0.38633753	3	208 1 38.14	2 26 20.65	0.42774712		
17	340 22 49.81	- 6 29 44.10	0.38060551	4	211 15 17.57	2 3 50.53	0.43206159		
18	344 36 29.15	- 6 17 7.86	0.37482073	5	214 25 7.71	1 41 23.52	0.43615113		
19	348 57 52.90	- 6 2 0.03	0.36901322	6	217 31 27.84	1 19 2.79	0.44000743		
20	353 27 21.65	- 5 44 12.75	0.36321609	7	220 34 36.35	0 56 51.06	0.44362316		
21	358 5 14.37	- 5 23 39.03	0.35746563	8	223 34 50.85	0 34 50.66	0.44699189		
22	2 51 47.65	- 5 0 13.24	0.35180136	9	226 32 28.14	0 13 3.66	0.45010800		
23	7 47 14.99	- 4 33 51.66	0.34626599	10	229 27 44.33	- 0 8 28.18	0.45296659		
24	12 51 45.80	- 4 4 33.15	0.34090521	11	232 20 54.91	- 0 29 43.25	0.45556338		
25	18 5 24.44	- 3 32 19.82	0.33576737	12	235 12 14.73	- 0 50 40.16	0.45789470		
26	23 28 9.08	- 2 57 17.74	0.33090296	13	238 1 58.15	- 1 11 17.64	0.45995740		
27	28 59 50.58	- 2 19 37.73	0.32636384	14	240 50 19.06	- 1 31 34.49	0.46174879		
28	34 40 11.41	- 1 39 35.86	0.32220233	15	243 37 30.93	- 1 51 29.63	0.46326664		
29	40 28 44.61	- 0 57 33.95	0.31846994	16	246 23 46.90	- 2 11 2.00	0.46450910		
30	46 24 53.07	- 0 13 59.63	0.31521601	17	249 9 19.79	- 2 30 10.56	0.46547471		
31	52 27 49.04	0 30 33.90	0.31248612	18	251 54 22.23	- 2 48 54.29	0.46616235		
Févr.	1	58 36 34.19	1 15 28.60	0.31032048	19	254 39 6.62	- 3 7 12.13	0.46657124	
	2	64 50 0.11	2 0 2.78	0.30875232	20	257 23 45.26	- 3 25 3.00	0.46670093	
	3	71 6 49.51	2 43 32.80	0.30780648	21	260 8 30.36	- 3 42 25.75	0.46655126	
	4	77 25 38.02	3 25 14.97	0.30749824	22	262 53 34.13	- 3 59 19.15	0.46612241	
	5	83 44 56.53	4 4 27.70	0.30783266	23	265 39 8.78	- 4 15 41.90	0.46541485	
	6	90 3 13.96	4 40 33.58	0.30880426	24	268 25 26.62	- 4 31 32.55	0.46442939	
	7	96 19 0.22	5 13 1.04	0.31039735	25	271 12 40.06	- 4 46 49.54	0.46316718	
	8	102 30 49.20	5 41 25.73	0.31258672	26	274 1 1.71	- 5 1 31.17	0.46162969	
9	108 37 21.46	6 5 31.12	0.31533883	27	276 50 44.42	- 5 15 35.55	0.45981880		
10	114 37 26.41	6 25 8.65	0.31861322	28	279 42 1.30	- 5 29 0.60	0.45773679		
11	120 30 3.93	6 40 17.26	0.32236412	29	282 35 5.78	- 5 41 44.04	0.45538635		
12	126 14 25.25	6 51 2.45	0.32654208	30	285 30 11.70	- 5 53 43.34	0.45277069		
13	131 49 53.25	6 57 35.20	0.33109552	31	288 27 33.31	- 6 4 55.71	0.44989351		
14	137 16 2.04	7 0 10.64	0.33597214	Avril 1	291 27 25.34	- 6 15 18.07	0.44675913		

MERCURE 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	longitude			latitude			rayon v.	Date	longitude			latitude			rayon v.		
	°	'	"	°	'	"	ua		°	'	"	°	'	"	ua		
Avril	2	294	30	3.04	- 6	24	47.04	0.443 372 51	Mai	18	162	11	31.27	6	24	35.27	0.363 629 97
	3	297	35	42.24	- 6	33	18.90	0.439 739 31		19	166	40	47.70	6	10	12.02	0.369 429 34
	4	300	44	39.38	- 6	40	49.54	0.435 866 02		20	171	1	29.14	5	54	6.59	0.375 236 59
	5	303	57	11.55	- 6	47	14.48	0.431 760 05		21	175	13	59.27	5	36	34.82	0.381 018 84
	6	307	13	36.51	- 6	52	28.80	0.427 429 78		22	179	18	43.13	5	17	50.99	0.386 746 28
	7	310	34	12.73	- 6	56	27.16	0.422 884 75		23	183	16	6.46	4	58	7.86	0.392 392 01
	8	313	59	19.40	- 6	59	3.73	0.418 135 76		24	187	6	35.21	4	37	36.74	0.397 931 83
	9	317	29	16.41	- 7	0	12.21	0.413 195 00		25	190	50	35.16	4	16	27.56	0.403 344 09
	10	321	4	24.34	- 6	59	45.84	0.408 076 25		26	194	28	31.65	3	54	49.03	0.408 609 44
	11	324	45	4.42	- 6	57	37.35	0.402 795 02		27	198	0	49.32	3	32	48.73	0.413 710 63
	12	328	31	38.41	- 6	53	39.07	0.397 368 77		28	201	27	52.05	3	10	33.21	0.418 632 34
13	332	24	28.54	- 6	47	42.90	0.391 817 07	29	204	50	2.80	2	48	8.17	0.423 360 96		
14	336	23	57.28	- 6	39	40.45	0.386 161 84	30	208	7	43.61	2	25	38.49	0.427 884 44		
15	340	30	27.17	- 6	29	23.14	0.380 427 52	31	211	21	15.59	2	3	8.41	0.432 192 12		
16	344	44	20.49	- 6	16	42.38	0.374 641 31	Jun	1	214	30	58.88	1	40	41.56	0.436 274 60	
17	349	5	58.89	- 6	1	29.78	0.368 833 33	2	217	37	12.74	1	18	21.08	0.440 123 57		
18	353	35	42.95	- 5	43	37.50	0.363 036 79	3	220	40	15.55	0	56	9.67	0.443 731 76		
19	358	13	51.54	- 5	22	58.57	0.357 288 08	4	223	40	24.87	0	34	9.67	0.447 092 75		
20	3	0	41.20	- 4	59	27.42	0.351 626 84	5	226	37	57.51	0	12	23.11	0.450 200 96		
21	7	56	25.31	- 4	33	0.41	0.346 095 84	6	229	33	9.54	- 0	9	8.22	0.453 051 48		
22	13	1	13.15	- 4	3	36.47	0.340 740 89	7	232	26	16.42	- 0	30	22.74	0.455 640 09		
23	18	15	8.91	- 3	31	17.82	0.335 610 41	8	235	17	33.00	- 0	51	19.06	0.457 963 12		
24	23	38	10.54	- 2	56	10.68	0.330 754 95	9	238	7	13.63	- 1	11	55.90	0.460 017 42		
25	29	10	8.67	- 2	18	26.00	0.326 226 41	10	240	55	32.17	- 1	32	12.09	0.461 800 35		
26	34	50	45.49	- 1	38	20.04	0.322 077 10	11	243	42	42.08	- 1	52	6.53	0.463 309 66		
27	40	39	33.74	- 0	56	14.79	0.318 358 50	12	246	28	56.50	- 2	11	38.17	0.464 543 54		
28	46	35	55.98	- 0	12	38.07	0.315 119 86	13	249	14	28.25	- 2	30	45.97	0.465 500 52		
29	52	39	4.14	0	31	56.77	0.312 406 62	14	251	59	29.92	- 2	49	28.90	0.466 179 51		
30	58	47	59.54	1	16	51.53	0.310 258 81	15	254	44	13.93	- 3	7	45.91	0.466 579 72		
Mai	1	65	1	33.48	2	1	24.46	0.308 709 43	16	257	28	52.57	- 3	25	35.92	0.466 700 73	
2	71	18	28.41	2	44	51.86	0.307 783 02	17	260	13	38.06	- 3	42	57.77	0.466 542 38		
3	77	37	19.78	3	26	30.08	0.307 494 59	18	262	58	42.59	- 3	59	50.23	0.466 104 85		
4	83	56	38.34	4	5	37.64	0.307 848 84	19	265	44	18.39	- 4	16	11.99	0.465 388 64		
5	90	14	53.00	4	41	37.25	0.308 840 00	20	268	30	37.75	- 4	32	1.61	0.464 394 57		
6	96	30	33.74	5	13	57.57	0.310 452 04	21	271	17	53.11	- 4	47	17.53	0.463 123 78		
7	102	42	14.61	5	42	14.47	0.312 659 50	22	274	6	17.08	- 5	1	58.02	0.461 577 77		
8	108	48	36.39	6	6	11.68	0.315 428 57	23	276	56	2.51	- 5	16	1.20	0.459 758 43		
9	114	48	28.80	6	25	40.88	0.318 718 62	24	279	47	22.51	- 5	29	24.99	0.457 668 04		
10	120	40	52.04	6	40	41.21	0.322 483 73	25	282	40	30.55	- 5	42	7.08	0.455 309 33		
11	126	24	57.73	6	51	18.38	0.326 674 34	26	285	35	40.46	- 5	54	4.96	0.452 685 49		
12	132	0	9.06	6	57	43.51	0.331 238 84	27	288	33	6.51	- 6	5	15.81	0.449 800 28		
13	137	26	0.52	7	0	11.85	0.336 124 90	28	291	33	3.44	- 6	15	36.56	0.446 658 00		
14	142	42	17.03	6	59	1.49	0.341 280 73	29	294	35	46.52	- 6	25	3.80	0.443 263 64		
15	147	48	52.85	6	54	32.24	0.346 655 95	30	297	41	31.61	- 6	33	33.81	0.439 622 90		
16	152	45	50.28	6	47	4.60	0.352 202 39	Juill.	1	300	50	35.15	- 6	41	2.47	0.435 742 29	
17	157	33	18.30	6	36	59.02	0.357 874 56	2	304	3	14.26	- 6	47	25.28	0.431 629 24		

MERCURE 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

Date	longitude	latitude	rayon v.	Date	longitude	latitude	rayon v.
	° / ' "	° / ' "	ua		° / ' "	° / ' "	ua
Juill.	3 307 19 46.72	- 6 52 37.32	0.42729217	Août	18 179 26 11.99	5 17 14.90	0.38692253
	4 310 40 31.02	- 6 56 33.22	0.42274065		19 183 23 22.08	4 57 30.11	0.39256531
	5 314 5 46.38	- 6 59 7.14	0.41798553		20 187 13 38.39	4 36 57.66	0.39810148
	6 317 35 52.71	- 7 0 12.77	0.41303905		21 190 57 26.71	4 15 47.44	0.40350945
	7 321 11 10.61	- 6 59 43.33	0.40791502		22 194 35 12.33	3 54 8.13	0.40876994
	8 324 52 1.31	- 6 57 31.54	0.40262904		23 198 7 19.89	3 32 7.25	0.41386577
	9 328 38 46.62	- 6 53 29.71	0.39719860		24 201 34 13.23	3 9 51.36	0.41878168
	10 332 31 48.74	- 6 47 29.74	0.39164335		25 204 56 15.30	2 47 26.10	0.42350409
	11 336 31 30.19	- 6 39 23.22	0.38598529		26 208 13 48.09	2 24 56.35	0.42802101
	12 340 38 13.47	- 6 29 1.59	0.38024894		27 211 27 12.69	2 2 26.32	0.43232183
	13 344 52 20.87	- 6 16 16.23	0.37446159		28 214 36 49.21	1 39 59.62	0.43639717
	14 349 14 14.01	- 6 0 58.79	0.36865345		29 217 42 56.89	1 17 39.38	0.44023876
15 353 44 13.41	- 5 43 1.42	0.36285782	30 220 45 54.07	0 55 28.29	0.44383935		
16 358 22 37.90	- 5 22 17.22	0.35711120	31 223 45 58.30	0 33 28.68	0.44719256		
17 3 9 43.93	- 4 58 40.66	0.35145332	Sept. 1 226 43 26.35	0 11 42.58	0.45029282		
18 8 5 44.76	- 4 32 8.16	0.34592707	2 229 38 34.29	- 0 9 48.25	0.45313525		
19 13 10 49.53	- 4 2 38.74	0.34057833	3 232 31 37.55	- 0 31 2.23	0.45571565		
20 18 25 2.25	- 3 30 14.75	0.33545558	4 235 22 50.96	- 0 51 57.96	0.45803036		
21 23 48 20.68	- 2 55 2.53	0.33060945	5 238 12 28.86	- 1 12 34.17	0.46007625		
22 29 20 35.20	- 2 17 13.20	0.32609186	6 241 0 45.09	- 1 32 49.70	0.46185069		
23 35 1 27.71	- 1 37 3.19	0.32195512	7 243 47 53.11	- 1 52 43.44	0.46335145		
24 40 50 30.65	- 0 54 54.66	0.31825065	8 246 34 6.04	- 2 12 14.35	0.46457671		
25 46 47 6.25	- 0 11 15.62	0.31502761	9 249 19 36.69	- 2 31 21.39	0.46552505		
26 52 50 26.11	0 33 20.42	0.31233132	10 252 4 37.65	- 2 50 3.53	0.46619536		
27 58 59 31.24	1 18 15.14	0.31020158	11 254 49 21.34	- 3 8 19.71	0.46658687		
28 65 13 12.62	2 2 46.68	0.30867117	12 257 34 0.05	- 3 26 8.86	0.46669917		
29 71 30 12.48	2 46 11.33	0.30776436	13 260 18 45.98	- 3 43 29.81	0.46653210		
30 77 49 6.06	3 27 45.47	0.30749583	14 263 3 51.34	- 4 0 21.33	0.46608587		
31 84 8 24.04	4 6 47.71	0.30786996	15 265 49 28.34	- 4 16 42.11	0.46536098		
Août 1 90 26 35.28	4 42 40.94	0.30888065	16 268 35 49.29	- 4 32 30.70	0.46435825		
2 96 42 9.86	5 14 54.01	0.31051159	17 271 23 6.64	- 4 47 45.54	0.46307884		
3 102 53 42.00	5 43 3.04	0.31273700	18 274 11 32.99	- 5 2 24.89	0.46152427		
4 108 59 52.73	6 6 52.00	0.31552287	19 277 1 21.21	- 5 16 26.88	0.45969643		
5 114 59 32.06	6 26 12.81	0.31882836	20 279 52 44.42	- 5 29 49.40	0.45759762		
6 120 51 40.56	6 41 4.84	0.32260742	21 282 45 56.09	- 5 42 30.15	0.45523058		
7 126 35 30.18	6 51 33.98	0.32681041	22 285 41 10.07	- 5 54 26.60	0.45259852		
8 132 10 24.49	6 57 51.50	0.33138566	23 288 38 40.65	- 6 5 35.93	0.44970521		
9 137 35 58.30	7 0 12.75	0.33628086	24 291 38 42.58	- 6 15 55.06	0.44655498		
10 142 51 56.85	6 58 55.90	0.34144424	25 294 41 31.15	- 6 25 20.58	0.44315284		
11 147 58 14.67	6 54 20.79	0.34682548	26 297 47 22.23	- 6 33 48.73	0.43950451		
12 152 54 54.28	6 46 47.93	0.35237648	27 300 56 32.29	- 6 41 15.41	0.43561654		
13 157 42 4.86	6 36 37.76	0.35805185	28 304 9 18.46	- 6 47 36.08	0.43149637		
14 162 20 0.91	6 24 10.01	0.36380919	29 307 25 58.56	- 6 52 45.82	0.42715247		
15 166 49 1.03	6 9 43.33	0.36960932	30 310 46 51.09	- 6 56 39.25	0.42259445		
16 171 9 26.87	5 53 34.98	0.37541627	Oct. 1 314 12 15.29	- 6 59 10.50	0.41783319		
17 175 21 42.17	5 36 0.76	0.38119724	2 317 42 31.09	- 7 0 13.27	0.41288098		

MERCURE 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	longitude			latitude			rayon v.	Date	longitude			latitude			rayon v.		
	°	'	"	°	'	"	ua		°	'	"	°	'	"	ua		
Oct.	3	321	17	59.11	- 6	59	40.74	0.40775170	Nov.	18	194	41	50.90	3	53	27.47	0.40893091
	4	324	59	0.62	- 6	57	25.63	0.40246097		19	198	13	48.37	3	31	26.03	0.41402124
	5	328	45	57.41	- 6	53	20.22	0.39702639		20	201	40	32.35	3	9	9.77	0.41893120
	6	332	39	11.72	- 6	47	16.42	0.39146765		21	205	2	25.76	2	46	44.30	0.42364729
	7	336	39	6.06	- 6	39	5.81	0.38580684		22	208	19	50.57	2	24	14.48	0.42815754
	8	340	46	2.93	- 6	28	39.80	0.38006856		23	211	33	7.83	2	1	44.50	0.43245138
	9	345	0	24.59	- 6	15	49.81	0.37428018		24	214	42	37.64	1	39	17.96	0.43651948
	10	349	22	32.65	- 6	0	27.48	0.36847202		25	217	48	39.18	1	16	57.96	0.44035360
	11	353	52	47.57	- 5	42	25.00	0.36267748		26	220	51	30.79	0	54	47.19	0.44394651
	12	358	31	28.13	- 5	21	35.48	0.35693315		27	223	51	29.99	0	32	47.96	0.44729186
	13	3	18	50.69	- 4	57	53.46	0.35127886		28	226	48	53.51	0	11	2.30	0.45038411
	14	8	15	8.38	- 4	31	15.43	0.34575760		29	229	43	57.42	- 0	10	28.04	0.45321840
15	13	20	30.21	- 4	1	40.50	0.34041532	30	232	36	57.11	- 0	31	41.47	0.45579054		
16	18	34	59.99	- 3	29	11.14	0.33530061	Déc.	1	235	28	7.42	- 0	52	36.62	0.45809689	
17	23	58	35.28	- 2	53	53.83	0.33046412		2	238	17	42.65	- 1	13	12.22	0.46013435	
18	29	31	6.20	- 2	15	59.84	0.32595781	3	241	5	56.64	- 1	33	27.09	0.46190029		
19	35	12	14.36	- 1	35	45.77	0.32183396	4	243	53	2.83	- 1	53	20.15	0.46339249		
20	41	1	31.91	- 0	53	33.99	0.31814396	5	246	39	14.33	- 2	12	50.34	0.46460916		
21	46	58	20.75	- 0	9	52.65	0.31493686	6	249	24	43.95	- 2	31	56.63	0.46554887		
22	53	1	52.13	0	34	44.54	0.31225783	7	252	9	44.28	- 2	50	37.98	0.46621053		
23	59	11	6.74	1	19	39.15	0.31014647	8	254	54	27.72	- 3	8	53.35	0.46659340		
24	65	24	55.29	2	4	9.24	0.30863531	9	257	39	6.55	- 3	26	41.64	0.46669704		
25	71	41	59.74	2	47	31.05	0.30774833	10	260	23	52.98	- 3	44	1.70	0.46652133		
26	78	0	55.17	3	29	1.03	0.30749990	11	263	8	59.22	- 4	0	52.29	0.46606649		
27	84	20	12.15	4	7	57.87	0.30789407	12	265	54	37.49	- 4	17	12.09	0.46533301		
28	90	38	19.55	4	43	44.64	0.30892442	13	268	41	0.09	- 4	32	59.66	0.46432174		
29	96	53	47.55	5	15	50.40	0.31057431	14	271	28	19.47	- 4	48	13.42	0.46303385		
30	103	5	10.54	5	43	51.51	0.31281771	15	274	16	48.26	- 5	2	51.65	0.46147086		
31	109	11	9.80	6	7	32.18	0.31562036	16	277	6	39.30	- 5	16	52.43	0.45963468		
Nov.	1	115	10	35.67	6	26	44.58	0.31894125	17	279	58	5.75	- 5	30	13.69	0.45752763	
	2	121	2	29.05	6	41	28.30	0.32273418	18	282	51	21.08	- 5	42	53.10	0.45515245	
	3	126	46	2.27	6	51	49.42	0.32694944	19	285	46	39.16	- 5	54	48.12	0.45251238	
	4	132	20	39.25	6	57	59.34	0.33153532	20	288	44	14.27	- 6	5	55.93	0.44961120	
	5	137	45	55.15	7	0	13.53	0.33643951	21	291	44	21.20	- 6	16	13.44	0.44645328	
	6	143	1	35.51	6	58	50.22	0.34161027	22	294	47	15.24	- 6	25	37.21	0.44304362	
7	148	7	35.12	6	54	9.27	0.34699736	23	297	53	12.28	- 6	34	3.51	0.43938799		
8	153	3	56.74	6	46	31.23	0.35255275	24	301	2	28.82	- 6	41	28.18	0.43549294		
9	157	50	49.72	6	36	16.51	0.35823113	25	304	15	21.99	- 6	47	46.71	0.43136597		
10	162	28	28.72	6	23	44.80	0.36399022	26	307	32	9.64	- 6	52	54.15	0.42701557		
11	166	57	12.45	6	9	14.72	0.36979093	27	310	53	10.28	- 6	56	45.09	0.42245138		
12	171	17	22.62	5	53	3.49	0.37559739	28	314	18	43.19	- 6	59	13.67	0.41768433		
13	175	29	23.03	5	35	26.84	0.38137691	29	317	49	8.30	- 7	0	13.56	0.41272675		
14	179	33	38.77	5	16	38.98	0.38709987	30	321	24	46.26	- 6	59	37.94	0.40759257		
15	183	30	35.59	4	56	52.56	0.39273954	31	325	5	58.33	- 6	57	19.50	0.40229748		
16	187	20	39.46	4	36	18.79	0.39827189	32	328	53	6.35	- 6	53	10.53	0.39685912		
17	191	4	16.14	4	15	7.55	0.40367542	33	332	46	32.54	- 6	47	2.90	0.39129727		

VÉNUS 2014 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	92	21	34.04	0	55	13.76	0.71953334	Avril	2	241	1	20.12	0	54	53.67	0.72494413			
	2	95	35	37.28	1	6	12.74	0.71936626		4	244	12	22.11	0	43	54.29	0.72519843			
	4	98	49	47.15	1	16	59.35	0.71921178		6	247	23	15.23	0	32	47.25	0.72544682			
	6	102	4	3.45	1	27	31.49	0.71907040		8	250	33	59.90	0	21	34.61	0.72568855			
	8	105	18	25.90	1	37	47.09	0.71894260		10	253	44	36.59	0	10	18.42	0.72592286			
	10	108	32	54.23	1	47	44.15	0.71882878		12	256	55	5.81	-	0	0	59.24	0.72614905		
	12	111	47	28.10	1	57	20.70	0.71872932		14	260	5	28.07	-	0	12	16.30	0.72636642		
	14	115	2	7.15	2	6	34.85	0.71864453		16	263	15	43.91	-	0	23	30.71	0.72657432		
	16	118	16	50.98	2	15	24.79	0.71857470		18	266	25	53.88	-	0	34	40.43	0.72677210		
	18	121	31	39.13	2	23	48.77	0.71852004		20	269	35	58.55	-	0	45	43.43	0.72695916		
	20	124	46	31.13	2	31	45.13	0.71848073		22	272	45	58.50	-	0	56	37.73	0.72713495		
	22	128	1	26.47	2	39	12.31	0.71845690		24	275	55	54.31	-	1	7	21.35	0.72729893		
	24	131	16	24.59	2	46	8.85	0.71844860		26	279	5	46.55	-	1	17	52.37	0.72745061		
	26	134	31	24.91	2	52	33.37	0.71845587		28	282	15	35.79	-	1	28	8.90	0.72758951		
	28	137	46	26.84	2	58	24.62	0.71847867		30	285	25	22.62	-	1	38	9.10	0.72771524		
	Févr.	30	141	1	29.73	3	3	41.46		0.71851692	Mai	2	288	35	7.58	-	1	47	51.17	0.72782740
		1	144	16	32.93	3	8	22.85		0.71857049		4	291	44	51.24	-	1	57	13.38	0.72792567
		3	147	31	35.76	3	12	27.89		0.71863920		6	294	54	34.12	-	2	6	14.06	0.72800973
5		150	46	37.55	3	15	55.80	0.71872280	8	298		4	16.73	-	2	14	51.59	0.72807935		
7		154	1	37.59	3	18	45.92	0.71882104	10	301		13	59.59	-	2	23	4.42	0.72813432		
9		157	16	35.18	3	20	57.72	0.71893357	12	304		23	43.16	-	2	30	51.07	0.72817446		
11		160	31	29.62	3	22	30.82	0.71906004	14	307		33	27.91	-	2	38	10.16	0.72819966		
13		163	46	20.21	3	23	24.94	0.71920001	16	310		43	14.25	-	2	45	0.36	0.72820983		
15		167	1	6.27	3	23	39.96	0.71935304	18	313		53	2.61	-	2	51	20.44	0.72820496		
17		170	15	47.10	3	23	15.88	0.71951862	20	317		2	53.37	-	2	57	9.24	0.72818505		
19	173	30	22.07	3	22	12.82	0.71969622	22	320	12	46.87	-	3	2	25.71	0.72815016				
21	176	44	50.54	3	20	31.06	0.71988525	24	323	22	43.46	-	3	7	8.88	0.72810040				
23	179	59	11.90	3	18	10.98	0.72008511	26	326	32	43.43	-	3	11	17.87	0.72803591				
25	183	13	25.58	3	15	13.10	0.72029515	28	329	42	47.08	-	3	14	51.92	0.72795689				
27	186	27	31.05	3	11	38.06	0.72051468	30	332	52	54.66	-	3	17	50.36	0.72786357				
Mars	1	189	41	27.80	3	7	26.63	0.72074301	Juin	1	336	3	6.41	-	3	20	12.60	0.72775624		
	3	192	55	15.39	3	2	39.69	0.72097941		3	339	13	22.53	-	3	21	58.20	0.72763521		
	5	196	8	53.42	2	57	18.22	0.72122311		5	342	23	43.23	-	3	23	6.78	0.72750086		
	7	199	22	21.52	2	51	23.33	0.72147335		7	345	34	8.68	-	3	23	38.10	0.72735358		
	9	202	35	39.40	2	44	56.23	0.72172931		9	348	44	39.04	-	3	23	32.01	0.72719381		
	11	205	48	46.80	2	37	58.20	0.72199020		11	351	55	14.44	-	3	22	48.50	0.72702205		
	13	209	1	43.52	2	30	30.66	0.72225518		13	355	5	55.03	-	3	21	27.63	0.72683881		
	15	212	14	29.43	2	22	35.08	0.72252342		15	358	16	40.91	-	3	19	29.60	0.72664464		
	17	215	27	4.45	2	14	13.03	0.72279407		17	1	27	32.19	-	3	16	54.71	0.72644013		
	19	218	39	28.54	2	5	26.15	0.72306628		19	4	38	28.97	-	3	13	43.38	0.72622592		
	21	221	51	41.72	1	56	16.15	0.72333921		21	7	49	31.35	-	3	9	56.13	0.72600263		
	23	225	3	44.09	1	46	44.80	0.72361198		23	11	0	39.40	-	3	5	33.60	0.72577097		
	25	228	15	35.78	1	36	53.94	0.72388376		25	14	11	53.22	-	3	0	36.53	0.72553163		
	27	231	27	16.96	1	26	45.45	0.72415370		27	17	23	12.89	-	2	55	5.77	0.72528536		
	29	234	38	47.89	1	16	21.26	0.72442096		29	20	34	38.49	-	2	49	2.27	0.72503290		
	31	237	50	8.83	1	5	43.33	0.72468470		Juill.	1	23	46	10.10	-	2	42	27.11	0.72477503	

VÉNUS 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

Date	longitude	latitude	rayon v.	Date	longitude	latitude	rayon v.		
	° / ' "	° / ' "	ua		° / ' "	° / ' "	ua		
Juill.	3	26 57 47.80	- 2 35 21.43	0.72451256	Oct.	3	175 36 52.66	3 21 10.89	0.71982353
	5	30 9 31.67	- 2 27 46.50	0.72424628		5	178 51 16.37	3 19 4.14	0.72002011
	7	33 21 21.81	- 2 19 43.67	0.72397703		7	182 5 32.58	3 16 19.40	0.72022708
	9	36 33 18.30	- 2 11 14.38	0.72370564		9	185 19 40.76	3 12 57.27	0.72044378
	11	39 45 21.23	- 2 2 20.17	0.72343296		11	188 33 40.38	3 8 58.47	0.72066950
	13	42 57 30.68	- 1 53 2.65	0.72315984		13	191 47 30.98	3 4 23.83	0.72090354
	15	46 9 46.76	- 1 43 23.52	0.72288713		15	195 1 12.14	2 59 14.32	0.72114513
	17	49 22 9.54	- 1 33 24.55	0.72261569		17	198 14 43.48	2 53 30.99	0.72139350
	19	52 34 39.12	- 1 23 7.58	0.72234637		19	201 28 4.70	2 47 15.01	0.72164788
	21	55 47 15.58	- 1 12 34.50	0.72208002		21	204 41 15.50	2 40 27.65	0.72190744
	23	58 59 59.00	- 1 1 47.29	0.72181749		23	207 54 15.69	2 33 10.28	0.72217136
25	62 12 49.45	- 0 50 47.95	0.72155960	25	211 7 5.10	2 25 24.34	0.72243882		
27	65 25 46.98	- 0 39 38.56	0.72130717	27	214 19 43.63	2 17 11.38	0.72270896		
29	68 38 51.66	- 0 28 21.20	0.72106102	29	217 32 11.23	2 8 33.00	0.72298094		
31	71 52 3.50	- 0 16 58.01	0.72082191	31	220 44 27.91	1 59 30.91	0.72325390		
Août	2	75 5 22.54	- 0 5 31.16	0.72059062	Nov.	2	223 56 33.73	1 50 6.84	0.72352700
	4	78 18 48.77	0 5 57.16	0.72036789		4	227 8 28.81	1 40 22.61	0.72379936
	6	81 32 22.17	0 17 24.78	0.72015444		6	230 20 13.32	1 30 20.10	0.72407016
	8	84 46 2.69	0 28 49.47	0.71995095		8	233 31 47.47	1 20 1.20	0.72433854
	10	87 59 50.26	0 40 9.05	0.71975807		10	236 43 11.55	1 9 27.87	0.72460368
	12	91 13 44.78	0 51 21.33	0.71957644		12	239 54 25.84	0 58 42.11	0.72486474
	14	94 27 46.11	1 2 24.12	0.71940664		14	243 5 30.72	0 47 45.93	0.72512094
	16	97 41 54.08	1 13 15.29	0.71924922		16	246 16 26.56	0 36 41.36	0.72537147
	18	100 56 8.50	1 23 52.71	0.71910468		18	249 27 13.81	0 25 30.47	0.72561557
	20	104 10 29.13	1 34 14.31	0.71897351		20	252 37 52.92	0 14 15.31	0.72585249
22	107 24 55.70	1 44 18.05	0.71885613	22	255 48 24.38	0 2 57.96	0.72608151		
24	110 39 27.88	1 54 1.96	0.71875291	24	258 58 48.69	- 0 8 19.52	0.72630192		
26	113 54 5.34	2 3 24.13	0.71866421	26	262 9 6.41	- 0 19 35.07	0.72651306		
28	117 8 47.68	2 12 22.71	0.71859029	28	265 19 18.06	- 0 30 46.64	0.72671428		
30	120 23 34.48	2 20 55.92	0.71853142	30	268 29 24.23	- 0 41 52.20	0.72690497		
Sept.	1	123 38 25.26	2 29 2.09	0.71848777	Déc.	2	271 39 25.48	- 0 52 49.74	0.72708456
	3	126 53 19.54	2 36 39.62	0.71845950		4	274 49 22.39	- 1 3 37.30	0.72725250
	5	130 8 16.77	2 43 47.00	0.71844669		6	277 59 15.54	- 1 14 12.93	0.72740827
	7	133 23 16.39	2 50 22.83	0.71844938		8	281 9 5.50	- 1 24 34.73	0.72755142
	9	136 38 17.80	2 56 25.82	0.71846757		10	284 18 52.86	- 1 34 40.83	0.72768152
	11	139 53 20.38	3 1 54.78	0.71850119		12	287 28 38.17	- 1 44 29.43	0.72779816
	13	143 8 23.49	3 6 48.64	0.71855014		14	290 38 21.99	- 1 53 58.78	0.72790099
	15	146 23 26.46	3 11 6.46	0.71861426		16	293 48 4.86	- 2 3 7.17	0.72798972
	17	149 38 28.60	3 14 47.40	0.71869333		18	296 57 47.30	- 2 11 52.97	0.72806407
19	152 53 29.22	3 17 50.77	0.71878709	20	300 7 29.82	- 2 20 14.61	0.72812382		
21	156 8 27.63	3 20 16.00	0.71889525	22	303 17 12.90	- 2 28 10.58	0.72816878		
23	159 23 23.12	3 22 2.65	0.71901744	24	306 26 57.02	- 2 35 39.47	0.72819883		
25	162 38 14.99	3 23 10.40	0.71915327	26	309 36 42.59	- 2 42 39.93	0.72821388		
27	165 53 2.56	3 23 39.08	0.71930230	28	312 46 30.06	- 2 49 10.68	0.72821387		
29	169 7 45.12	3 23 28.64	0.71946404	30	315 56 19.80	- 2 55 10.56	0.72819882		
Oct.	1	172 22 22.04	3 22 39.17	0.71963797	32	319 6 12.18	- 3 0 38.47	0.72816876	

MARS 2014 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	154 49 36.48	1 46 58.31	1.66601756	Juill.	3	240 15 46.10	- 0 20 41.38	1.52480786
	4	156 34 23.12	1 46 1.81	1.66605811		7	242 21 10.17	- 0 24 39.05	1.51959013
	8	158 19 9.94	1 44 59.41	1.66593920		11	244 27 26.29	- 0 28 36.37	1.51435991
	12	160 3 58.13	1 43 51.14	1.66566091		15	246 34 35.11	- 0 32 32.99	1.50912423
	16	161 48 48.88	1 42 37.06	1.66522342		19	248 42 37.21	- 0 36 28.57	1.50389024
	20	163 33 43.40	1 41 17.20	1.66462706	23	250 51 33.12	- 0 40 22.72	1.49866526	
	24	165 18 42.86	1 39 51.61	1.66387226	27	253 1 23.30	- 0 44 15.06	1.49345674	
	28	167 3 48.49	1 38 20.34	1.66295956	31	255 12 8.12	- 0 48 5.19	1.48827226	
Févr.	1	168 49 1.46	1 36 43.44	1.66188964	Août	4	257 23 47.87	- 0 51 52.72	1.48311952
	5	170 34 22.99	1 35 0.97	1.66066330		8	259 36 22.77	- 0 55 37.21	1.47800635
	9	172 19 54.27	1 33 12.96	1.65928143		12	261 49 52.93	- 0 59 18.23	1.47294064
	13	174 5 36.51	1 31 19.49	1.65774507		16	264 4 18.39	- 1 2 55.36	1.46793041
	17	175 51 30.91	1 29 20.61	1.65605539		20	266 19 39.07	- 1 6 28.13	1.46298372
	21	177 37 38.67	1 27 16.37	1.65421366	24	268 35 54.78	- 1 9 56.09	1.45810870	
	25	179 24 1.01	1 25 6.83	1.65222130	28	270 53 5.24	- 1 13 18.78	1.45331352	
Mars	1	181 10 39.13	1 22 52.07	1.65007986	Sept.	1	273 11 10.05	- 1 16 35.73	1.44860638
	5	182 57 34.25	1 20 32.14	1.64779101		5	275 30 8.68	- 1 19 46.47	1.44399547
	9	184 44 47.57	1 18 7.12	1.64535655		9	277 50 0.49	- 1 22 50.52	1.43948896
	13	186 32 20.31	1 15 37.08	1.64277842		13	280 10 44.73	- 1 25 47.41	1.43509501
	17	188 20 13.68	1 13 2.09	1.64005869		17	282 32 20.48	- 1 28 36.67	1.43082167
	21	190 8 28.90	1 10 22.24	1.63719959	21	284 54 46.72	- 1 31 17.83	1.42667695	
	25	191 57 7.18	1 7 37.61	1.63420345	25	287 18 2.31	- 1 33 50.44	1.42266873	
	29	193 46 9.73	1 4 48.29	1.63107279	29	289 42 5.93	- 1 36 14.04	1.41880475	
Avril	2	195 35 37.77	1 1 54.36	1.62781023	Oct.	3	292 6 56.18	- 1 38 28.19	1.41509260
	6	197 25 32.52	0 58 55.94	1.62441858		7	294 32 31.47	- 1 40 32.48	1.41153969
	10	199 15 55.18	0 55 53.12	1.62090076		11	296 58 50.13	- 1 42 26.48	1.40815320
	14	201 6 46.96	0 52 46.02	1.61725987		15	299 25 50.30	- 1 44 9.81	1.40494007
	18	202 58 9.08	0 49 34.74	1.61349916		19	301 53 30.04	- 1 45 42.11	1.40190698
	22	204 50 2.72	0 46 19.41	1.60962204	23	304 21 47.25	- 1 47 3.03	1.39906032	
	26	206 42 29.08	0 43 0.16	1.60563206	27	306 50 39.72	- 1 48 12.26	1.39640615	
Mai	30	208 35 29.36	0 39 37.12	1.60153297	Nov.	31	309 20 5.11	- 1 49 9.50	1.39395018
	4	210 29 4.74	0 36 10.44	1.59732864		4	311 50 0.99	- 1 49 54.52	1.39169775
	8	212 23 16.38	0 32 40.26	1.59302314		8	314 20 24.79	- 1 50 27.08	1.38965380
	12	214 18 5.45	0 29 6.76	1.58862070		12	316 51 13.87	- 1 50 47.00	1.38782287
	16	216 13 33.10	0 25 30.09	1.58412570		16	319 22 25.47	- 1 50 54.15	1.38620902
Juin	20	218 9 40.47	0 21 50.43	1.57954273	Déc.	20	321 53 56.79	- 1 50 48.41	1.38481589
	24	220 6 28.66	0 18 7.98	1.57487653		24	324 25 44.90	- 1 50 29.71	1.38364662
	28	222 3 58.79	0 14 22.93	1.57013202		28	326 57 46.86	- 1 49 58.05	1.38270386
	1	224 2 11.93	0 10 35.48	1.56531430		2	329 29 59.64	- 1 49 13.42	1.38198977
	5	226 1 9.14	0 6 45.87	1.56042865		6	332 2 20.20	- 1 48 15.91	1.38150595
	9	228 0 51.44	0 2 54.31	1.55548053	10	334 34 45.45	- 1 47 5.61	1.38125354	
	13	230 1 19.85	- 0 0 58.95	1.55047557	14	337 7 12.29	- 1 45 42.67	1.38123309	
	17	232 2 35.33	- 0 4 53.65	1.54541958	18	339 39 37.62	- 1 44 7.28	1.38144465	
	21	234 4 38.82	- 0 8 49.53	1.54031856	22	342 11 58.34	- 1 42 19.67	1.38188773	
	25	236 7 31.21	- 0 12 46.31	1.53517868	26	344 44 11.37	- 1 40 20.12	1.38256130	
	29	238 11 13.37	- 0 16 43.70	1.53000628	30	347 16 13.66	- 1 38 8.93	1.38346381	

JUPITER, SATURNE, URANUS, NEPTUNE 2014 à 0h TT

LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

JUPITER

SATURNE

JUPITER				SATURNE			
Date	longitude	latitude	rayon v.	Date	longitude	latitude	rayon v.
	° / ' "	° / ' "	ua		° / ' "	° / ' "	ua
Janv. 0	104 46 4.16	0 5 48.17	5.191 808 8	Janv. 0	225 44 59.09	2 18 14.57	9.880 361 1
16	106 5 58.00	0 7 36.87	5.197 717 6	16	226 14 53.09	2 17 44.89	9.883 923 8
Févr. 1	107 25 40.96	0 9 25.08	5.203 621 9	Févr. 1	226 44 45.83	2 17 14.60	9.887 458 2
17	108 45 13.09	0 11 12.73	5.209 518 3	17	227 14 37.33	2 16 43.70	9.890 963 9
Mars 5	110 4 34.43	0 12 59.78	5.215 403 9	Mars 5	227 44 27.60	2 16 12.21	9.894 440 3
Avril 21	111 23 45.03	0 14 46.18	5.221 275 8	Avril 21	228 14 16.65	2 15 40.13	9.897 887 1
6	112 42 44.97	0 16 31.87	5.227 131 1	6	228 44 4.49	2 15 7.46	9.901 303 9
22	114 1 34.32	0 18 16.80	5.232 966 9	22	229 13 51.13	2 14 34.20	9.904 690 4
Mai 8	115 20 13.17	0 20 0.92	5.238 780 3	Mai 8	229 43 36.57	2 14 0.36	9.908 046 6
24	116 38 41.59	0 21 44.19	5.244 568 2	24	230 13 20.82	2 13 25.94	9.911 372 3
Juin 9	117 56 59.68	0 23 26.55	5.250 327 8	Juin 9	230 43 3.90	2 12 50.95	9.914 667 4
25	119 15 7.53	0 25 7.96	5.256 056 1	25	231 12 45.82	2 12 15.38	9.917 931 7
Juill. 11	120 33 5.24	0 26 48.38	5.261 750 1	Juill. 11	231 42 26.58	2 11 39.24	9.921 165 3
27	121 50 52.91	0 28 27.75	5.267 407 0	27	232 12 6.21	2 11 2.54	9.924 368 0
Août 12	123 8 30.65	0 30 6.04	5.273 023 5	Août 12	232 41 44.71	2 10 25.28	9.927 539 7
Sept. 28	124 25 58.56	0 31 43.21	5.278 596 9	Sept. 28	233 11 22.11	2 9 47.46	9.930 680 2
13	125 43 16.74	0 33 19.20	5.284 124 4	13	233 40 58.41	2 9 9.08	9.933 789 1
29	127 0 25.31	0 34 53.99	5.289 603 4	29	234 10 33.63	2 8 30.15	9.936 866 1
Oct. 15	128 17 24.39	0 36 27.53	5.295 031 1	Oct. 15	234 40 7.78	2 7 50.68	9.939 911 0
31	129 34 14.09	0 37 59.79	5.300 405 1	31	235 9 40.87	2 7 10.66	9.942 923 5
Nov. 16	130 50 54.53	0 39 30.72	5.305 722 6	Nov. 16	235 39 12.92	2 6 30.10	9.945 903 4
Déc. 2	132 7 25.86	0 41 0.30	5.310 981 4	Déc. 2	236 8 43.94	2 5 49.01	9.948 850 4
18	133 23 48.19	0 42 28.48	5.316 179 0	18	236 38 13.93	2 5 7.38	9.951 764 3

URANUS

NEPTUNE

URANUS				NEPTUNE			
Date	longitude	latitude	rayon v.	Date	longitude	latitude	rayon v.
	° / ' "	° / ' "	ua		° / ' "	° / ' "	ua
Janv. 0	11 16 52.58	- 0 41 9.85	20.034 301 5	Janv. 0	334 31 22.37	- 0 41 3.19	29.979 334 8
Févr. 1	11 37 30.80	- 0 41 2.13	20.032 036 9	Févr. 1	334 42 54.24	- 0 41 22.90	29.978 376 6
Mars 5	11 58 9.18	- 0 40 54.32	20.029 741 4	Mars 5	334 54 26.10	- 0 41 42.59	29.977 428 0
Avril 6	12 18 47.74	- 0 40 46.43	20.027 416 5	Avril 6	335 5 57.96	- 0 42 2.25	29.976 489 3
Mai 8	12 39 26.50	- 0 40 38.44	20.025 061 7	Mai 8	335 17 29.84	- 0 42 21.89	29.975 559 0
Juin 9	13 0 5.47	- 0 40 30.37	20.022 676 3	Juin 9	335 29 1.74	- 0 42 41.50	29.974 636 2
Juill. 11	13 20 44.66	- 0 40 22.21	20.020 259 5	Juill. 11	335 40 33.64	- 0 43 1.07	29.973 720 5
Août 12	13 41 24.04	- 0 40 13.95	20.017 811 1	Août 12	335 52 5.55	- 0 43 20.63	29.972 811 9
Sept. 13	14 2 3.64	- 0 40 5.61	20.015 331 9	Sept. 13	336 3 37.47	- 0 43 40.15	29.971 912 1
Oct. 15	14 22 43.44	- 0 39 57.18	20.012 823 3	Oct. 15	336 15 9.39	- 0 43 59.64	29.971 021 5
Nov. 16	14 43 23.46	- 0 39 48.67	20.010 285 6	Nov. 16	336 26 41.33	- 0 44 19.11	29.970 140 2
Déc. 18	15 4 3.71	- 0 39 40.06	20.007 719 1	Déc. 18	336 38 13.30	- 0 44 38.55	29.969 268 0

MERCURE 2014 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 46 10.533	-24 49 2.77	1.43680507	Févr.	15	21 55 43.987	- 8 43 27.27	0.65132804
	1	18 53 15.934	-24 44 10.65	1.43333610		16	21 51 20.479	- 9 3 31.27	0.64525409
	2	19 0 22.014	-24 37 49.59	1.42925996		17	21 46 56.366	- 9 25 49.19	0.64155649
	3	19 7 28.621	-24 29 58.71	1.42456528		18	21 42 38.244	- 9 49 42.00	0.64014138
	4	19 14 35.597	-24 20 37.20	1.41923945		19	21 38 32.124	-10 14 31.51	0.64088352
	5	19 21 42.770	-24 9 44.31	1.41326852		20	21 34 43.216	-10 39 42.01	0.64363362
	6	19 28 49.962	-23 57 19.39	1.40663722		21	21 31 15.798	-11 4 41.56	0.64822591
	7	19 35 56.978	-23 43 21.88	1.39932890		22	21 28 13.161	-11 29 2.73	0.65448551
	8	19 43 3.610	-23 27 51.33	1.39132547		23	21 25 37.633	-11 52 22.82	0.66223489
	9	19 50 9.630	-23 10 47.43	1.38260744		24	21 23 30.653	-12 14 23.79	0.67129930
	10	19 57 14.788	-22 52 10.02	1.37315393		25	21 21 52.885	-12 34 51.85	0.68151098
	11	20 4 18.809	-22 31 59.12	1.36294273		26	21 20 44.347	-12 53 36.95	0.69271216
	12	20 11 21.388	-22 10 14.99	1.35195046		27	21 20 4.545	-13 10 32.14	0.70475698
	13	20 18 22.185	-21 46 58.11	1.34015266		28	21 19 52.596	-13 25 32.99	0.71751251
14	20 25 20.819	-21 22 9.27	1.32752408	Mars	1	21 20 7.343	-13 38 37.07	0.73085909	
15	20 32 16.864	-20 55 49.63	1.31403894	2	21 20 47.443	-13 49 43.42	0.74469005		
16	20 39 9.836	-20 28 0.74	1.29967140	3	21 21 51.453	-13 58 52.22	0.75891114		
17	20 45 59.189	-19 58 44.67	1.28439602	4	21 23 17.877	-14 6 4.42	0.77343964		
18	20 52 44.302	-19 28 4.08	1.26818849	5	21 25 5.221	-14 11 21.56	0.78820339		
19	20 59 24.468	-18 56 2.29	1.25102647	6	21 27 12.020	-14 14 45.53	0.80313977		
20	21 5 58.882	-18 22 43.44	1.23289062	7	21 29 36.862	-14 16 18.43	0.81819463		
21	21 12 26.625	-17 48 12.61	1.21376589	8	21 32 18.402	-14 16 2.50	0.83332142		
22	21 18 46.648	-17 12 35.96	1.19364304	9	21 35 15.375	-14 14 0.01	0.84848019		
23	21 24 57.762	-16 36 0.89	1.17252043	10	21 38 26.598	-14 10 13.24	0.86363682		
24	21 30 58.614	-15 58 36.21	1.15040610	11	21 41 50.970	-14 4 44.42	0.87876228		
25	21 36 47.680	-15 20 32.32	1.12731999	12	21 45 27.477	-13 57 35.72	0.89383192		
26	21 42 23.248	-14 42 1.35	1.10329649	13	21 49 15.183	-13 48 49.23	0.90882491		
27	21 47 43.410	-14 3 17.36	1.07838700	14	21 53 13.234	-13 38 26.95	0.92372368		
28	21 52 46.063	-13 24 36.42	1.05266253	15	21 57 20.848	-13 26 30.81	0.93851345		
29	21 57 28.910	-12 46 16.67	1.02621609	16	22 1 37.314	-13 13 2.63	0.95318179		
30	22 1 49.485	-12 8 38.39	0.99916468	17	22 6 1.988	-12 58 4.16	0.96771828		
31	22 5 45.180	-11 32 3.81	0.97165064	18	22 10 34.287	-12 41 37.07	0.98211413		
Févr.	1	22 9 13.297	-10 56 56.99	0.94384215	19	22 15 13.686	-12 23 42.94	0.99636190	
	2	22 12 11.119	-10 23 43.44	0.91593254	20	22 19 59.712	-12 4 23.31	1.01045524	
	3	22 14 36.000	- 9 52 49.64	0.88813834	21	22 24 51.942	-11 43 39.64	1.02438866	
	4	22 16 25.472	- 9 24 42.42	0.86069595	22	22 29 50.000	-11 21 33.33	1.03815730	
	5	22 17 37.377	- 8 59 48.16	0.83385699	23	22 34 53.550	-10 58 5.74	1.05175675	
	6	22 18 10.018	- 8 38 31.79	0.80788242	24	22 40 2.298	-10 33 18.20	1.06518287	
	7	22 18 2.313	- 8 21 15.74	0.78303571	25	22 45 15.985	-10 7 11.96	1.07843166	
	8	22 17 13.956	- 8 8 18.72	0.75957531	26	22 50 34.388	- 9 39 48.27	1.09149907	
	9	22 15 45.565	- 7 59 54.52	0.73774679	27	22 55 57.317	- 9 11 8.32	1.10438089	
	10	22 13 38.804	- 7 56 10.81	0.71777499	28	23 1 24.616	- 8 41 13.28	1.11707260	
	11	22 10 56.451	- 7 57 8.16	0.69985655	29	23 6 56.156	- 8 10 4.28	1.12956926	
	12	22 7 42.411	- 8 2 39.37	0.68415329	30	23 12 31.841	- 7 37 42.45	1.14186530	
	13	22 4 1.642	- 8 12 29.28	0.67078673	31	23 18 11.602	- 7 4 8.87	1.15395444	
	14	21 59 59.997	- 8 26 15.07	0.65983440	Avril	1	23 23 55.395	- 6 29 24.65	1.16582948

MERCURE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance			
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua			
Avril	2	23 29 43.203	- 5 53 30.89	1.177 482 09	Mai	18	5 6 6.723	25 14 27.96	0.980 323 17	
	3	23 35 35.033	- 5 16 28.68	1.188 902 65		19	5 12 16.352	25 21 51.21	0.958 545 26	
	4	23 41 30.912	- 4 38 19.16	1.200 080 02		20	5 18 10.884	25 27 13.27	0.936 946 88	
	5	23 47 30.894	- 3 59 3.49	1.211 001 34		21	5 23 49.840	25 30 39.71	0.915 582 97	
	6	23 53 35.051	- 3 18 42.88	1.221 651 78		22	5 29 12.762	25 32 16.12	0.894 502 86	
	7	23 59 43.477	- 2 37 18.60	1.232 014 34		23	5 34 19.209	25 32 8.14	0.873 751 03	
	8	0 5 56.288	- 1 54 51.99	1.242 069 61		24	5 39 8.756	25 30 21.37	0.853 367 74	
	9	0 12 13.614	- 1 11 24.51	1.251 795 53		25	5 43 40.985	25 27 1.34	0.833 389 77	
	10	0 18 35.606	- 0 26 57.72	1.261 167 11		26	5 47 55.488	25 22 13.53	0.813 851 03	
	11	0 25 2.430	0 18 26.66	1.270 156 18		27	5 51 51.865	25 16 3.31	0.794 783 17	
	12	0 31 34.265	1 4 46.71	1.278 731 15		28	5 55 29.727	25 8 35.98	0.776 216 16	
	13	0 38 11.303	1 52 0.33	1.286 856 70		29	5 58 48.698	24 59 56.69	0.758 178 74	
	14	0 44 53.744	2 40 5.11	1.294 493 60		30	6 1 48.421	24 50 10.53	0.740 698 92	
	15	0 51 41.796	3 28 58.39	1.301 598 41		31	6 4 28.564	24 39 22.49	0.723 804 34	
	16	0 58 35.666	4 18 37.09	1.308 123 38		Juin	1	6 4 48.829	24 27 37.45	0.707 522 61
	17	1 5 35.556	5 8 57.76	1.314 016 34			2	6 8 48.963	24 15 0.24	0.691 881 64
18	1 12 41.659	5 59 56.42	1.319 220 67	3	6 10 28.769		24 1 35.66	0.676 909 79		
19	1 19 54.149	6 51 28.59	1.323 675 50	4	6 11 48.124		23 47 28.47	0.662 636 11		
20	1 27 13.173	7 43 29.11	1.327 316 00	5	6 12 46.989		23 32 43.43	0.649 090 43		
21	1 34 38.839	8 35 52.16	1.330 073 95	6	6 13 25.432		23 17 25.38	0.636 303 37		
22	1 42 11.209	9 28 31.15	1.331 878 58	7	6 13 43.643		23 1 39.22	0.624 306 36		
23	1 49 50.284	10 21 18.70	1.332 657 67	8	6 13 41.956		22 45 29.97	0.613 131 52		
24	1 57 35.991	11 14 6.56	1.332 339 09	9	6 13 20.869		22 29 2.86	0.602 811 47		
25	2 5 28.169	12 6 45.62	1.330 852 54	10	6 12 41.059		22 12 23.32	0.593 379 10		
26	2 13 26.559	12 59 5.92	1.328 131 83	11	6 11 43.402		21 55 37.05	0.584 867 17		
27	2 21 30.787	13 50 56.70	1.324 117 27	12	6 10 28.982		21 38 50.04	0.577 307 91		
28	2 29 40.354	14 42 6.52	1.318 758 37	13	6 8 59.102		21 22 8.63	0.570 732 54		
29	2 37 54.636	15 32 23.36	1.312 016 50	14	6 7 15.282		21 5 39.46	0.565 170 66		
30	2 46 12.874	16 21 34.85	1.303 867 47	15	6 5 19.254		20 49 29.52	0.560 649 74		
Mai	1	2 54 34.182	17 9 28.54	1.294 303 68	16		6 3 12.946	20 33 46.05	0.557 194 48	
	2	3 2 57.561	17 55 52.11	1.283 335 74	17	6 0 58.461	20 18 36.53	0.554 826 34		
	3	3 11 21.907	18 40 33.75	1.270 993 24	18	5 58 38.045	20 4 8.52	0.553 563 09		
	4	3 19 46.039	19 23 22.39	1.257 324 69	19	5 56 14.048	19 50 29.62	0.553 418 41		
	5	3 28 8.722	20 4 8.02	1.242 396 50	20	5 53 48.885	19 37 47.26	0.554 401 65		
	6	3 36 28.691	20 42 41.92	1.226 291 02	21	5 51 24.984	19 26 8.58	0.556 517 69		
	7	3 44 44.683	21 18 56.79	1.209 103 98	22	5 49 4.747	19 15 40.24	0.559 766 90		
	8	3 52 55.454	21 52 46.89	1.190 941 38	23	5 46 50.502	19 6 28.26	0.564 145 23		
	9	4 0 59.806	22 24 8.08	1.171 916 15	24	5 44 44.465	18 58 37.85	0.569 644 44		
	10	4 8 56.599	22 52 57.76	1.152 144 87	25	5 42 48.709	18 52 13.31	0.576 252 33		
	11	4 16 44.766	23 19 14.81	1.131 744 74	26	5 41 5.135	18 47 17.92	0.583 953 16		
	12	4 24 23.316	23 42 59.45	1.110 830 91	27	5 39 35.455	18 43 53.86	0.592 728 07		
	13	4 31 51.338	24 4 13.08	1.089 514 39	28	5 38 21.185	18 42 2.19	0.602 555 48		
	14	4 39 7.997	24 22 58.14	1.067 900 40	29	5 37 23.637	18 41 42.85	0.613 411 56		
	15	4 46 12.532	24 39 17.92	1.046 087 29	30	5 36 43.930	18 42 54.69	0.625 270 65		
	16	4 53 4.248	24 53 16.40	1.024 165 93	Juill.	1	5 36 22.996	18 45 35.52	0.638 105 58	
17	4 59 42.507	25 4 58.10	1.002 219 41	2		5 36 21.592	18 49 42.17	0.651 887 98		

MERCURE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance			
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua			
Juill.	3	5	36	40.321	18	55	10.59	0.66658853	Août	18	10	27	6.491	11	19	42.44	1.34767585	
	4	5	37	19.650	19	1	55.91	0.68217705		19	10	33	59.945	10	35	5.80	1.34367259	
	5	5	38	19.923	19	9	52.54	0.69862255		20	10	40	45.590	9	50	9.33	1.33906168	
	6	5	39	41.386	19	18	54.24	0.71589318		21	10	47	23.662	9	4	57.85	1.33388200	
	7	5	41	24.203	19	28	54.15	0.73395609		22	10	53	54.406	8	19	35.77	1.32816886	
	8	5	43	28.469	19	39	44.93	0.75277713		23	11	0	18.069	7	34	7.20	1.32195415	
	9	5	45	54.223	19	51	18.73	0.77232053		24	11	6	34.900	6	48	35.90	1.31526655	
	10	5	48	41.464	20	3	27.25	0.79254845		25	11	12	45.139	6	3	5.35	1.30813171	
	11	5	51	50.154	20	16	1.79	0.81342043		26	11	18	49.023	5	17	38.80	1.30057251	
	12	5	55	20.224	20	28	53.22	0.83489274		27	11	24	46.778	4	32	19.24	1.29260923	
	13	5	59	11.577	20	41	52.01	0.85691774		28	11	30	38.618	3	47	9.49	1.28425979	
	14	6	3	24.089	20	54	48.27	0.87944310		29	11	36	24.745	3	2	12.19	1.27553993	
	15	6	7	57.607	21	7	31.68	0.90241108		30	11	42	5.346	2	17	29.83	1.26646344	
	16	6	12	51.936	21	19	51.59	0.92575779		31	11	47	40.593	1	33	4.78	1.25704232	
	17	6	18	6.837	21	31	37.00	0.94941242		Sept.	1	11	53	10.640	0	48	59.29	1.24728697
	18	6	23	42.011	21	42	36.59	0.97329672		2	11	58	35.624	0	5	15.54	1.23720634	
	19	6	29	37.086	21	52	38.79	0.99732437		3	12	3	55.663	-0	38	4.35	1.22680813	
20	6	35	51.597	22	1	31.83	1.02140078	4	12	9	10.854	-1	20	58.33	1.21609890			
21	6	42	24.974	22	9	3.87	1.04542299	5	12	14	21.275	-2	3	24.36	1.20508421			
22	6	49	16.522	22	15	3.12	1.06928010	6	12	19	26.982	-2	45	20.43	1.19376878			
23	6	56	25.405	22	19	18.02	1.09285405	7	12	24	28.010	-3	26	44.54	1.18215656			
24	7	3	50.633	22	21	37.46	1.11602102	8	12	29	24.369	-4	7	34.66	1.17025085			
25	7	11	31.056	22	21	51.01	1.13865336	9	12	34	16.048	-4	47	48.75	1.15805439			
26	7	19	25.358	22	19	49.19	1.16062211	10	12	39	3.009	-5	27	24.73	1.14556945			
27	7	27	32.068	22	15	23.73	1.18180001	11	12	43	45.186	-6	6	20.43	1.13279795			
28	7	35	49.570	22	8	27.83	1.20206488	12	12	48	22.480	-6	44	33.63	1.11974159			
29	7	44	16.135	21	58	56.40	1.22130303	13	12	52	54.758	-7	22	1.97	1.10640201			
30	7	52	49.948	21	46	46.23	1.23941270	14	12	57	21.846	-7	58	42.95	1.09278094			
31	8	1	29.152	21	31	56.05	1.25630696	15	13	1	43.532	-8	34	33.93	1.07888043			
Août	1	8	10	11.889	21	14	26.59	1.27191608	16	13	5	59.557	-9	9	32.06	1.06470301		
2	8	18	56.349	20	54	20.47	1.28618893	17	13	10	9.615	-9	43	34.30	1.05025193			
3	8	27	40.806	20	31	42.09	1.29909359	18	13	14	13.346	-10	16	37.35	1.03553138			
4	8	36	23.660	20	6	37.39	1.31061691	19	13	18	10.333	-10	48	37.64	1.02054676			
5	8	45	3.460	19	39	13.60	1.32076332	20	13	22	0.098	-11	19	31.29	1.00530496			
6	8	53	38.925	19	9	38.92	1.32955296	21	13	25	42.095	-11	49	14.03	0.98981468			
7	9	2	8.955	18	38	2.30	1.33701934	22	13	29	15.704	-12	17	41.20	0.97408684			
8	9	10	32.632	18	4	33.10	1.34320681	23	13	32	40.224	-12	44	47.68	0.95813499			
9	9	18	49.214	17	29	20.88	1.34816794	24	13	35	54.870	-13	10	27.79	0.94197581			
10	9	26	58.124	16	52	35.18	1.35196107	25	13	38	58.762	-13	34	35.29	0.92562970			
11	9	34	58.941	16	14	25.35	1.35464804	26	13	41	50.925	-13	57	3.24	0.90912146			
12	9	42	51.375	15	35	0.41	1.35629228	27	13	44	30.279	-14	17	43.97	0.89248099			
13	9	50	35.258	14	54	28.99	1.35695719	28	13	46	55.639	-14	36	28.95	0.87574422			
14	9	58	10.519	14	12	59.23	1.35670489	29	13	49	5.712	-14	53	8.78	0.85895406			
15	10	5	37.170	13	30	38.81	1.35559529	30	13	50	59.106	-15	7	33.05	0.84216149			
16	10	12	55.288	12	47	34.85	1.35368540	Oct.	1	13	52	34.331	-15	19	30.30	0.82542678		
17	10	20	5.005	12	3	54.01	1.35102890	2	13	53	49.821	-15	28	48.02	0.80882080			

MERCURE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua		
Oct.	3	13 54 43.961	-15 35 12.64	0.792 426 48	Nov.	18	14 47 33.456	-14 53 5.71	1.325 381 83
	4	13 55 15.120	-15 38 29.65	0.776 340 21		19	14 53 42.722	-15 27 15.55	1.338 282 56
	5	13 55 21.716	-15 38 23.79	0.760 673 29		20	14 59 54.318	-16 0 51.99	1.350 382 14
	6	13 55 2.280	-15 34 39.40	0.745 553 25		21	15 6 8.106	-16 33 51.25	1.361 701 97
	7	13 54 15.558	-15 27 1.02	0.731 124 81		22	15 12 23.981	-17 6 9.96	1.372 262 88
	8	13 53 0.625	-15 15 14.14	0.717 550 53		23	15 18 41.860	-17 37 45.08	1.382 084 94
	9	13 51 17.024	-14 59 6.37	0.705 010 52		24	15 25 1.681	-18 8 33.83	1.391 187 33
	10	13 49 4.924	-14 38 28.78	0.693 701 34		25	15 31 23.399	-18 38 33.70	1.399 588 24
	11	13 46 25.279	-14 13 17.71	0.683 833 38		26	15 37 46.980	-19 7 42.35	1.407 304 83
	12	13 43 19.980	-13 43 36.64	0.675 626 64		27	15 44 12.403	-19 35 57.62	1.414 353 14
	13	13 39 51.981	-13 9 38.21	0.669 304 62		28	15 50 39.654	-20 3 17.50	1.420 748 11
	14	13 36 5.361	-12 31 45.93	0.665 086 12		29	15 57 8.725	-20 29 40.10	1.426 503 46
15	13 32 5.301	-11 50 35.27	0.663 175 39	30	16 3 39.615	-20 55 3.63	1.431 631 78		
16	13 27 57.959	-11 6 53.78	0.663 751 01	Déc.	1	16 10 12.325	-21 19 26.38	1.436 144 42	
17	13 23 50.236	-10 21 39.92	0.666 954 54		2	16 16 46.855	-21 42 46.75	1.440 051 55	
18	13 19 49.440	- 9 36 0.47	0.672 880 07	3	16 23 23.208	-22 5 3.16	1.443 362 11		
19	13 16 2.891	- 8 51 6.77	0.681 565 92	4	16 30 1.380	-22 26 14.10	1.446 083 83		
20	13 12 37.502	- 8 8 10.27	0.692 989 58	5	16 36 41.368	-22 46 18.10	1.448 223 26		
21	13 9 39.405	- 7 28 17.92	0.707 066 62	6	16 43 23.160	-23 5 13.72	1.449 785 73		
22	13 7 13.649	- 6 52 28.16	0.723 653 48	7	16 50 6.740	-23 22 59.53	1.450 775 40		
23	13 5 24.015	- 6 21 28.06	0.742 554 07	8	16 56 52.084	-23 39 34.14	1.451 195 26		
24	13 4 12.947	- 5 55 51.66	0.763 528 99	9	17 3 39.164	-23 54 56.16	1.451 047 16		
25	13 3 41.591	- 5 35 59.75	0.786 306 69	10	17 10 27.942	-24 9 4.23	1.450 331 80		
26	13 3 49.921	- 5 22 0.61	0.810 595 25	11	17 17 18.371	-24 21 56.98	1.449 048 76		
27	13 4 36.924	- 5 13 51.65	0.836 094 03	12	17 24 10.396	-24 33 33.08	1.447 196 52		
28	13 6 0.808	- 5 11 21.31	0.862 504 30	13	17 31 3.953	-24 43 51.22	1.444 772 42		
29	13 7 59.220	- 5 14 11.23	0.889 538 40	14	17 37 58.966	-24 52 50.07	1.441 772 72		
30	13 10 29.442	- 5 21 58.28	0.916 927 07	15	17 44 55.349	-25 0 28.36	1.438 192 53		
31	13 13 28.571	- 5 34 16.30	0.944 424 76	16	17 51 53.005	-25 6 44.84	1.434 025 85		
Nov.	1	13 16 53.661	- 5 50 37.65	0.971 813 07	17	17 58 51.820	-25 11 38.25	1.429 265 51	
	2	13 20 41.830	- 6 10 34.44	0.998 902 39	18	18 5 51.671	-25 15 7.42	1.423 903 23	
	3	13 24 50.345	- 6 33 39.37	1.025 532 06	19	18 12 52.415	-25 17 11.17	1.417 929 52	
	4	13 29 16.670	- 6 59 26.40	1.051 569 30	20	18 19 53.895	-25 17 48.39	1.411 333 79	
	5	13 33 58.496	- 7 27 31.18	1.076 907 31	21	18 26 55.936	-25 16 58.03	1.404 104 25	
	6	13 38 53.758	- 7 57 31.26	1.101 462 79	22	18 33 58.339	-25 14 39.10	1.396 228 00	
	7	13 44 0.625	- 8 29 6.19	1.125 173 18	23	18 41 0.887	-25 10 50.67	1.387 691 04	
	8	13 49 17.499	- 9 1 57.54	1.147 993 82	24	18 48 3.337	-25 5 31.91	1.378 478 32	
	9	13 54 42.993	- 9 35 48.79	1.169 895 18	25	18 55 5.422	-24 58 42.10	1.368 573 73	
	10	14 0 15.919	-10 10 25.27	1.190 860 31	26	19 2 6.846	-24 50 20.62	1.357 960 26	
	11	14 5 55.262	-10 45 33.95	1.210 882 44	27	19 9 7.283	-24 40 27.03	1.346 619 95	
	12	14 11 40.165	-11 21 3.35	1.229 962 98	28	19 16 6.372	-24 29 1.03	1.334 534 09	
13	14 17 29.906	-11 56 43.35	1.248 109 71	29	19 23 3.713	-24 16 2.57	1.321 683 31		
14	14 23 23.886	-12 32 25.05	1.265 335 24	30	19 29 58.858	-24 1 31.84	1.308 047 76		
15	14 29 21.604	-13 8 0.63	1.281 655 76	31	19 36 51.307	-23 45 29.33	1.293 607 42		
16	14 35 22.652	-13 43 23.20	1.297 089 97	32	19 43 40.496	-23 27 55.87	1.278 342 41		
17	14 41 26.693	-14 18 26.68	1.311 658 21	33	19 50 25.792	-23 8 52.74	1.262 233 47		

VÉNUS 2014 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	55	27.026	-18	23	51.51	0.28295410	Févr.	15	19	11	19.054	-16	25	32.28	0.41068869
	1	19	53	38.593	-18	12	57.12	0.28007088		16	19	13	23.821	-16	27	49.32	0.41745656
	2	19	51	41.598	-18	2	19.59	0.27743863		17	19	15	35.120	-16	29	56.58	0.42429662
	3	19	49	36.603	-17	51	59.85	0.27506484		18	19	17	52.705	-16	31	52.72	0.43120474
	4	19	47	24.250	-17	41	58.87	0.27295673		19	19	20	16.336	-16	33	36.46	0.43817695
	5	19	45	5.261	-17	32	17.56	0.27112107		20	19	22	45.776	-16	35	6.56	0.44520943
	6	19	42	40.438	-17	22	56.87	0.26956410		21	19	25	20.792	-16	36	21.87	0.45229854
	7	19	40	10.656	-17	13	57.71	0.26829137		22	19	28	1.155	-16	37	21.27	0.45944079
	8	19	37	36.856	-17	5	20.99	0.26730769		23	19	30	46.641	-16	38	3.72	0.46663286
	9	19	35	0.034	-16	57	7.62	0.26661694		24	19	33	37.028	-16	38	28.25	0.47387161
	10	19	32	21.229	-16	49	18.48	0.26622204		25	19	36	32.098	-16	38	33.91	0.48115408
	11	19	29	41.509	-16	41	54.41	0.26612488		26	19	39	31.639	-16	38	19.86	0.48847751
	12	19	27	1.958	-16	34	56.23	0.26632628		27	19	42	35.443	-16	37	45.27	0.49583934
	13	19	24	23.658	-16	28	24.69	0.26682597		28	19	45	43.308	-16	36	49.37	0.50323727
14	19	21	47.676	-16	22	20.46	0.26762261	Mars	1	19	48	55.042	-16	35	31.43	0.51066922	
15	19	19	15.051	-16	16	44.13	0.26871380	2	19	52	10.459	-16	33	50.77	0.51813330		
16	19	16	46.778	-16	11	36.18	0.27009612	3	19	55	29.385	-16	31	46.75	0.52562783		
17	19	14	23.797	-16	6	56.96	0.27176519	4	19	58	51.653	-16	29	18.78	0.53315124		
18	19	12	6.986	-16	2	46.69	0.27371572	5	20	2	17.106	-16	26	26.30	0.54070208		
19	19	9	57.148	-15	59	5.42	0.27594163	6	20	5	45.590	-16	23	8.81	0.54827895		
20	19	7	55.004	-15	55	53.07	0.27843611	7	20	9	16.960	-16	19	25.84	0.55588047		
21	19	6	1.196	-15	53	9.38	0.28119173	8	20	12	51.075	-16	15	16.94	0.56350532		
22	19	4	16.276	-15	50	53.92	0.28420052	9	20	16	27.801	-16	10	41.73	0.57115217		
23	19	2	40.713	-15	49	6.13	0.28745411	10	20	20	7.007	-16	5	39.85	0.57881973		
24	19	1	14.888	-15	47	45.25	0.29094379	11	20	23	48.567	-16	0	10.99	0.58650672		
25	18	59	59.102	-15	46	50.40	0.29466060	12	20	27	32.361	-15	54	14.86	0.59421190		
26	18	58	53.574	-15	46	20.55	0.29859550	13	20	31	18.271	-15	47	51.23	0.60193401		
27	18	57	58.450	-15	46	14.56	0.30273935	14	20	35	6.187	-15	40	59.88	0.60967183		
28	18	57	13.807	-15	46	31.17	0.30708311	15	20	38	55.999	-15	33	40.65	0.61742416		
29	18	56	39.659	-15	47	9.00	0.31161787	16	20	42	47.605	-15	25	53.40	0.62518977		
30	18	56	15.966	-15	48	6.60	0.31633498	17	20	46	40.904	-15	17	38.04	0.63296745		
31	18	56	2.643	-15	49	22.43	0.32122605	18	20	50	35.800	-15	8	54.51	0.64075598		
Févr.	1	18	55	59.566	-15	50	54.87	0.32628308	19	20	54	32.201	-14	59	42.79	0.64855415	
	2	18	56	6.584	-15	52	42.27	0.33149836	20	20	58	30.017	-14	50	2.89	0.65636071	
	3	18	56	23.524	-15	54	42.91	0.33686455	21	21	2	29.159	-14	39	54.88	0.66417445	
	4	18	56	50.192	-15	56	55.05	0.34237457	22	21	6	29.541	-14	29	18.83	0.67199416	
	5	18	57	26.380	-15	59	16.95	0.34802159	23	21	10	31.080	-14	18	14.90	0.67981865	
	6	18	58	11.866	-16	1	46.85	0.35379905	24	21	14	33.692	-14	6	43.24	0.68764676	
	7	18	59	6.415	-16	4	22.98	0.35970058	25	21	18	37.298	-13	54	44.06	0.69547740	
	8	19	0	9.786	-16	7	3.61	0.36572005	26	21	22	41.819	-13	42	17.58	0.70330955	
9	19	1	21.730	-16	9	47.00	0.37185154	27	21	26	47.180	-13	29	24.06	0.71114226		
10	19	2	41.992	-16	12	31.44	0.37808935	28	21	30	53.308	-13	16	3.76	0.71897473		
11	19	4	10.315	-16	15	15.27	0.38442800	29	21	35	0.137	-13	2	16.99	0.72680622		
12	19	5	46.440	-16	17	56.85	0.39086221	30	21	39	7.604	-12	48	4.06	0.73463614		
13	19	7	30.110	-16	20	34.57	0.39738694	31	21	43	15.651	-12	33	25.28	0.74246401		
14	19	9	21.066	-16	23	6.88	0.40399733	Avril	1	21	47	24.223	-12	18	21.01	0.75028940	

VÉNUS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
Avril	2	21	51	33.272	-12	2	51.61	0.758 111 97	Mai	18	1	6	1.580	4	59	17.14	1.106 559 06
	3	21	55	42.752	-11	46	57.46	0.765 931 37		19	1	10	21.157	5	24	33.42	1.113 710 32
	4	21	59	52.620	-11	30	38.94	0.773 747 28		20	1	14	41.286	5	49	47.37	1.120 836 09
	5	22	4	2.837	-11	13	56.46	0.781 559 36		21	1	19	1.990	6	14	58.31	1.127 935 63
	6	22	8	13.368	-10	56	50.43	0.789 367 25		22	1	23	23.293	6	40	5.56	1.135 008 19
	7	22	12	24.181	-10	39	21.27	0.797 170 58		23	1	27	45.220	7	5	8.44	1.142 053 13
	8	22	16	35.248	-10	21	29.43	0.804 968 94		24	1	32	7.794	7	30	6.26	1.149 069 82
	9	22	20	46.541	-10	3	15.36	0.812 761 91		25	1	36	31.039	7	54	58.34	1.156 057 75
	10	22	24	58.038	-9	44	39.50	0.820 549 06		26	1	40	54.978	8	19	44.00	1.163 016 45
	11	22	29	9.720	-9	25	42.34	0.828 329 92		27	1	45	19.633	8	44	22.56	1.169 945 54
	12	22	33	21.567	-9	6	24.35	0.836 104 00		28	1	49	45.026	9	8	53.33	1.176 844 67
	13	22	37	33.568	-8	46	46.02	0.843 870 80		29	1	54	11.180	9	33	15.62	1.183 713 58
	14	22	41	45.708	-8	26	47.85	0.851 629 76		30	1	58	38.114	9	57	28.73	1.190 552 02
	15	22	45	57.978	-8	6	30.34	0.859 380 28		31	2	3	5.852	10	21	31.98	1.197 359 78
	16	22	50	10.372	-7	45	54.02	0.867 121 71		Jun 1	2	7	34.415	10	45	24.68	1.204 136 68
	17	22	54	22.882	-7	24	59.43	0.874 853 37		2	2	12	3.824	11	9	6.13	1.210 882 52
18	22	58	35.503	-7	3	47.10	0.882 574 51	3	2	16	34.101	11	32	35.64	1.217 597 13		
19	23	2	48.230	-6	42	17.62	0.890 284 35	4	2	21	5.270	11	55	52.53	1.224 280 33		
20	23	7	1.058	-6	20	31.55	0.897 982 08	5	2	25	37.351	12	18	56.11	1.230 931 92		
21	23	11	13.982	-5	58	29.50	0.905 666 89	6	2	30	10.367	12	41	45.69	1.237 551 71		
22	23	15	26.998	-5	36	12.07	0.913 337 99	7	2	34	44.339	13	4	20.57	1.244 139 51		
23	23	19	40.104	-5	13	39.87	0.920 994 63	8	2	39	19.290	13	26	40.09	1.250 695 12		
24	23	23	53.298	-4	50	53.51	0.928 636 09	9	2	43	55.240	13	48	43.55	1.257 218 29		
25	23	28	6.580	-4	27	53.63	0.936 261 76	10	2	48	32.210	14	10	30.27	1.263 708 80		
26	23	32	19.952	-4	4	40.84	0.943 871 07	11	2	53	10.219	14	31	59.58	1.270 166 34		
27	23	36	33.419	-3	41	15.76	0.951 463 57	12	2	57	49.286	14	53	10.79	1.276 590 58		
28	23	40	46.986	-3	17	39.02	0.959 038 86	13	3	2	29.428	15	14	3.23	1.282 981 08		
29	23	45	0.661	-2	53	51.25	0.966 596 64	14	3	7	10.659	15	34	36.20	1.289 337 33		
30	23	49	14.451	-2	29	53.06	0.974 136 67	15	3	11	52.991	15	54	49.02	1.295 658 74		
Mai 1	23	53	28.368	-2	5	45.10	0.981 658 72	16	3	16	36.435	16	14	40.98	1.301 944 62		
2	23	57	42.423	-1	41	27.99	0.989 162 62	17	3	21	20.999	16	34	11.39	1.308 194 25		
3	0	1	56.629	-1	17	2.36	0.996 648 18	18	3	26	6.692	16	53	19.55	1.314 406 88		
4	0	6	11.002	-0	52	28.84	1.004 115 22	19	3	30	53.518	17	12	4.77	1.320 581 78		
5	0	10	25.558	-0	27	48.06	1.011 563 54	20	3	35	41.481	17	30	26.36	1.326 718 25		
6	0	14	40.315	-0	3	0.64	1.018 992 92	21	3	40	30.582	17	48	23.65	1.332 815 66		
7	0	18	55.294	0	21	52.78	1.026 403 14	22	3	45	20.821	18	5	55.98	1.338 873 42		
8	0	23	10.516	0	46	51.58	1.033 793 94	23	3	50	12.193	18	23	2.67	1.344 891 03		
9	0	27	26.002	1	11	55.13	1.041 165 06	24	3	55	4.692	18	39	43.07	1.350 868 03		
10	0	31	41.779	1	37	2.80	1.048 516 21	25	3	59	58.309	18	55	56.53	1.356 804 04		
11	0	35	57.869	2	2	13.97	1.055 847 07	26	4	4	53.034	19	11	42.40	1.362 698 72		
12	0	40	14.300	2	27	28.02	1.063 157 30	27	4	9	48.853	19	27	0.05	1.368 551 78		
13	0	44	31.100	2	52	44.31	1.070 446 50	28	4	14	45.753	19	41	48.84	1.374 362 99		
14	0	48	48.295	3	18	2.21	1.077 714 24	29	4	19	43.717	19	56	8.15	1.380 132 12		
15	0	53	5.913	3	43	21.09	1.084 959 98	30	4	24	42.728	20	9	57.38	1.385 858 99		
16	0	57	23.983	4	8	40.31	1.092 183 15	Juill. 1	4	29	42.768	20	23	15.93	1.391 543 45		
17	1	1	42.530	4	33	59.22	1.099 383 08	2	4	34	43.816	20	36	3.21	1.397 185 36		

VÉNUS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance ua	Date	asc. droite			déclinaison			distance ua			
	h	m	s	°	'	"			h	m	s	°	'	"				
Juill.	3	4	39	45.851	20	48	18.66	1.402 784 58	Août	18	8	38	6.050	19	7	59.81	1.609 781 55	
	4	4	44	48.850	21	0	1.73	1.408 341 00		19	8	43	9.175	18	51	18.12	1.613 099 30	
	5	4	49	52.789	21	11	11.87	1.413 854 52		20	8	48	11.415	18	34	4.05	1.616 363 48	
	6	4	54	57.641	21	21	48.58	1.419 325 04		21	8	53	12.753	18	16	18.18	1.619 573 88	
	7	5	0	3.381	21	31	51.34	1.424 752 47		22	8	58	13.175	17	58	1.06	1.622 730 33	
	8	5	5	9.979	21	41	19.68	1.430 136 72		23	9	3	12.667	17	39	13.29	1.625 832 68	
	9	5	10	17.403	21	50	13.13	1.435 477 69		24	9	8	11.221	17	19	55.46	1.628 880 85	
	10	5	15	25.623	21	58	31.25	1.440 775 24		25	9	13	8.827	17	0	8.17	1.631 874 78	
	11	5	20	34.604	22	6	13.62	1.446 029 18		26	9	18	5.481	16	39	52.04	1.634 814 46	
	12	5	25	44.309	22	13	19.83	1.451 239 26		27	9	23	1.180	16	19	7.70	1.637 699 92	
	13	5	30	54.699	22	19	49.49	1.456 405 10		28	9	27	55.923	15	57	55.79	1.640 531 24	
	14	5	36	5.734	22	25	42.22	1.461 526 25		29	9	32	49.712	15	36	16.93	1.643 308 51	
	15	5	41	17.375	22	30	57.67	1.466 602 15		30	9	37	42.551	15	14	11.79	1.646 031 90	
	16	5	46	29.579	22	35	35.49	1.471 632 20		31	9	42	34.446	14	51	41.02	1.648 701 60	
	17	5	51	42.303	22	39	35.40	1.476 615 76		Sept.	1	9	47	25.405	14	28	45.30	1.651 317 85
	18	5	56	55.502	22	42	57.12	1.481 552 20		2	9	52	15.438	14	5	25.28	1.653 880 90	
	19	6	2	9.128	22	45	40.41	1.486 440 94		3	9	57	4.557	13	41	41.66	1.656 391 05	
20	6	7	23.132	22	47	45.06	1.491 281 44	4	10	1	52.774	13	17	35.12	1.658 848 64			
21	6	12	37.463	22	49	10.87	1.496 073 21	5	10	6	40.105	12	53	6.34	1.661 254 00			
22	6	17	52.068	22	49	57.71	1.500 815 84	6	10	11	26.567	12	28	16.02	1.663 607 46			
23	6	23	6.893	22	50	5.43	1.505 508 96	7	10	16	12.179	12	3	4.84	1.665 909 31			
24	6	28	21.883	22	49	33.92	1.510 152 25	8	10	20	56.962	11	37	33.48	1.668 159 78			
25	6	33	36.984	22	48	23.12	1.514 745 46	9	10	25	40.941	11	11	42.63	1.670 359 00			
26	6	38	52.142	22	46	32.96	1.519 288 35	10	10	30	24.145	10	45	32.96	1.672 507 01			
27	6	44	7.301	22	44	3.42	1.523 780 76	11	10	35	6.602	10	19	5.17	1.674 603 75			
28	6	49	22.409	22	40	54.51	1.528 222 54	12	10	39	48.341	9	52	19.94	1.676 649 08			
29	6	54	37.413	22	37	6.24	1.532 613 60	13	10	44	29.392	9	25	17.98	1.678 642 80			
30	6	59	52.260	22	32	38.69	1.536 953 87	14	10	49	9.784	8	57	60.00	1.680 584 71			
31	7	5	6.901	22	27	31.93	1.541 243 31	15	10	53	49.545	8	30	26.73	1.682 474 62			
Août	1	7	10	21.285	22	21	46.08	1.545 481 92	16	10	58	28.704	8	2	38.89	1.684 312 36		
2	7	15	35.365	22	15	21.27	1.549 669 72	17	11	3	7.293	7	34	37.21	1.686 097 78			
3	7	20	49.094	22	8	17.68	1.553 806 75	18	11	7	45.340	7	6	22.41	1.687 830 79			
4	7	26	2.426	22	0	35.51	1.557 893 09	19	11	12	22.877	6	37	55.23	1.689 511 29			
5	7	31	15.319	21	52	14.97	1.561 928 83	20	11	16	59.938	6	9	16.40	1.691 139 26			
6	7	36	27.729	21	43	16.32	1.565 914 08	21	11	21	36.554	5	40	26.64	1.692 714 67			
7	7	41	39.615	21	33	39.83	1.569 848 93	22	11	26	12.760	5	11	26.69	1.694 237 55			
8	7	46	50.939	21	23	25.80	1.573 733 48	23	11	30	48.590	4	42	17.27	1.695 707 94			
9	7	52	1.661	21	12	34.54	1.577 567 77	24	11	35	24.081	4	12	59.12	1.697 125 93			
10	7	57	11.747	21	1	6.40	1.581 351 78	25	11	39	59.269	3	43	32.96	1.698 491 66			
11	8	2	21.164	20	49	1.71	1.585 085 39	26	11	44	34.190	3	13	59.53	1.699 805 29			
12	8	7	29.880	20	36	20.86	1.588 768 35	27	11	49	8.882	2	44	19.57	1.701 067 05			
13	8	12	37.869	20	23	4.22	1.592 400 35	28	11	53	43.384	2	14	33.80	1.702 277 20			
14	8	17	45.105	20	9	12.22	1.595 981 00	29	11	58	17.731	1	44	42.96	1.703 436 07			
15	8	22	51.565	19	54	45.30	1.599 509 85	30	12	2	51.964	1	14	47.79	1.704 544 03			
16	8	27	57.224	19	39	43.92	1.602 986 49	Oct.	1	12	7	26.120	0	44	49.03	1.705 601 48		
17	8	33	2.059	19	24	8.59	1.606 410 51	2	12	12	0.237	0	14	47.42	1.706 608 89			

VÉNUS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance			
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua			
Oct.	3	12	16	34.354	- 0	15	16.29	1.70756673	Nov.	18	15	57	44.707	-20	16	58.25	1.70158578	
	4	12	21	8.512	- 0	45	21.36	1.70847550		19	16	2	57.735	-20	34	14.74	1.70044178	
	5	12	25	42.751	- 1	15	27.07	1.70933571		20	16	8	11.942	-20	50	56.31	1.69925672	
	6	12	30	17.114	- 1	45	32.66	1.71014780		21	16	13	27.306	-21	7	2.27	1.69803059	
	7	12	34	51.645	- 2	15	37.41	1.71091220		22	16	18	43.805	-21	22	31.95	1.69676338	
	8	12	39	26.390	- 2	45	40.61	1.71162922		23	16	24	1.409	-21	37	24.69	1.69545513	
	9	12	44	1.394	- 3	15	41.52	1.71229908		24	16	29	20.088	-21	51	39.87	1.69410594	
	10	12	48	36.701	- 3	45	39.41	1.71292194		25	16	34	39.807	-22	5	16.85	1.69271596	
	11	12	53	12.356	- 4	15	33.55	1.71349784		26	16	40	0.526	-22	18	15.03	1.69128541	
	12	12	57	48.401	- 4	45	23.18	1.71402678		27	16	45	22.206	-22	30	33.83	1.68981460	
	13	13	2	24.876	- 5	15	7.55	1.71450873		28	16	50	44.804	-22	42	12.68	1.68830389	
	14	13	7	1.823	- 5	44	45.90	1.71494364		29	16	56	8.275	-22	53	11.04	1.68675369	
	15	13	11	39.280	- 6	14	17.45	1.71533145		30	17	1	32.575	-23	3	28.40	1.68516446	
	16	13	16	17.286	- 6	43	41.44	1.71567215		Déc.	1	17	6	57.658	-23	13	4.27	1.68353663
	17	13	20	55.881	- 7	12	57.09	1.71596570			2	17	12	23.477	-23	21	58.20	1.68187068
	18	13	25	35.102	- 7	42	3.62	1.71621209		3	17	17	49.982	-23	30	9.77	1.68016701	
	19	13	30	14.987	- 8	11	0.25	1.71641135		4	17	23	17.122	-23	37	38.59	1.67842601	
20	13	34	55.573	- 8	39	46.21	1.71656348	5	17	28	44.844	-23	44	24.31	1.67664800			
21	13	39	36.896	- 9	8	20.70	1.71666853	6	17	34	13.091	-23	50	26.59	1.67483325			
22	13	44	18.993	- 9	36	42.95	1.71672657	7	17	39	41.807	-23	55	45.14	1.67298195			
23	13	49	1.897	-10	4	52.15	1.71673767	8	17	45	10.932	-24	0	19.68	1.67109422			
24	13	53	45.642	-10	32	47.53	1.71670196	9	17	50	40.404	-24	4	9.98	1.66917013			
25	13	58	30.261	-11	0	28.29	1.71661961	10	17	56	10.163	-24	7	15.83	1.66720970			
26	14	3	15.785	-11	27	53.62	1.71649083	11	18	1	40.144	-24	9	37.06	1.66521290			
27	14	8	2.241	-11	55	2.74	1.71631590	12	18	7	10.285	-24	11	13.51	1.66317969			
28	14	12	49.659	-12	21	54.84	1.71609514	13	18	12	40.521	-24	12	5.10	1.66110999			
29	14	17	38.064	-12	48	29.10	1.71582896	14	18	18	10.787	-24	12	11.74	1.65900369			
30	14	22	27.481	-13	14	44.72	1.71551779	15	18	23	41.019	-24	11	33.41	1.65686069			
31	14	27	17.934	-13	40	40.89	1.71516213	16	18	29	11.153	-24	10	10.10	1.65468084			
Nov.	1	14	32	9.447	-14	6	16.79	1.71476249	17	18	34	41.122	-24	8	1.87	1.65246399		
2	14	37	2.042	-14	31	31.61	1.71431942	18	18	40	10.862	-24	5	8.79	1.65020996			
3	14	41	55.745	-14	56	24.55	1.71383345	19	18	45	40.308	-24	1	30.97	1.64791857			
4	14	46	50.576	-15	20	54.82	1.71330506	20	18	51	9.396	-23	57	8.57	1.64558962			
5	14	51	46.559	-15	45	1.62	1.71273472	21	18	56	38.060	-23	52	1.79	1.64322292			
6	14	56	43.713	-16	8	44.17	1.71212280	22	19	2	6.235	-23	46	10.85	1.64081830			
7	15	1	42.056	-16	32	1.69	1.71146961	23	19	7	33.855	-23	39	36.00	1.63837566			
8	15	6	41.603	-16	54	53.38	1.71077536	24	19	13	0.857	-23	32	17.55	1.63589496			
9	15	11	42.368	-17	17	18.46	1.71004019	25	19	18	27.178	-23	24	15.80	1.63337623			
10	15	16	44.358	-17	39	16.15	1.70926418	26	19	23	52.758	-23	15	31.10	1.63081961			
11	15	21	47.581	-18	0	45.66	1.70844736	27	19	29	17.542	-23	6	3.81	1.62822531			
12	15	26	52.041	-18	21	46.21	1.70758974	28	19	34	41.475	-22	55	54.35	1.62559359			
13	15	31	57.740	-18	42	17.01	1.70669129	29	19	40	4.510	-22	45	3.14	1.62292476			
14	15	37	4.678	-19	2	17.31	1.70575201	30	19	45	26.599	-22	33	30.64	1.62021914			
15	15	42	12.850	-19	21	46.33	1.70477185	31	19	50	47.699	-22	21	17.35	1.61747704			
16	15	47	22.252	-19	40	43.31	1.70375078	32	19	56	7.768	-22	8	23.77	1.61469874			
17	15	52	32.875	-19	59	7.53	1.70268877	33	20	1	26.768	-21	54	50.44	1.61188451			

MARS 2014 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	12 44 33.814	- 2 26 25.11	1.37494545	Févr.	15	13 41 28.107	- 7 38 0.33	0.92629538
	1	12 46 13.450	- 2 36 13.95	1.36496867		16	13 42 4.577	- 7 40 48.76	0.91737886
	2	12 47 52.287	- 2 45 56.43	1.35498125		17	13 42 38.826	- 7 43 24.83	0.90853028
	3	12 49 30.307	- 2 55 32.41	1.34498477		18	13 43 10.807	- 7 45 48.37	0.89975203
	4	12 51 7.491	- 3 5 1.79	1.33498083		19	13 43 40.472	- 7 47 59.23	0.89104661
	5	12 52 43.824	- 3 14 24.45	1.32497095		20	13 44 7.774	- 7 49 57.26	0.88241661
	6	12 54 19.291	- 3 23 40.30	1.31495661		21	13 44 32.663	- 7 51 42.28	0.87386475
	7	12 55 53.879	- 3 32 49.25	1.30493916		22	13 44 55.091	- 7 53 14.16	0.86539385
	8	12 57 27.573	- 3 41 51.20	1.29491992		23	13 45 15.008	- 7 54 32.72	0.85700690
	9	12 59 0.356	- 3 50 46.06	1.28490010		24	13 45 32.364	- 7 55 37.83	0.84870701
	10	13 0 32.212	- 3 59 33.73	1.27488087		25	13 45 47.111	- 7 56 29.32	0.84049745
	11	13 2 3.123	- 4 8 14.10	1.26486337		26	13 45 59.201	- 7 57 7.05	0.83238161
	12	13 3 33.068	- 4 16 47.06	1.25484872		27	13 46 8.590	- 7 57 30.88	0.82436302
	13	13 5 2.027	- 4 25 12.48	1.24483802		28	13 46 15.237	- 7 57 40.70	0.81644529
14	13 6 29.978	- 4 33 30.25	1.23483237	Mars	1	13 46 19.105	- 7 57 36.40	0.80863207	
15	13 7 56.896	- 4 41 40.25	1.22483287	2	13 46 20.165	- 7 57 17.90	0.80092702		
16	13 9 22.757	- 4 49 42.34	1.21484065	3	13 46 18.389	- 7 56 45.16	0.79333373		
17	13 10 47.536	- 4 57 36.39	1.20485686	4	13 46 13.755	- 7 55 58.13	0.78585571		
18	13 12 11.205	- 5 5 22.27	1.19488264	5	13 46 6.243	- 7 54 56.79	0.77849641		
19	13 13 33.739	- 5 12 59.85	1.18491923	6	13 45 55.834	- 7 53 41.13	0.77125919		
20	13 14 55.107	- 5 20 28.97	1.17496786	7	13 45 42.511	- 7 52 11.12	0.76414737		
21	13 16 15.281	- 5 27 49.52	1.16502985	8	13 45 26.260	- 7 50 26.77	0.75716422		
22	13 17 34.229	- 5 35 1.34	1.15510657	9	13 45 7.070	- 7 48 28.07	0.75031300		
23	13 18 51.920	- 5 42 4.30	1.14519946	10	13 44 44.932	- 7 46 15.06	0.74359695		
24	13 20 8.321	- 5 48 58.25	1.13531004	11	13 44 19.840	- 7 43 47.75	0.73701931		
25	13 21 23.397	- 5 55 43.06	1.12543992	12	13 43 51.792	- 7 41 6.20	0.73058331		
26	13 22 37.112	- 6 2 18.57	1.11559084	13	13 43 20.791	- 7 38 10.47	0.72429219		
27	13 23 49.430	- 6 8 44.63	1.10576464	14	13 42 46.842	- 7 35 0.65	0.71814918		
28	13 25 0.310	- 6 15 1.10	1.09596330	15	13 42 9.957	- 7 31 36.84	0.71215751		
29	13 26 9.713	- 6 21 7.81	1.08618893	16	13 41 30.150	- 7 27 59.18	0.70632040		
30	13 27 17.600	- 6 27 4.60	1.07644375	17	13 40 47.442	- 7 24 7.83	0.70064111		
31	13 28 23.931	- 6 32 51.34	1.06673007	18	13 40 1.859	- 7 20 2.97	0.69512287		
Févr.	1	13 29 28.669	- 6 38 27.87	1.05705023	19	13 39 13.430	- 7 15 44.81	0.68976897	
	2	13 30 31.780	- 6 43 54.07	1.04740657	20	13 38 22.192	- 7 11 13.59	0.68458269	
	3	13 31 33.232	- 6 49 9.84	1.03780134	21	13 37 28.186	- 7 6 29.60	0.67956736	
	4	13 32 32.991	- 6 54 15.05	1.02823675	22	13 36 31.462	- 7 1 33.13	0.67472633	
	5	13 33 31.024	- 6 59 9.60	1.01871491	23	13 35 32.073	- 6 56 24.54	0.67006297	
	6	13 34 27.296	- 7 3 53.37	1.00923789	24	13 34 30.083	- 6 51 4.21	0.66558065	
	7	13 35 21.771	- 7 8 26.24	0.99980770	25	13 33 25.563	- 6 45 32.56	0.66128270	
	8	13 36 14.411	- 7 12 48.08	0.99042637	26	13 32 18.592	- 6 39 50.05	0.65717244	
	9	13 37 5.178	- 7 16 58.76	0.98109588	27	13 31 9.261	- 6 33 57.21	0.65325306	
	10	13 37 54.030	- 7 20 58.13	0.97181826	28	13 29 57.672	- 6 27 54.62	0.64952765	
	11	13 38 40.928	- 7 24 46.07	0.96259553	29	13 28 43.936	- 6 21 42.89	0.64599909	
	12	13 39 25.828	- 7 28 22.40	0.95342977	30	13 27 28.177	- 6 15 22.72	0.64267002	
	13	13 40 8.687	- 7 31 47.00	0.94432305	31	13 26 10.525	- 6 8 54.84	0.63954281	
	14	13 40 49.462	- 7 34 59.69	0.93527753	Avril	1	13 24 51.119	- 6 2 20.01	0.63661952

MARS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua
Avril	2 13 23 30.105	- 5 55 39.03	0.633 901 90	Mai	18 12 34 38.391	- 2 47 13.25	0.714 804 61
	3 13 22 7.630	- 5 48 52.74	0.631 391 38		19 12 34 30.138	- 2 48 58.73	0.719 975 68
	4 13 20 43.850	- 5 42 1.98	0.629 089 10		20 12 34 24.762	- 2 51 1.06	0.725 233 84
	5 13 19 18.919	- 5 35 7.60	0.626 995 92		21 12 34 22.242	- 2 53 20.04	0.730 576 02
	6 13 17 52.998	- 5 28 10.48	0.625 112 46		22 12 34 22.557	- 2 55 55.52	0.735 999 15
	7 13 16 26.248	- 5 21 11.52	0.623 439 07		23 12 34 25.688	- 2 58 47.30	0.741 500 12
	8 13 14 58.833	- 5 14 11.62	0.621 975 85		24 12 34 31.613	- 3 1 55.22	0.747 075 82
	9 13 13 30.918	- 5 7 11.68	0.620 722 70		25 12 34 40.308	- 3 5 19.08	0.752 723 11
	10 13 12 2.670	- 5 0 12.63	0.619 679 25		26 12 34 51.748	- 3 8 58.67	0.758 438 82
	11 13 10 34.256	- 4 53 15.37	0.618 844 93		27 12 35 5.905	- 3 12 53.79	0.764 219 78
	12 13 9 5.841	- 4 46 20.83	0.618 218 95		28 12 35 22.749	- 3 17 4.20	0.770 062 80
13 13 7 37.591	- 4 39 29.92	0.617 800 29	29 12 35 42.246	- 3 21 29.66	0.775 964 73		
14 13 6 9.670	- 4 32 43.55	0.617 587 77	30 12 36 4.360	- 3 26 9.92	0.781 922 46		
15 13 4 42.238	- 4 26 2.59	0.617 580 02	31 12 36 29.055	- 3 31 4.69	0.787 932 93		
16 13 3 15.454	- 4 19 27.93	0.617 775 55	Juin	1 12 36 56.290	- 3 36 13.73	0.793 993 16	
17 13 1 49.474	- 4 13 0.42	0.618 172 70		2 12 37 26.027	- 3 41 36.73	0.800 100 24	
18 13 0 24.447	- 4 6 40.90	0.618 769 72		3 12 37 58.222	- 3 47 13.43	0.806 251 38	
19 12 59 0.524	- 4 0 30.19	0.619 564 74		4 12 38 32.835	- 3 53 3.53	0.812 443 86	
20 12 57 37.847	- 3 54 29.07	0.620 555 78		5 12 39 9.824	- 3 59 6.75	0.818 675 08	
21 12 56 16.559	- 3 48 38.30	0.621 740 74		6 12 39 49.147	- 4 5 22.80	0.824 942 54	
22 12 54 56.796	- 3 42 58.64	0.623 117 35		7 12 40 30.760	- 4 11 51.40	0.831 243 83	
23 12 53 38.696	- 3 37 30.80	0.624 683 21		8 12 41 14.621	- 4 18 32.27	0.837 576 67	
24 12 52 22.391	- 3 32 15.48	0.626 435 71		9 12 42 0.689	- 4 25 25.12	0.843 938 90	
25 12 51 8.009	- 3 27 13.35	0.628 372 04		10 12 42 48.920	- 4 32 29.66	0.850 328 48	
26 12 49 55.676	- 3 22 25.07	0.630 489 15		11 12 43 39.274	- 4 39 45.61	0.856 743 52	
27 12 48 45.511	- 3 17 51.23	0.632 783 77	12 12 44 31.707	- 4 47 12.71	0.863 182 29		
28 12 47 37.628	- 3 13 32.41	0.635 252 39	13 12 45 26.179	- 4 54 50.65	0.869 643 21		
29 12 46 32.129	- 3 9 29.13	0.637 891 30	14 12 46 22.648	- 5 2 39.18	0.876 124 85		
30 12 45 29.113	- 3 5 41.86	0.640 696 58	15 12 47 21.077	- 5 10 38.01	0.882 625 91		
Mai	1 12 44 28.665	- 3 2 11.00	0.643 664 15	16 12 48 21.428	- 5 18 46.89	0.889 145 15	
	2 12 43 30.864	- 2 58 56.92	0.646 789 80	17 12 49 23.670	- 5 27 5.57	0.895 681 41	
	3 12 42 35.777	- 2 55 59.91	0.650 069 26	18 12 50 27.773	- 5 35 33.82	0.902 233 50	
	4 12 41 43.463	- 2 53 20.24	0.653 498 17	19 12 51 33.710	- 5 44 11.42	0.908 800 20	
	5 12 40 53.974	- 2 50 58.11	0.657 072 16	20 12 52 41.456	- 5 52 58.17	0.915 380 27	
	6 12 40 7.354	- 2 48 53.69	0.660 786 86	21 12 53 50.987	- 6 1 53.85	0.921 972 37	
	7 12 39 23.638	- 2 47 7.09	0.664 637 90	22 12 55 2.278	- 6 10 58.26	0.928 575 16	
	8 12 38 42.854	- 2 45 38.41	0.668 620 92	23 12 56 15.307	- 6 20 11.19	0.935 187 23	
	9 12 38 5.027	- 2 44 27.69	0.672 731 64	24 12 57 30.047	- 6 29 32.42	0.941 807 16	
	10 12 37 30.170	- 2 43 34.96	0.676 965 80	25 12 58 46.475	- 6 39 1.75	0.948 433 52	
	11 12 36 58.295	- 2 43 0.20	0.681 319 22	26 13 0 4.564	- 6 48 38.94	0.955 064 88	
12 12 36 29.405	- 2 42 43.36	0.685 787 81	27 13 1 24.288	- 6 58 23.77	0.961 699 82		
13 12 36 3.499	- 2 42 44.37	0.690 367 59	28 13 2 45.622	- 7 8 16.01	0.968 336 95		
14 12 35 40.572	- 2 43 3.15	0.695 054 71	29 13 4 8.540	- 7 18 15.44	0.974 974 93		
15 12 35 20.613	- 2 43 39.57	0.699 845 46	30 13 5 33.015	- 7 28 21.82	0.981 612 43		
16 12 35 3.609	- 2 44 33.50	0.704 736 27	Juill.	1 13 6 59.024	- 7 38 34.91	0.988 248 21	
17 12 34 49.541	- 2 45 44.78	0.709 723 75		2 13 8 26.539	- 7 48 54.51	0.994 881 06	

MARS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua		
Juill.	3	13 9 55.539	- 7 59 20.37	1.001 509 85	Août	18	14 40 15.494	-16 52 29.54	1.292 662 50
	4	13 11 25.997	- 8 9 52.27	1.008 133 50		19	14 42 38.511	-17 4 0.07	1.298 574 79
	5	13 12 57.892	- 8 20 30.00	1.014 751 00		20	14 45 2.518	-17 15 27.25	1.304 468 05
	6	13 14 31.200	- 8 31 13.31	1.021 361 42		21	14 47 27.514	-17 26 50.89	1.310 342 08
	7	13 16 5.899	- 8 42 2.01	1.027 963 90		22	14 49 53.495	-17 38 10.78	1.316 196 67
	8	13 17 41.966	- 8 52 55.86	1.034 557 68		23	14 52 20.459	-17 49 26.71	1.322 031 60
	9	13 19 19.378	- 9 3 54.65	1.041 142 08		24	14 54 48.403	-18 0 38.47	1.327 846 64
	10	13 20 58.115	- 9 14 58.15	1.047 716 57		25	14 57 17.323	-18 11 45.87	1.333 641 56
	11	13 22 38.153	- 9 26 6.14	1.054 280 71		26	14 59 47.215	-18 22 48.69	1.339 416 13
	12	13 24 19.473	- 9 37 18.40	1.060 834 19		27	15 2 18.076	-18 33 46.71	1.345 170 15
	13	13 26 2.054	- 9 48 34.70	1.067 376 82		28	15 4 49.902	-18 44 39.74	1.350 903 42
	14	13 27 45.880	- 9 59 54.84	1.073 908 46		29	15 7 22.688	-18 55 27.57	1.356 615 78
	15	13 29 30.937	-10 11 18.61	1.080 428 98		30	15 9 56.430	-19 6 9.98	1.362 307 10
	16	13 31 17.214	-10 22 45.83	1.086 938 24		31	15 12 31.123	-19 16 46.76	1.367 977 29
	17	13 33 4.704	-10 34 16.31	1.093 436 01		Sept. 1	15 15 6.759	-19 27 17.71	1.373 626 30
	18	13 34 53.399	-10 45 49.90	1.099 922 01		2	15 17 43.333	-19 37 42.62	1.379 254 14
	19	13 36 43.294	-10 57 26.41	1.106 395 85		3	15 20 20.837	-19 48 1.27	1.384 860 91
20	13 38 34.380	-11 9 5.67	1.112 857 08	4	15 22 59.261	-19 58 13.45	1.390 446 76		
21	13 40 26.651	-11 20 47.52	1.119 305 19	5	15 25 38.598	-20 8 18.93	1.396 011 94		
22	13 42 20.098	-11 32 31.77	1.125 739 63	6	15 28 18.837	-20 18 17.50	1.401 556 82		
23	13 44 14.713	-11 44 18.23	1.132 159 81	7	15 30 59.971	-20 28 8.91	1.407 081 83		
24	13 46 10.487	-11 56 6.71	1.138 565 15	8	15 33 41.993	-20 37 52.96	1.412 587 50		
25	13 48 7.411	-12 7 57.02	1.144 955 04	9	15 36 24.900	-20 47 29.41	1.418 074 38		
26	13 50 5.475	-12 19 48.97	1.151 328 88	10	15 39 8.687	-20 56 58.06	1.423 543 04		
27	13 52 4.670	-12 31 42.34	1.157 686 07	11	15 41 53.355	-21 6 18.71	1.428 993 99		
28	13 54 4.986	-12 43 36.95	1.164 026 05	12	15 44 38.903	-21 15 31.16	1.434 427 67		
29	13 56 6.416	-12 55 32.60	1.170 348 27	13	15 47 25.330	-21 24 35.22	1.439 844 41		
30	13 58 8.949	-13 7 29.07	1.176 652 21	14	15 50 12.632	-21 33 30.71	1.445 244 46		
31	14 0 12.578	-13 19 26.18	1.182 937 38	15	15 53 0.807	-21 42 17.41	1.450 627 98		
Août 1	14 2 17.292	-13 31 23.72	1.189 203 35	16	15 55 49.851	-21 50 55.13	1.455 995 08		
2	14 4 23.084	-13 43 21.49	1.195 449 70	17	15 58 39.758	-21 59 23.68	1.461 345 79		
3	14 6 29.945	-13 55 19.28	1.201 676 11	18	16 1 30.522	-22 7 42.84	1.466 680 14		
4	14 8 37.866	-14 7 16.90	1.207 882 26	19	16 4 22.139	-22 15 52.41	1.471 998 12		
5	14 10 46.838	-14 19 14.15	1.214 067 96	20	16 7 14.601	-22 23 52.19	1.477 299 70		
6	14 12 56.851	-14 31 10.81	1.220 233 05	21	16 10 7.901	-22 31 41.98	1.482 584 83		
7	14 15 7.895	-14 43 6.69	1.226 377 48	22	16 13 2.034	-22 39 21.57	1.487 853 44		
8	14 17 19.960	-14 55 1.56	1.232 501 32	23	16 15 56.990	-22 46 50.76	1.493 105 49		
9	14 19 33.036	-15 6 55.21	1.238 604 72	24	16 18 52.762	-22 54 9.35	1.498 340 89		
10	14 21 47.115	-15 18 47.43	1.244 687 96	25	16 21 49.340	-23 1 17.15	1.503 559 58		
11	14 24 2.189	-15 30 37.99	1.250 751 34	26	16 24 46.717	-23 8 13.96	1.508 761 51		
12	14 26 18.256	-15 42 26.70	1.256 795 24	27	16 27 44.881	-23 14 59.61	1.513 946 64		
13	14 28 35.313	-15 54 13.36	1.262 819 99	28	16 30 43.820	-23 21 33.89	1.519 114 98		
14	14 30 53.362	-16 5 57.78	1.268 825 85	29	16 33 43.523	-23 27 56.63	1.524 266 56		
15	14 33 12.403	-16 17 39.79	1.274 812 99	30	16 36 43.975	-23 34 7.64	1.529 401 48		
16	14 35 32.439	-16 29 19.21	1.280 781 50	Oct. 1	16 39 45.162	-23 40 6.73	1.534 519 89		
17	14 37 53.470	-16 40 55.85	1.286 731 36	2	16 42 47.068	-23 45 53.73	1.539 622 03		

MARS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua
Oct.	3 16 45 49.676	-23 51 28.44	1.54470822	Nov.	18 19 14 13.365	-23 48 2.85	1.76695085
	4 16 48 52.970	-23 56 50.69	1.54977884		19 19 17 31.400	-23 41 51.52	1.77161323
	5 16 51 56.935	-24 2 0.28	1.55483440		20 19 20 49.353	-23 35 24.46	1.77627143
	6 16 55 1.555	-24 6 57.02	1.55987546		21 19 24 7.209	-23 28 41.73	1.78092535
	7 16 58 6.819	-24 11 40.74	1.56490262		22 19 27 24.953	-23 21 43.41	1.78557486
	8 17 1 12.716	-24 16 11.28	1.56991652		23 19 30 42.567	-23 14 29.58	1.79021981
	9 17 4 19.234	-24 20 28.46	1.57491777		24 19 34 0.036	-23 7 0.34	1.79486009
	10 17 7 26.364	-24 24 32.15	1.57990693		25 19 37 17.339	-22 59 15.79	1.79949563
	11 17 10 34.094	-24 28 22.19	1.58488448		26 19 40 34.459	-22 51 16.03	1.80412641
	12 17 13 42.411	-24 31 58.45	1.58985080		27 19 43 51.377	-22 43 1.16	1.80875249
	13 17 16 51.305	-24 35 20.78	1.59480619		28 19 47 8.075	-22 34 31.30	1.81337402
	14 17 20 0.760	-24 38 29.04	1.59975090		29 19 50 24.537	-22 25 46.54	1.81799124
15 17 23 10.764	-24 41 23.10	1.60468508	30 19 53 40.747	-22 16 46.99	1.82260445		
16 17 26 21.301	-24 44 2.82	1.60960886	Déc.	1 19 56 56.692	-22 7 32.76	1.82721404	
17 17 29 32.358	-24 46 28.06	1.61452234		2 20 0 12.360	-21 58 3.98	1.83182045	
18 17 32 43.920	-24 48 38.70	1.61942557	3 20 3 27.740	-21 48 20.76	1.83642412		
19 17 35 55.970	-24 50 34.60	1.62431858	4 20 6 42.821	-21 38 23.24	1.84102555		
20 17 39 8.495	-24 52 15.66	1.62920139	5 20 9 57.593	-21 28 11.55	1.84562517		
21 17 42 21.478	-24 53 41.76	1.63407398	6 20 13 12.047	-21 17 45.83	1.85022340		
22 17 45 34.904	-24 54 52.80	1.63893634	7 20 16 26.173	-21 7 6.22	1.85482063		
23 17 48 48.755	-24 55 48.66	1.64378841	8 20 19 39.963	-20 56 12.88	1.85941715		
24 17 52 3.014	-24 56 29.27	1.64863015	9 20 22 53.407	-20 45 5.94	1.86401322		
25 17 55 17.664	-24 56 54.53	1.65346152	10 20 26 6.499	-20 33 45.56	1.86860901		
26 17 58 32.684	-24 57 4.37	1.65828249	11 20 29 19.232	-20 22 11.87	1.87320464		
27 18 1 48.054	-24 56 58.71	1.66309307	12 20 32 31.599	-20 10 25.04	1.87780019		
28 18 5 3.753	-24 56 37.50	1.66789332	13 20 35 43.595	-19 58 25.22	1.88239568		
29 18 8 19.758	-24 56 0.66	1.67268336	14 20 38 55.216	-19 46 12.56	1.88699109		
30 18 11 36.046	-24 55 8.14	1.67746339	15 20 42 6.457	-19 33 47.23	1.89158636		
31 18 14 52.594	-24 53 59.87	1.68223368	16 20 45 17.313	-19 21 9.38	1.89618140		
Nov.	1 18 18 9.379	-24 52 35.80	1.68699459	17 20 48 27.783	-19 8 19.20	1.90077605	
	2 18 21 26.379	-24 50 55.88	1.69174656	18 20 51 37.861	-18 55 16.86	1.90537016	
	3 18 24 43.575	-24 49 0.04	1.69649010	19 20 54 47.545	-18 42 2.53	1.90996349	
	4 18 28 0.948	-24 46 48.25	1.70122576	20 20 57 56.830	-18 28 36.41	1.91455578	
	5 18 31 18.481	-24 44 20.48	1.70595414	21 21 1 5.714	-18 14 58.69	1.91914676	
	6 18 34 36.157	-24 41 36.70	1.71067582	22 21 4 14.189	-18 1 9.57	1.92373612	
	7 18 37 53.960	-24 38 36.90	1.71539135	23 21 7 22.251	-17 47 9.25	1.92832360	
	8 18 41 11.872	-24 35 21.07	1.72010123	24 21 10 29.892	-17 32 57.95	1.93290897	
	9 18 44 29.877	-24 31 49.22	1.72480591	25 21 13 37.107	-17 18 35.86	1.93749206	
	10 18 47 47.958	-24 28 1.34	1.72950571	26 21 16 43.889	-17 4 3.20	1.94207284	
	11 18 51 6.098	-24 23 57.44	1.73420093	27 21 19 50.235	-16 49 20.15	1.94665133	
	12 18 54 24.280	-24 19 37.52	1.73889178	28 21 22 56.142	-16 34 26.92	1.95122768	
13 18 57 42.488	-24 15 1.60	1.74357841	29 21 26 1.608	-16 19 23.70	1.95580209		
14 19 1 0.706	-24 10 9.70	1.74826093	30 21 29 6.634	-16 4 10.70	1.96037483		
15 19 4 18.918	-24 5 1.84	1.75293942	31 21 32 11.219	-15 48 48.12	1.96494620		
16 19 7 37.109	-23 59 38.05	1.75761390	32 21 35 15.364	-15 33 16.15	1.96951649		
17 19 10 55.263	-23 53 58.38	1.76228439	33 21 38 19.069	-15 17 35.02	1.97408602		

JUPITER 2014 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	7	10	33.890	22	34	0.50	4.21402285	Févr.	15	6	48	11.886	23	11	21.79	4.46506953
	1	7	9	59.402	22	35	6.91	4.21266937		16	6	47	55.919	23	11	45.99	4.47673059
	2	7	9	24.777	22	36	13.06	4.21163443		17	6	47	40.750	23	12	9.12	4.48859469
	3	7	8	50.042	22	37	18.89	4.21091877		18	6	47	26.387	23	12	31.16	4.50065743
	4	7	8	15.223	22	38	24.34	4.21052283		19	6	47	12.839	23	12	52.13	4.51291441
	5	7	7	40.349	22	39	29.34	4.21044672		20	6	47	0.111	23	13	12.03	4.52536123
	6	7	7	5.450	22	40	33.85	4.21069031		21	6	46	48.212	23	13	30.86	4.53799348
	7	7	6	30.554	22	41	37.79	4.21125325		22	6	46	37.147	23	13	48.65	4.55080670
	8	7	5	55.691	22	42	41.14	4.21213500		23	6	46	26.923	23	14	5.39	4.56379640
	9	7	5	20.889	22	43	43.86	4.21333488		24	6	46	17.543	23	14	21.10	4.57695803
	10	7	4	46.174	22	44	45.90	4.21485210		25	6	46	9.011	23	14	35.80	4.59028694
	11	7	4	11.573	22	45	47.25	4.21668573		26	6	46	1.330	23	14	49.49	4.60377841
	12	7	3	37.112	22	46	47.88	4.21883476		27	6	45	54.502	23	15	2.16	4.61742755
	13	7	3	2.815	22	47	47.74	4.22129804		28	6	45	48.528	23	15	13.82	4.63122935
14	7	2	28.707	22	48	46.83	4.22407436	Mars	1	6	45	43.412	23	15	24.46	4.64517867	
15	7	1	54.811	22	49	45.10	4.22716239		2	6	45	39.157	23	15	34.07	4.65927025	
16	7	1	21.153	22	50	42.53	4.23056072		3	6	45	35.766	23	15	42.65	4.67349878	
17	7	0	47.755	22	51	39.09	4.23426784		4	6	45	33.242	23	15	50.21	4.68785892	
18	7	0	14.641	22	52	34.75	4.23828215		5	6	45	31.584	23	15	56.76	4.70234537	
19	6	59	41.834	22	53	29.49	4.24260195		6	6	45	30.792	23	16	2.30	4.71695289	
20	6	59	9.360	22	54	23.26	4.24722547		7	6	45	30.864	23	16	6.87	4.73167632	
21	6	58	37.242	22	55	16.05	4.25215083		8	6	45	31.797	23	16	10.46	4.74651060	
22	6	58	5.503	22	56	7.83	4.25737606		9	6	45	33.588	23	16	13.08	4.76145075	
23	6	57	34.168	22	56	58.59	4.26289908		10	6	45	36.231	23	16	14.75	4.77649187	
24	6	57	3.261	22	57	48.29	4.26871772		11	6	45	39.723	23	16	15.46	4.79162914	
25	6	56	32.805	22	58	36.94	4.27482968	12	6	45	44.059	23	16	15.21	4.80685784		
26	6	56	2.822	22	59	24.51	4.28123255	13	6	45	49.234	23	16	14.00	4.82217328		
27	6	55	33.336	23	0	11.01	4.28792378	14	6	45	55.243	23	16	11.83	4.83757091		
28	6	55	4.366	23	0	56.43	4.29490064	15	6	46	2.082	23	16	8.69	4.85304620		
29	6	54	35.934	23	1	40.76	4.30216020	16	6	46	9.746	23	16	4.57	4.86859475		
30	6	54	8.057	23	2	24.00	4.30969928	17	6	46	18.231	23	15	59.48	4.88421219		
Févr.	31	6	53	40.754	23	3	6.13	4.31751447	18	6	46	27.533	23	15	53.39	4.89989426	
	1	6	53	14.045	23	3	47.13	4.32560209	19	6	46	37.648	23	15	46.32	4.91563674	
	2	6	52	47.950	23	4	26.98	4.33395821	20	6	46	48.571	23	15	38.26	4.93143546	
	3	6	52	22.489	23	5	5.68	4.34257874	21	6	47	0.298	23	15	29.21	4.94728630	
	4	6	51	57.680	23	5	43.21	4.35145945	22	6	47	12.825	23	15	19.16	4.96318512	
	5	6	51	33.541	23	6	19.59	4.36059604	23	6	47	26.145	23	15	8.13	4.97912781	
	6	6	51	10.089	23	6	54.81	4.36998414	24	6	47	40.251	23	14	56.12	4.99511020	
	7	6	50	47.336	23	7	28.90	4.37961938	25	6	47	55.139	23	14	43.11	5.01112810	
	8	6	50	25.297	23	8	1.87	4.38949736	26	6	48	10.799	23	14	29.10	5.02717723	
	9	6	50	3.982	23	8	33.72	4.39961369	27	6	48	27.227	23	14	14.08	5.04325328	
	10	6	49	43.404	23	9	4.46	4.40996394	28	6	48	44.414	23	13	58.03	5.05935181	
	11	6	49	23.571	23	9	34.11	4.42054371	29	6	49	2.357	23	13	40.93	5.07546837	
	12	6	49	4.494	23	10	2.66	4.43134858	30	6	49	21.050	23	13	22.77	5.09159845	
13	6	48	46.182	23	10	30.12	4.44237411	31	6	49	40.489	23	13	3.54	5.10773752		
14	6	48	28.643	23	10	56.50	4.45361590	Avril	1	6	50	0.666	23	12	43.23	5.12388112	

JUPITER 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance			
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua			
Avril	2	6	50	21.576	23	12	21.85	5.140 024 84	Mai	18	7	17	8.623	22	34	19.66	5.823 211 29	
	3	6	50	43.210	23	11	59.39	5.156 164 37		19	7	17	54.554	22	32	58.40	5.835 684 80	
	4	6	51	5.561	23	11	35.87	5.172 295 52		20	7	18	40.828	22	31	35.68	5.848 020 38	
	5	6	51	28.617	23	11	11.28	5.188 414 23		21	7	19	27.438	22	30	11.50	5.860 215 98	
	6	6	51	52.369	23	10	45.62	5.204 516 53		22	7	20	14.378	22	28	45.82	5.872 269 52	
	7	6	52	16.809	23	10	18.87	5.220 598 60		23	7	21	1.643	22	27	18.65	5.884 178 84	
	8	6	52	41.925	23	9	51.04	5.236 656 69		24	7	21	49.228	22	25	49.96	5.895 941 78	
	9	6	53	7.709	23	9	22.10	5.252 687 16		25	7	22	37.128	22	24	19.76	5.907 556 18	
	10	6	53	34.152	23	8	52.04	5.268 686 48		26	7	23	25.337	22	22	48.04	5.919 019 89	
	11	6	54	1.244	23	8	20.86	5.284 651 19		27	7	24	13.848	22	21	14.81	5.930 330 82	
	12	6	54	28.978	23	7	48.54	5.300 577 95		28	7	25	2.655	22	19	40.08	5.941 486 97	
	13	6	54	57.345	23	7	15.06	5.316 463 49		29	7	25	51.751	22	18	3.85	5.952 486 38	
	14	6	55	26.338	23	6	40.41	5.332 304 64		30	7	26	41.126	22	16	26.12	5.963 327 23	
	15	6	55	55.949	23	6	4.58	5.348 098 32		31	7	27	30.772	22	14	46.91	5.974 007 75	
	16	6	56	26.171	23	5	27.56	5.363 841 52		Jun	1	7	28	20.681	22	13	6.21	5.984 526 31
	17	6	56	56.998	23	4	49.33	5.379 531 28		2	7	29	10.845	22	11	24.03	5.994 881 34	
18	6	57	28.420	23	4	9.90	5.395 164 67	3	7	30	1.257	22	9	40.35	6.005 071 37			
19	6	58	0.432	23	3	29.27	5.410 738 79	4	7	30	51.908	22	7	55.18	6.015 095 02			
20	6	58	33.023	23	2	47.42	5.426 250 68	5	7	31	42.793	22	6	8.52	6.024 950 98			
21	6	59	6.186	23	2	4.36	5.441 697 37	6	7	32	33.903	22	4	20.35	6.034 638 00			
22	6	59	39.911	23	1	20.06	5.457 075 84	7	7	33	25.235	22	2	30.69	6.044 154 95			
23	7	0	14.190	23	0	34.51	5.472 382 98	8	7	34	16.781	22	0	39.51	6.053 500 72			
24	7	0	49.015	22	59	47.70	5.487 615 64	9	7	35	8.536	21	58	46.83	6.062 674 32			
25	7	1	24.380	22	58	59.60	5.502 770 60	10	7	36	0.496	21	56	52.65	6.071 674 78			
26	7	2	0.277	22	58	10.19	5.517 844 64	11	7	36	52.654	21	54	56.97	6.080 501 24			
27	7	2	36.701	22	57	19.45	5.532 834 48	12	7	37	45.007	21	52	59.80	6.089 152 84			
28	7	3	13.646	22	56	27.39	5.547 736 89	13	7	38	37.546	21	51	1.14	6.097 628 76			
29	7	3	51.104	22	55	33.99	5.562 548 69	14	7	39	30.267	21	49	1.02	6.105 928 13			
30	7	4	29.067	22	54	39.26	5.577 266 75	15	7	40	23.161	21	46	59.43	6.114 050 03			
Mai	1	7	5	7.527	22	53	43.20	5.591 888 05	16	7	41	16.222	21	44	56.39	6.121 993 47		
2	7	5	46.474	22	52	45.80	5.606 409 68	17	7	42	9.444	21	42	51.87	6.129 757 34			
3	7	6	25.898	22	51	47.07	5.620 828 83	18	7	43	2.822	21	40	45.88	6.137 340 42			
4	7	7	5.790	22	50	46.99	5.635 142 83	19	7	43	56.353	21	38	38.41	6.144 741 45			
5	7	7	46.140	22	49	45.57	5.649 349 08	20	7	44	50.032	21	36	29.46	6.151 959 10			
6	7	8	26.938	22	48	42.78	5.663 445 10	21	7	45	43.856	21	34	19.02	6.158 992 05			
7	7	9	8.176	22	47	38.63	5.677 428 49	22	7	46	37.820	21	32	7.11	6.165 838 97			
8	7	9	49.846	22	46	33.10	5.691 296 96	23	7	47	31.921	21	29	53.74	6.172 498 59			
9	7	10	31.938	22	45	26.17	5.705 048 27	24	7	48	26.152	21	27	38.93	6.178 969 67			
10	7	11	14.445	22	44	17.84	5.718 680 30	25	7	49	20.507	21	25	22.69	6.185 251 06			
11	7	11	57.360	22	43	8.10	5.732 191 00	26	7	50	14.979	21	23	5.03	6.191 341 68			
12	7	12	40.676	22	41	56.92	5.745 578 41	27	7	51	9.562	21	20	45.97	6.197 240 51			
13	7	13	24.387	22	40	44.31	5.758 840 63	28	7	52	4.248	21	18	25.53	6.202 946 64			
14	7	14	8.486	22	39	30.26	5.771 975 85	29	7	52	59.031	21	16	3.71	6.208 459 24			
15	7	14	52.966	22	38	14.77	5.784 982 28	30	7	53	53.903	21	13	40.52	6.213 777 57			
16	7	15	37.821	22	36	57.84	5.797 858 19	Jul.	1	7	54	48.859	21	11	15.97	6.218 900 94		
17	7	16	23.043	22	35	39.47	5.810 601 79	2	7	55	43.893	21	8	50.07	6.223 828 77			

JUPITER 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
Juill.	3	7	56	38.999	21	6	22.83	6.228 560 53	Août	18	8	38	49.284	18	53	30.95	6.229 837 28
	4	7	57	34.172	21	3	54.25	6.233 095 78		19	8	39	42.406	18	50	19.00	6.225 152 13
	5	7	58	29.406	21	1	24.34	6.237 434 14		20	8	40	35.376	18	47	6.65	6.220 269 93
	6	7	59	24.699	20	58	53.11	6.241 575 28		21	8	41	28.187	18	43	53.94	6.215 191 10
	7	8	0	20.045	20	56	20.57	6.245 518 96		22	8	42	20.833	18	40	40.90	6.209 916 13
	8	8	1	15.439	20	53	46.73	6.249 264 99		23	8	43	13.307	18	37	27.57	6.204 445 61
	9	8	2	10.878	20	51	11.60	6.252 813 24		24	8	44	5.603	18	34	13.98	6.198 780 19
	10	8	3	6.357	20	48	35.22	6.256 163 60		25	8	44	57.717	18	31	0.15	6.192 920 63
	11	8	4	1.870	20	45	57.60	6.259 315 99		26	8	45	49.643	18	27	46.13	6.186 867 74
	12	8	4	57.412	20	43	18.75	6.262 270 28		27	8	46	41.374	18	24	31.92	6.180 622 44
	13	8	5	52.976	20	40	38.71	6.265 026 29		28	8	47	32.908	18	21	17.58	6.174 185 71
	14	8	6	48.555	20	37	57.46	6.267 583 73		29	8	48	24.238	18	18	3.11	6.167 558 63
15	8	7	44.147	20	35	15.03	6.269 942 20	30	8	49	15.362	18	14	48.57	6.160 742 32		
16	8	8	39.747	20	32	31.40	6.272 101 21	31	8	50	6.273	18	11	33.97	6.153 738 01		
17	8	9	35.353	20	29	46.58	6.274 060 15	Sept.	1	8	50	56.968	18	8	19.35	6.146 546 97	
18	8	10	30.962	20	27	0.59	6.275 818 40	2	8	51	47.441	18	5	4.76	6.139 170 53		
19	8	11	26.571	20	24	13.43	6.277 375 32	3	8	52	37.689	18	1	50.23	6.131 610 06		
20	8	12	22.177	20	21	25.14	6.278 730 32	4	8	53	27.704	17	58	35.80	6.123 866 96		
21	8	13	17.775	20	18	35.73	6.279 882 83	5	8	54	17.482	17	55	21.52	6.115 942 65		
22	8	14	13.359	20	15	45.22	6.280 832 36	6	8	55	7.016	17	52	7.41	6.107 838 51		
23	8	15	8.923	20	12	53.66	6.281 578 48	7	8	55	56.300	17	48	53.52	6.099 555 88		
24	8	16	4.462	20	10	1.06	6.282 120 85	8	8	56	45.329	17	45	39.86	6.091 095 99		
25	8	16	59.970	20	7	7.44	6.282 459 19	9	8	57	34.100	17	42	26.48	6.082 460 00		
26	8	17	55.439	20	4	12.83	6.282 593 32	10	8	58	22.610	17	39	13.37	6.073 648 94		
27	8	18	50.864	20	1	17.25	6.282 523 12	11	8	59	10.855	17	36	0.58	6.064 663 80		
28	8	19	46.239	19	58	20.71	6.282 248 57	12	8	59	58.834	17	32	48.14	6.055 505 49		
29	8	20	41.559	19	55	23.25	6.281 769 70	13	9	0	46.542	17	29	36.09	6.046 174 98		
30	8	21	36.818	19	52	24.87	6.281 086 65	14	9	1	33.974	17	26	24.47	6.036 673 25		
31	8	22	32.012	19	49	25.59	6.280 199 60	15	9	2	21.123	17	23	13.34	6.027 001 37		
Août	1	8	23	27.136	19	46	25.43	6.279 108 84	16	9	3	7.983	17	20	2.75	6.017 160 51	
2	8	24	22.186	19	43	24.41	6.277 814 68	17	9	3	54.547	17	16	52.73	6.007 151 92		
3	8	25	17.158	19	40	22.55	6.276 317 54	18	9	4	40.808	17	13	43.34	5.996 976 94		
4	8	26	12.048	19	37	19.87	6.274 617 87	19	9	5	26.760	17	10	34.63	5.986 637 02		
5	8	27	6.851	19	34	16.41	6.272 716 19	20	9	6	12.395	17	7	26.62	5.976 133 69		
6	8	28	1.564	19	31	12.18	6.270 613 08	21	9	6	57.708	17	4	19.37	5.965 468 57		
7	8	28	56.181	19	28	7.21	6.268 309 13	22	9	7	42.691	17	1	12.92	5.954 643 37		
8	8	29	50.697	19	25	1.55	6.265 804 95	23	9	8	27.339	16	58	7.30	5.943 659 89		
9	8	30	45.106	19	21	55.21	6.263 101 12	24	9	9	11.647	16	55	2.56	5.932 520 01		
10	8	31	39.403	19	18	48.22	6.260 198 17	25	9	9	55.608	16	51	58.73	5.921 225 74		
11	8	32	33.582	19	15	40.60	6.257 096 51	26	9	10	39.217	16	48	55.86	5.909 779 14		
12	8	33	27.639	19	12	32.36	6.253 796 45	27	9	11	22.469	16	45	53.99	5.898 182 37		
13	8	34	21.572	19	9	23.52	6.250 298 19	28	9	12	5.358	16	42	53.16	5.886 437 68		
14	8	35	15.379	19	6	14.08	6.246 601 83	29	9	12	47.879	16	39	53.43	5.874 547 38		
15	8	36	9.057	19	3	4.08	6.242 707 47	30	9	13	30.026	16	36	54.83	5.862 513 84		
16	8	37	2.604	18	59	53.53	6.238 615 16	Oct.	1	9	14	11.792	16	33	57.42	5.850 339 46	
17	8	37	56.014	18	56	42.48	6.234 325 04	2	9	14	53.170	16	31	1.26	5.838 026 67		

JUPITER 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
Oct.	3	9	15	34.153	16	28	6.38	5.82557792	Nov.	18	9	38	6.449	14	50	28.90	5.15129631
	4	9	16	14.736	16	25	12.83	5.81299560		19	9	38	21.814	14	49	26.82	5.13564961
	5	9	16	54.911	16	22	20.66	5.80028207		20	9	38	36.479	14	48	28.20	5.12002191
	6	9	17	34.673	16	19	29.90	5.78743964		21	9	38	50.439	14	47	33.09	5.10441791
	7	9	18	14.019	16	16	40.57	5.77447052		22	9	39	3.691	14	46	41.52	5.08884239
	8	9	18	52.944	16	13	52.72	5.76137682		23	9	39	16.227	14	45	53.53	5.07330023
	9	9	19	31.446	16	11	6.38	5.74816063		24	9	39	28.044	14	45	9.14	5.05779635
	10	9	20	9.518	16	8	21.59	5.73482401		25	9	39	39.135	14	44	28.41	5.04233571
	11	9	20	47.157	16	5	38.42	5.72136902		26	9	39	49.494	14	43	51.35	5.02692329
	12	9	21	24.355	16	2	56.91	5.70779781		27	9	39	59.118	14	43	18.01	5.01156403
	13	9	22	1.104	16	0	17.12	5.69411258		28	9	40	8.000	14	42	48.39	4.99626281
	14	9	22	37.398	15	57	39.12	5.68031567		29	9	40	16.138	14	42	22.52	4.98102445
15	9	23	13.228	15	55	2.95	5.66640949	30	9	40	23.530	14	42	0.40	4.96585369		
16	9	23	48.586	15	52	28.67	5.65239659	Déc.	1	9	40	30.174	14	41	42.04	4.95075518	
17	9	24	23.464	15	49	56.33	5.63827960		2	9	40	36.069	14	41	27.45	4.93573351	
18	9	24	57.855	15	47	25.97	5.62406126	3	9	40	41.215	14	41	16.64	4.92079321		
19	9	25	31.752	15	44	57.66	5.60974441	4	9	40	45.610	14	41	9.61	4.90593877		
20	9	26	5.148	15	42	31.42	5.59533200	5	9	40	49.252	14	41	6.38	4.89117469		
21	9	26	38.035	15	40	7.32	5.58082705	6	9	40	52.139	14	41	6.99	4.87650547		
22	9	27	10.408	15	37	45.40	5.56623272	7	9	40	54.267	14	41	11.43	4.86193565		
23	9	27	42.260	15	35	25.69	5.55155225	8	9	40	55.633	14	41	19.73	4.84746984		
24	9	28	13.584	15	33	8.26	5.53678899	9	9	40	56.235	14	41	31.91	4.83311272		
25	9	28	44.375	15	30	53.14	5.52194638	10	9	40	56.069	14	41	47.97	4.81886902		
26	9	29	14.626	15	28	40.40	5.50702797	11	9	40	55.133	14	42	7.91	4.80474359		
27	9	29	44.330	15	26	30.08	5.49203736	12	9	40	53.425	14	42	31.73	4.79074132		
28	9	30	13.480	15	24	22.23	5.47697821	13	9	40	50.946	14	42	59.43	4.77686717		
29	9	30	42.068	15	22	16.92	5.46185424	14	9	40	47.693	14	43	31.00	4.76312618		
30	9	31	10.087	15	20	14.19	5.44666914	15	9	40	43.668	14	44	6.43	4.74952341		
31	9	31	37.529	15	18	14.09	5.43142661	16	9	40	38.872	14	44	45.71	4.73606401		
Nov.	1	9	32	4.389	15	16	16.66	5.41613031	17	9	40	33.306	14	45	28.80	4.72275316	
	2	9	32	30.660	15	14	21.93	5.40078387	18	9	40	26.972	14	46	15.71	4.70959607	
	3	9	32	56.337	15	12	29.95	5.38539081	19	9	40	19.872	14	47	6.41	4.69659803	
	4	9	33	21.415	15	10	40.75	5.36995465	20	9	40	12.009	14	48	0.87	4.68376435	
	5	9	33	45.892	15	8	54.36	5.35447879	21	9	40	3.386	14	48	59.07	4.67110036	
	6	9	34	9.762	15	7	10.83	5.33896665	22	9	39	54.006	14	50	1.00	4.65861140	
	7	9	34	33.020	15	5	30.19	5.32342161	23	9	39	43.872	14	51	6.63	4.64630276	
	8	9	34	55.660	15	3	52.50	5.30784710	24	9	39	32.986	14	52	15.91	4.63417967	
	9	9	35	17.676	15	2	17.81	5.29224659	25	9	39	21.355	14	53	28.83	4.62224721	
	10	9	35	39.059	15	0	46.18	5.27662366	26	9	39	8.983	14	54	45.31	4.61051035	
	11	9	35	59.801	14	59	17.66	5.26098198	27	9	38	55.879	14	56	5.30	4.59897386	
	12	9	36	19.896	14	57	52.30	5.24532533	28	9	38	42.051	14	57	28.75	4.58764237	
13	9	36	39.334	14	56	30.15	5.22965760	29	9	38	27.509	14	58	55.59	4.57652035		
14	9	36	58.110	14	55	11.24	5.21398279	30	9	38	12.263	15	0	25.75	4.56561212		
15	9	37	16.215	14	53	55.63	5.19830501	31	9	37	56.322	15	1	59.19	4.55492193		
16	9	37	33.645	14	52	43.34	5.18262846	32	9	37	39.696	15	3	35.83	4.54445391		
17	9	37	50.391	14	51	34.42	5.16695742	33	9	37	22.394	15	5	15.63	4.53421216		

SATURNE 2014 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 13 42.408	-15 43 9.99	10.49444388	Févr.	15	15 25 16.113	-16 19 3.79	9.78765977
	1	15 14 4.469	-15 44 28.93	10.48173730		16	15 25 22.623	-16 19 15.16	9.77104192
	2	15 14 26.279	-15 45 46.57	10.46885639		17	15 25 28.725	-16 19 24.98	9.75444422
	3	15 14 47.832	-15 47 2.89	10.45580472		18	15 25 34.419	-16 19 33.25	9.73787130
	4	15 15 9.122	-15 48 17.87	10.44258599		19	15 25 39.705	-16 19 39.96	9.72132781
	5	15 15 30.145	-15 49 31.49	10.42920396		20	15 25 44.582	-16 19 45.14	9.70481845
	6	15 15 50.897	-15 50 43.74	10.41566245		21	15 25 49.049	-16 19 48.79	9.68834798
	7	15 16 11.376	-15 51 54.60	10.40196524		22	15 25 53.105	-16 19 50.92	9.67192121
	8	15 16 31.579	-15 53 4.09	10.38811611		23	15 25 56.750	-16 19 51.52	9.65554304
	9	15 16 51.503	-15 54 12.20	10.37411877		24	15 25 59.980	-16 19 50.63	9.63921848
	10	15 17 11.145	-15 55 18.92	10.35997693		25	15 26 2.794	-16 19 48.22	9.62295261
	11	15 17 30.501	-15 56 24.27	10.34569425		26	15 26 5.188	-16 19 44.31	9.60675065
	12	15 17 49.566	-15 57 28.22	10.33127439		27	15 26 7.160	-16 19 38.88	9.59061792
	13	15 18 8.335	-15 58 30.79	10.31672099		28	15 26 8.710	-16 19 31.93	9.57455981
14	15 18 26.805	-15 59 31.94	10.30203768	Mars	1	15 26 9.836	-16 19 23.45	9.55858178	
15	15 18 44.969	-16 0 31.69	10.28722811	2	15 26 10.540	-16 19 13.44	9.54268927		
16	15 19 2.825	-16 1 30.01	10.27229591	3	15 26 10.825	-16 19 1.92	9.52688768		
17	15 19 20.367	-16 2 26.89	10.25724476	4	15 26 10.693	-16 18 48.90	9.51118232		
18	15 19 37.590	-16 3 22.32	10.24207833	5	15 26 10.147	-16 18 34.40	9.49557838		
19	15 19 54.492	-16 4 16.29	10.22680033	6	15 26 9.188	-16 18 18.44	9.48008090		
20	15 20 11.068	-16 5 8.79	10.21141451	7	15 26 7.817	-16 18 1.04	9.46469486		
21	15 20 27.315	-16 5 59.81	10.19592465	8	15 26 6.035	-16 17 42.19	9.44942508		
22	15 20 43.230	-16 6 49.35	10.18033461	9	15 26 3.845	-16 17 21.93	9.43427634		
23	15 20 58.810	-16 7 37.40	10.16464828	10	15 26 1.245	-16 17 0.24	9.41925333		
24	15 21 14.052	-16 8 23.97	10.14886964	11	15 25 58.238	-16 16 37.15	9.40436065		
25	15 21 28.952	-16 9 9.05	10.13300276	12	15 25 54.826	-16 16 12.65	9.38960286		
26	15 21 43.507	-16 9 52.64	10.11705180	13	15 25 51.009	-16 15 46.76	9.37498447		
27	15 21 57.713	-16 10 34.74	10.10102105	14	15 25 46.791	-16 15 19.48	9.36050992		
28	15 22 11.564	-16 11 15.36	10.08491495	15	15 25 42.174	-16 14 50.82	9.34618359		
29	15 22 25.054	-16 11 54.48	10.06873810	16	15 25 37.161	-16 14 20.79	9.33200985		
30	15 22 38.178	-16 12 32.08	10.05249525	17	15 25 31.755	-16 13 49.40	9.31799299		
31	15 22 50.930	-16 13 8.16	10.03619130	18	15 25 25.960	-16 13 16.67	9.30413732		
Févr.	1	15 23 3.306	-16 13 42.68	10.01983128	19	15 25 19.780	-16 12 42.62	9.29044709	
	2	15 23 15.303	-16 14 15.65	10.00342023	20	15 25 13.218	-16 12 7.27	9.27692661	
	3	15 23 26.922	-16 14 47.06	9.98696322	21	15 25 6.278	-16 11 30.64	9.26358016	
	4	15 23 38.160	-16 15 16.91	9.97046527	22	15 24 58.964	-16 10 52.74	9.25041208	
	5	15 23 49.017	-16 15 45.22	9.95393131	23	15 24 51.277	-16 10 13.61	9.23742675	
	6	15 23 59.491	-16 16 11.98	9.93736622	24	15 24 43.219	-16 9 33.25	9.22462859	
	7	15 24 9.579	-16 16 37.21	9.92077482	25	15 24 34.794	-16 8 51.67	9.21202207	
	8	15 24 19.281	-16 17 0.91	9.90416185	26	15 24 26.002	-16 8 8.90	9.19961172	
	9	15 24 28.592	-16 17 23.07	9.88753203	27	15 24 16.848	-16 7 24.92	9.18740206	
	10	15 24 37.509	-16 17 43.71	9.87089004	28	15 24 7.335	-16 6 39.75	9.17539764	
	11	15 24 46.031	-16 18 2.81	9.85424053	29	15 23 57.469	-16 5 53.41	9.16360296	
	12	15 24 54.155	-16 18 20.37	9.83758813	30	15 23 47.257	-16 5 5.91	9.15202244	
	13	15 25 1.878	-16 18 36.39	9.82093747	31	15 23 36.706	-16 4 17.29	9.14066040	
	14	15 25 9.198	-16 18 50.87	9.80429315	Avril	1	15 23 25.822	-16 3 27.57	9.12952097

SATURNE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance	
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua	
Avril	2 15 23 14.614	-16 2 36.79	9.118 608 14	Mai	18 15 10 53.503	-15 12 41.85	8.907 416 81	
	3 15 23 3.088	-16 1 44.97	9.107 925 71		19 15 10 35.701	-15 11 34.84	8.909 715 23	
	4 15 22 51.248	-16 0 52.15	9.097 477 32		20 15 10 17.968	-15 10 28.32	8.912 310 35	
	5 15 22 39.102	-15 59 58.36	9.087 266 44		21 15 10 0.310	-15 9 22.31	8.915 201 53	
	6 15 22 26.654	-15 59 3.61	9.077 296 40		22 15 9 42.738	-15 8 16.83	8.918 388 04	
	7 15 22 13.911	-15 58 7.92	9.067 570 42		23 15 9 25.262	-15 7 11.92	8.921 869 03	
	8 15 22 0.880	-15 57 11.33	9.058 091 59		24 15 9 7.892	-15 6 7.62	8.925 643 52	
	9 15 21 47.566	-15 56 13.84	9.048 862 88		25 15 8 50.639	-15 5 3.97	8.929 710 34	
	10 15 21 33.976	-15 55 15.48	9.039 887 18		26 15 8 33.513	-15 4 1.03	8.934 068 13	
	11 15 21 20.118	-15 54 16.29	9.031 167 26		27 15 8 16.524	-15 2 58.82	8.938 715 36	
	12 15 21 5.999	-15 53 16.27	9.022 705 80		28 15 7 59.680	-15 1 57.40	8.943 650 30	
	13 15 20 51.627	-15 52 15.46	9.014 505 37		29 15 7 42.989	-15 0 56.80	8.948 871 04	
	14 15 20 37.011	-15 51 13.88	9.006 568 48		30 15 7 26.460	-14 59 57.06	8.954 375 50	
	15 15 20 22.158	-15 50 11.57	8.998 897 56		31 15 7 10.101	-14 58 58.20	8.960 161 44	
	16 15 20 7.078	-15 49 8.57	8.991 494 98		Juin	1 15 6 53.917	-14 58 0.26	8.966 226 48
	17 15 19 51.777	-15 48 4.91	8.984 363 11			2 15 6 37.918	-14 57 3.26	8.972 568 11
18 15 19 36.264	-15 47 0.62	8.977 504 27	3 15 6 22.111	-14 56 7.23		8.979 183 73		
19 15 19 20.546	-15 45 55.75	8.970 920 81	4 15 6 6.502	-14 55 12.20		8.986 070 61		
20 15 19 4.629	-15 44 50.31	8.964 615 06	5 15 5 51.101	-14 54 18.19		8.993 225 94		
21 15 18 48.519	-15 43 44.35	8.958 589 38	6 15 5 35.914	-14 53 25.23		9.000 646 85		
22 15 18 32.222	-15 42 37.87	8.952 846 12	7 15 5 20.950	-14 52 33.36		9.008 330 36		
23 15 18 15.745	-15 41 30.90	8.947 387 59	8 15 5 6.216	-14 51 42.59		9.016 273 44		
24 15 17 59.098	-15 40 23.47	8.942 216 05	9 15 4 51.720	-14 50 52.97		9.024 473 00		
25 15 17 42.288	-15 39 15.60	8.937 333 69	10 15 4 37.469	-14 50 4.53		9.032 925 93		
26 15 17 25.326	-15 38 7.32	8.932 742 58	11 15 4 23.470	-14 49 17.29		9.041 629 10		
27 15 17 8.222	-15 36 58.68	8.928 444 63	12 15 4 9.728	-14 48 31.30		9.050 579 37		
28 15 16 50.988	-15 35 49.72	8.924 441 58	13 15 3 56.250	-14 47 46.57		9.059 773 68		
29 15 16 33.635	-15 34 40.47	8.920 734 98	14 15 3 43.039	-14 47 3.13		9.069 208 97		
30 15 16 16.171	-15 33 31.00	8.917 326 16	15 15 3 30.098	-14 46 21.01		9.078 882 29		
Mai	1 15 15 58.606	-15 32 21.33	8.914 216 26	16 15 3 17.430		-14 45 40.19	9.088 790 68	
	2 15 15 40.951	-15 31 11.51	8.911 406 21	17 15 3 5.042	-14 45 0.71	9.098 931 21		
	3 15 15 23.212	-15 30 1.58	8.908 896 76	18 15 2 52.938	-14 44 22.56	9.109 300 91		
	4 15 15 5.399	-15 28 51.56	8.906 688 48	19 15 2 41.124	-14 43 45.78	9.119 896 70		
	5 15 14 47.521	-15 27 41.49	8.904 781 81	20 15 2 29.609	-14 43 10.38	9.130 715 42		
	6 15 14 29.587	-15 26 31.41	8.903 177 04	21 15 2 18.398	-14 42 36.39	9.141 753 77		
	7 15 14 11.606	-15 25 21.33	8.901 874 31	22 15 2 7.499	-14 42 3.85	9.153 008 27		
	8 15 13 53.588	-15 24 11.31	8.900 873 68	23 15 1 56.917	-14 41 32.78	9.164 475 34		
	9 15 13 35.543	-15 23 1.36	8.900 175 03	24 15 1 46.658	-14 41 3.20	9.176 151 24		
	10 15 13 17.479	-15 21 51.53	8.899 778 19	25 15 1 36.726	-14 40 35.13	9.188 032 09		
	11 15 12 59.408	-15 20 41.85	8.899 682 84	26 15 1 27.125	-14 40 8.61	9.200 113 90		
	12 15 12 41.339	-15 19 32.37	8.899 888 59	27 15 1 17.859	-14 39 43.63	9.212 392 57		
	13 15 12 23.283	-15 18 23.12	8.900 394 96	28 15 1 8.930	-14 39 20.21	9.224 863 91		
	14 15 12 5.249	-15 17 14.14	8.901 201 42	29 15 1 0.343	-14 38 58.36	9.237 523 65		
	15 15 11 47.246	-15 16 5.49	8.902 307 40	30 15 0 52.101	-14 38 38.10	9.250 367 43		
	16 15 11 29.282	-15 14 57.20	8.903 712 33	Juill.	1 15 0 44.208	-14 38 19.41	9.263 390 88	
17 15 11 11.366	-15 13 49.31	8.905 415 66	2 15 0 36.666		-14 38 2.33	9.276 589 56		

SATURNE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua		
Juill.	3 15 0	29.479	-14 37 46.84	9.289 958 99	Août	18 15 1	46.942	-14 55 33.47	10.013 714 81
	4 15 0	22.651	-14 37 32.98	9.303 494 69		19 15 1	57.468	-14 56 33.31	10.030 153 09
	5 15 0	16.185	-14 37 20.73	9.317 192 15		20 15 2	8.351	-14 57 34.54	10.046 553 03
	6 15 0	10.084	-14 37 10.12	9.331 046 86		21 15 2	19.589	-14 58 37.15	10.062 910 28
	7 15 0	4.352	-14 37 1.16	9.345 054 32		22 15 2	31.179	-14 59 41.10	10.079 220 49
	8 14 59	58.992	-14 36 53.86	9.359 210 06		23 15 2	43.117	-15 0 46.38	10.095 479 30
	9 14 59	54.004	-14 36 48.23	9.373 509 63		24 15 2	55.403	-15 1 52.98	10.111 682 37
	10 14 59	49.392	-14 36 44.29	9.387 948 67		25 15 3	8.032	-15 3 0.86	10.127 825 36
	11 14 59	45.154	-14 36 42.03	9.402 522 91		26 15 3	21.004	-15 4 10.00	10.143 903 97
	12 14 59	41.291	-14 36 41.46	9.417 228 17		27 15 3	34.314	-15 5 20.40	10.159 913 92
	13 14 59	37.802	-14 36 42.56	9.432 060 38		28 15 3	47.963	-15 6 32.02	10.175 850 98
	14 14 59	34.686	-14 36 45.33	9.447 015 55		29 15 4	1.946	-15 7 44.85	10.191 710 97
	15 14 59	31.943	-14 36 49.76	9.462 089 73		30 15 4	16.263	-15 8 58.89	10.207 489 78
	16 14 59	29.577	-14 36 55.84	9.477 278 95		31 15 4	30.911	-15 10 14.10	10.223 183 36
	17 14 59	27.591	-14 37 3.58	9.492 579 18		Sept. 1 15 4	45.887	-15 11 30.48	10.238 787 76
	18 14 59	25.986	-14 37 12.98	9.507 986 30		2 15 5	1.188	-15 12 48.02	10.254 299 12
	19 14 59	24.766	-14 37 24.06	9.523 496 08		3 15 5	16.809	-15 14 6.69	10.191 710 97
20 14 59	23.934	-14 37 36.82	9.539 104 17	4 15 5	32.747	-15 15 26.48	10.285 027 84		
21 14 59	23.489	-14 37 51.27	9.554 806 12	5 15 5	48.997	-15 16 47.36	10.300 238 07		
22 14 59	23.433	-14 38 7.41	9.570 597 40	6 15 6	5.554	-15 18 9.30	10.315 341 03		
23 14 59	23.766	-14 38 25.24	9.586 473 41	7 15 6	22.412	-15 19 32.27	10.330 333 47		
24 14 59	24.488	-14 38 44.76	9.602 429 46	8 15 6	39.568	-15 20 56.24	10.345 212 25		
25 14 59	25.598	-14 39 5.95	9.618 460 84	9 15 6	57.020	-15 22 21.18	10.359 974 30		
26 14 59	27.096	-14 39 28.82	9.634 562 78	10 15 7	14.766	-15 23 47.07	10.374 616 56		
27 14 59	28.982	-14 39 53.35	9.650 730 50	11 15 7	32.805	-15 25 13.90	10.389 135 92		
28 14 59	31.254	-14 40 19.52	9.666 959 21	12 15 7	51.136	-15 26 41.66	10.403 529 19		
29 14 59	33.913	-14 40 47.34	9.683 244 09	13 15 8	9.757	-15 28 10.33	10.417 793 10		
30 14 59	36.958	-14 41 16.78	9.699 580 35	14 15 8	28.664	-15 29 39.92	10.431 924 33		
31 14 59	40.390	-14 41 47.85	9.715 963 20	15 15 8	47.855	-15 31 10.39	10.445 919 46		
Août 1 14 59	44.208	-14 42 20.53	9.732 387 88	16 15 9	7.325	-15 32 41.73	10.459 775 04		
2 14 59	48.413	-14 42 54.82	9.748 849 67	17 15 9	27.071	-15 34 13.92	10.473 487 62		
3 14 59	53.004	-14 43 30.70	9.765 343 89	18 15 9	47.088	-15 35 46.93	10.487 053 73		
4 14 59	57.980	-14 44 8.19	9.781 865 92	19 15 10	7.372	-15 37 20.73	10.500 469 93		
5 15 0	3.340	-14 44 47.27	9.798 411 19	20 15 10	27.920	-15 38 55.30	10.513 732 77		
6 15 0	9.083	-14 45 27.93	9.814 975 23	21 15 10	48.728	-15 40 30.62	10.526 838 85		
7 15 0	15.206	-14 46 10.17	9.831 553 68	22 15 11	9.793	-15 42 6.66	10.539 784 79		
8 15 0	21.707	-14 46 53.96	9.848 142 29	23 15 11	31.111	-15 43 43.39	10.552 567 27		
9 15 0	28.581	-14 47 39.30	9.864 736 95	24 15 11	52.680	-15 45 20.79	10.565 183 00		
10 15 0	35.825	-14 48 26.16	9.881 333 65	25 15 12	14.497	-15 46 58.85	10.577 628 75		
11 15 0	43.436	-14 49 14.51	9.897 928 53	26 15 12	36.558	-15 48 37.55	10.589 901 37		
12 15 0	51.413	-14 50 4.32	9.914 517 74	27 15 12	58.860	-15 50 16.86	10.601 997 79		
13 15 0	59.754	-14 50 55.59	9.931 097 45	28 15 13	21.400	-15 51 56.77	10.613 915 02		
14 15 1	8.461	-14 51 48.30	9.947 663 79	29 15 13	44.173	-15 53 37.27	10.625 650 20		
15 15 1	17.535	-14 52 42.44	9.964 212 79	30 15 14	7.176	-15 55 18.34	10.637 200 58		
16 15 1	26.973	-14 53 38.02	9.980 740 40	Oct. 1 15 14	30.402	-15 56 59.95	10.648 563 53		
17 15 1	36.776	-14 54 35.04	9.997 242 48	2 15 14	53.847	-15 58 42.08	10.659 736 56		

SATURNE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua		
Oct.	3 15 15	17.504	-16 0 24.70	10.67071731	Nov.	18 15 36	7.864	-17 21 45.26	10.93428693
	4 15 15	41.369	-16 2 7.77	10.68150353		19 15 36	36.970	-17 23 27.45	10.93423242
	5 15 16	5.436	-16 3 51.28	10.69209312		20 15 37	6.088	-17 25 9.19	10.93391834
	6 15 16	29.702	-16 5 35.18	10.70248403		21 15 37	35.214	-17 26 50.45	10.93334441
	7 15 16	54.164	-16 7 19.45	10.71267430		22 15 38	4.345	-17 28 31.24	10.93251047
	8 15 17	18.820	-16 9 4.07	10.72266195		23 15 38	33.473	-17 30 11.53	10.93141647
	9 15 17	43.668	-16 10 49.04	10.73244499		24 15 39	2.595	-17 31 51.32	10.93006252
	10 15 18	8.706	-16 12 34.34	10.74202136		25 15 39	31.703	-17 33 30.59	10.92844888
	11 15 18	33.930	-16 14 19.96	10.75138893		26 15 40	0.790	-17 35 9.32	10.92657598
	12 15 18	59.337	-16 16 5.89	10.76054551		27 15 40	29.850	-17 36 47.48	10.92444440
	13 15 19	24.922	-16 17 52.11	10.76948885		28 15 40	58.877	-17 38 25.05	10.92205484
	14 15 19	50.680	-16 19 38.59	10.77821668		29 15 41	27.865	-17 40 2.01	10.91940812
15 15 20	16.606	-16 21 25.31	10.78672673	30 15 41	56.811	-17 41 38.33	10.91650515		
16 15 20	42.697	-16 23 12.24	10.79501674	Déc.	1 15 42	25.711	-17 43 14.00	10.91334688	
17 15 21	8.947	-16 24 59.37	10.80308448		2 15 42	54.562	-17 44 49.02	10.90993427	
18 15 21	35.353	-16 26 46.65	10.81092774	3 15 43	23.362	-17 46 23.36	10.90626829		
19 15 22	1.910	-16 28 34.08	10.81854437	4 15 43	52.105	-17 47 57.04	10.91940812		
20 15 22	28.615	-16 30 21.63	10.82593225	5 15 44	20.789	-17 49 30.04	10.89818001		
21 15 22	55.464	-16 32 9.27	10.83308934	6 15 44	49.409	-17 51 2.35	10.89375951		
22 15 23	22.453	-16 33 56.99	10.84001363	7 15 45	17.958	-17 52 33.98	10.88908925		
23 15 23	49.579	-16 35 44.77	10.84670320	8 15 45	46.432	-17 54 4.90	10.88417007		
24 15 24	16.839	-16 37 32.59	10.85315620	9 15 46	14.825	-17 55 35.09	10.87900279		
25 15 24	44.228	-16 39 20.44	10.85937090	10 15 46	43.132	-17 57 4.55	10.87358827		
26 15 25	11.742	-16 41 8.30	10.86534566	11 15 47	11.346	-17 58 33.25	10.86792739		
27 15 25	39.377	-16 42 56.16	10.87107898	12 15 47	39.464	-18 0 1.17	10.86202105		
28 15 26	7.125	-16 44 43.99	10.87656950	13 15 48	7.482	-18 1 28.30	10.85587025		
29 15 26	34.982	-16 46 31.79	10.88181601	14 15 48	35.393	-18 2 54.63	10.84947601		
30 15 27	2.941	-16 48 19.51	10.88681741	15 15 49	3.195	-18 4 20.15	10.84283945		
31 15 27	30.996	-16 50 7.13	10.89157278	16 15 49	30.884	-18 5 44.84	10.83596174		
Nov.	1 15 27	59.142	-16 51 54.63	10.89608127	17 15 49	58.454	-18 7 8.69	10.82884413	
	2 15 28	27.374	-16 53 41.97	10.90034218	18 15 50	25.901	-18 8 31.71	10.82148795	
	3 15 28	55.689	-16 55 29.12	10.90435483	19 15 50	53.222	-18 9 53.88	10.81389466	
	4 15 29	24.084	-16 57 16.09	10.90811862	20 15 51	20.411	-18 11 15.20	10.80606580	
	5 15 29	52.556	-16 59 2.84	10.91163293	21 15 51	47.462	-18 12 35.66	10.79800305	
	6 15 30	21.103	-17 0 49.37	10.91489714	22 15 52	14.368	-18 13 55.26	10.78970827	
	7 15 30	49.721	-17 2 35.67	10.91791058	23 15 52	41.123	-18 15 13.99	10.78118346	
	8 15 31	18.406	-17 4 21.74	10.92067251	24 15 53	7.720	-18 16 31.82	10.77243082	
	9 15 31	47.154	-17 6 7.55	10.92318217	25 15 53	34.151	-18 17 48.73	10.76345269	
	10 15 32	15.959	-17 7 53.10	10.92543875	26 15 54	0.411	-18 19 4.71	10.75425155	
	11 15 32	44.815	-17 9 38.36	10.92744143	27 15 54	26.496	-18 20 19.74	10.74482998	
12 15 33	13.719	-17 11 23.31	10.92918938	28 15 54	52.402	-18 21 33.80	10.73519061		
13 15 33	42.665	-17 13 7.92	10.93068183	29 15 55	18.125	-18 22 46.89	10.72533608		
14 15 34	11.647	-17 14 52.18	10.93191802	30 15 55	43.664	-18 23 59.01	10.71526904		
15 15 34	40.663	-17 16 36.06	10.93289725	31 15 56	9.013	-18 25 10.16	10.70499212		
16 15 35	9.707	-17 18 19.55	10.93361886	32 15 56	34.170	-18 26 20.34	10.69450792		
17 15 35	38.775	-17 20 2.62	10.93408226	33 15 56	59.129	-18 27 29.56	10.68381900		

URANUS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
Janv.	0	0	32	55.263	2	48	16.27	20.0238623	Févr.	15	0	37	51.076	3	21	34.02	20.7321734
	1	0	32	57.826	2	48	35.31	20.0411001		16	0	38	0.969	3	22	38.96	20.7440591
	2	0	33	0.578	2	48	55.55	20.0583287		17	0	38	10.976	3	23	44.59	20.7557359
	3	0	33	3.517	2	49	16.98	20.0755422		18	0	38	21.096	3	24	50.90	20.7672010
	4	0	33	6.641	2	49	39.59	20.0927351		19	0	38	31.328	3	25	57.88	20.7784514
	5	0	33	9.949	2	50	3.37	20.1099016		20	0	38	41.670	3	27	5.53	20.7894844
	6	0	33	13.441	2	50	28.32	20.1270363		21	0	38	52.120	3	28	13.82	20.8002970
	7	0	33	17.118	2	50	54.43	20.1441339		22	0	39	2.678	3	29	22.76	20.8108863
	8	0	33	20.980	2	51	21.72	20.1611893		23	0	39	13.342	3	30	32.33	20.8212495
	9	0	33	25.027	2	51	50.18	20.1781973		24	0	39	24.107	3	31	42.51	20.8313837
	10	0	33	29.258	2	52	19.81	20.1951530		25	0	39	34.971	3	32	53.28	20.8412859
	11	0	33	33.672	2	52	50.60	20.2120516		26	0	39	45.930	3	34	4.61	20.8509532
	12	0	33	38.267	2	53	22.54	20.2288882		27	0	39	56.979	3	35	16.48	20.8603828
	13	0	33	43.042	2	53	55.61	20.2456582		28	0	40	8.116	3	36	28.86	20.8695719
14	0	33	47.994	2	54	29.82	20.2623569	Mars	1	0	40	19.338	3	37	41.73	20.8785178	
15	0	33	53.121	2	55	5.13	20.2789797	2	0	40	30.642	3	38	55.08	20.8872180		
16	0	33	58.422	2	55	41.54	20.2955220	3	0	40	42.029	3	40	8.90	20.8956702		
17	0	34	3.895	2	56	19.04	20.3119792	4	0	40	53.496	3	41	23.18	20.9038722		
18	0	34	9.538	2	56	57.62	20.3283469	5	0	41	5.042	3	42	37.92	20.9118222		
19	0	34	15.350	2	57	37.25	20.3446205	6	0	41	16.664	3	43	53.10	20.9195184		
20	0	34	21.329	2	58	17.95	20.3607956	7	0	41	28.360	3	45	8.70	20.9269591		
21	0	34	27.476	2	58	59.69	20.3768676	8	0	41	40.126	3	46	24.70	20.9341430		
22	0	34	33.789	2	59	42.48	20.3928321	9	0	41	51.959	3	47	41.08	20.9410685		
23	0	34	40.269	3	0	26.30	20.4086846	10	0	42	3.856	3	48	57.82	20.9477344		
24	0	34	46.913	3	1	11.17	20.4244206	11	0	42	15.812	3	50	14.89	20.9541395		
25	0	34	53.723	3	1	57.06	20.4400355	12	0	42	27.826	3	51	32.29	20.9602825		
26	0	35	0.697	3	2	43.99	20.4555248	13	0	42	39.893	3	52	49.98	20.9661625		
27	0	35	7.834	3	3	31.93	20.4708838	14	0	42	52.012	3	54	7.95	20.9717783		
28	0	35	15.130	3	4	20.87	20.4861079	15	0	43	4.180	3	55	26.18	20.9771289		
29	0	35	22.584	3	5	10.79	20.5011923	16	0	43	16.396	3	56	44.66	20.9822135		
30	0	35	30.190	3	6	1.66	20.5161324	17	0	43	28.656	3	58	3.37	20.9870311		
31	0	35	37.946	3	6	53.47	20.5309234	18	0	43	40.960	3	59	22.31	20.9915807		
Févr.	1	0	35	45.848	3	7	46.19	20.5455609	19	0	43	53.307	4	0	41.47	20.9958616	
	2	0	35	53.897	3	8	39.80	20.5600404	20	0	44	5.694	4	2	0.83	20.9998728	
	3	0	36	2.090	3	9	34.31	20.5743577	21	0	44	18.121	4	3	20.38	21.0036134	
	4	0	36	10.428	3	10	29.70	20.5885086	22	0	44	30.584	4	4	40.12	21.0070824	
	5	0	36	18.909	3	11	25.98	20.6024894	23	0	44	43.081	4	6	0.03	21.0102791	
	6	0	36	27.531	3	12	23.13	20.6162962	24	0	44	55.608	4	7	20.07	21.0132024	
	7	0	36	36.293	3	13	21.13	20.6299256	25	0	45	8.162	4	8	40.23	21.0158514	
	8	0	36	45.192	3	14	19.99	20.6433741	26	0	45	20.738	4	10	0.48	21.0182253	
	9	0	36	54.225	3	15	19.67	20.6566382	27	0	45	33.333	4	11	20.80	21.0203232	
	10	0	37	3.389	3	16	20.15	20.6697148	28	0	45	45.944	4	12	41.17	21.0221445	
	11	0	37	12.681	3	17	21.42	20.6826005	29	0	45	58.568	4	14	1.56	21.0236885	
	12	0	37	22.098	3	18	23.47	20.6952923	30	0	46	11.204	4	15	21.97	21.0249549	
	13	0	37	31.638	3	19	26.26	20.7077870	31	0	46	23.851	4	16	42.39	21.0259434	
	14	0	37	41.298	3	20	29.78	20.7200817	Avril	1	0	46	36.508	4	18	2.81	21.0266539

URANUS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance			
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua			
Avril	2	0	46	49.172	4	19	23.22	21.0270867	Mai	18	0	55	53.887	5	16	8.78	20.7633344	
	3	0	47	1.840	4	20	43.60	21.0272419		19	0	56	4.021	5	17	11.00	20.7520494	
	4	0	47	14.509	4	22	3.94	21.0271201		20	0	56	14.046	5	18	12.50	20.7405648	
	5	0	47	27.176	4	23	24.22	21.0267217		21	0	56	23.957	5	19	13.25	20.7288831	
	6	0	47	39.837	4	24	44.41	21.0260474		22	0	56	33.755	5	20	13.24	20.7170070	
	7	0	47	52.489	4	26	4.49	21.0250979		23	0	56	43.436	5	21	12.46	20.7049394	
	8	0	48	5.128	4	27	24.44	21.0238740		24	0	56	53.001	5	22	10.91	20.6926830	
	9	0	48	17.752	4	28	44.25	21.0223764		25	0	57	2.448	5	23	8.58	20.6802410	
	10	0	48	30.357	4	30	3.88	21.0206061		26	0	57	11.777	5	24	5.48	20.6676166	
	11	0	48	42.943	4	31	23.34	21.0185640		27	0	57	20.986	5	25	1.58	20.6548132	
	12	0	48	55.505	4	32	42.60	21.0162510		28	0	57	30.072	5	25	56.88	20.6418342	
	13	0	49	8.044	4	34	1.65	21.0136682		29	0	57	39.032	5	26	51.38	20.6286833	
	14	0	49	20.556	4	35	20.48	21.0108165		30	0	57	47.865	5	27	45.04	20.6153640	
	15	0	49	33.042	4	36	39.09	21.0076970		31	0	57	56.567	5	28	37.87	20.6018801	
	16	0	49	45.499	4	37	57.46	21.0043107		Juin	1	0	58	5.136	5	29	29.83	20.5882355
	17	0	49	57.926	4	39	15.59	21.0006585			2	0	58	13.569	5	30	20.92	20.5744340
18	0	50	10.321	4	40	33.46	20.9967415	3	0		58	21.864	5	31	11.11	20.5604794		
19	0	50	22.681	4	41	51.06	20.9925605	4	0		58	30.019	5	32	0.41	20.5463757		
20	0	50	35.003	4	43	8.37	20.9881165	5	0		58	38.032	5	32	48.81	20.5321267		
21	0	50	47.284	4	44	25.37	20.9834105	6	0		58	45.904	5	33	36.28	20.5177363		
22	0	50	59.518	4	45	42.04	20.9784433	7	0		58	53.632	5	34	22.83	20.5032085		
23	0	51	11.703	4	46	58.34	20.9732159	8	0		59	1.216	5	35	8.46	20.4885472		
24	0	51	23.837	4	48	14.26	20.9677295	9	0		59	8.657	5	35	53.15	20.4737563		
25	0	51	35.916	4	49	29.78	20.9619853	10	0		59	15.952	5	36	36.92	20.4588396		
26	0	51	47.939	4	50	44.90	20.9559845	11	0		59	23.102	5	37	19.76	20.4438011		
27	0	51	59.905	4	51	59.60	20.9497288	12	0		59	30.106	5	38	1.66	20.4286443		
28	0	52	11.813	4	53	13.88	20.9432197	13	0		59	36.962	5	38	42.62	20.4133731		
29	0	52	23.662	4	54	27.73	20.9364590	14	0		59	43.667	5	39	22.63	20.3979910		
30	0	52	35.447	4	55	41.14	20.9294488	15	0		59	50.218	5	40	1.66	20.3825016		
Mai	1	0	52	47.168	4	56	54.09	20.9221912	16		0	59	56.612	5	40	39.69	20.3669086	
	2	0	52	58.821	4	58	6.57	20.9146884	17	1	0	2.846	5	41	16.71	20.3512154		
	3	0	53	10.402	4	59	18.55	20.9069428	18	1	0	8.920	5	41	52.72	20.3354258		
	4	0	53	21.908	5	0	30.02	20.8989567	19	1	0	14.832	5	42	27.69	20.3195437		
	5	0	53	33.336	5	1	40.96	20.8907325	20	1	0	20.584	5	43	1.64	20.3035729		
	6	0	53	44.683	5	2	51.34	20.8822729	21	1	0	26.174	5	43	34.56	20.2875175		
	7	0	53	55.947	5	4	1.16	20.8735803	22	1	0	31.601	5	44	6.45	20.2713818		
	8	0	54	7.126	5	5	10.40	20.8646573	23	1	0	36.867	5	44	37.31	20.2551701		
	9	0	54	18.217	5	6	19.05	20.8555066	24	1	0	41.968	5	45	7.14	20.2388867		
	10	0	54	29.219	5	7	27.09	20.8461307	25	1	0	46.904	5	45	35.94	20.2225363		
	11	0	54	40.131	5	8	34.52	20.8365324	26	1	0	51.671	5	46	3.68	20.2061234		
	12	0	54	50.952	5	9	41.32	20.8267142	27	1	0	56.270	5	46	30.36	20.1896528		
	13	0	55	1.681	5	10	47.51	20.8166789	28	1	1	0.696	5	46	55.97	20.1731290		
	14	0	55	12.317	5	11	53.06	20.8064290	29	1	1	4.950	5	47	20.49	20.1565568		
	15	0	55	22.857	5	12	57.98	20.7959671	30	1	1	9.029	5	47	43.93	20.1399409		
	16	0	55	33.301	5	14	2.25	20.7852957	Juill.	1	1	1	12.932	5	48	6.27	20.1232862	
17	0	55	43.646	5	15	5.86	20.7744173	2		1	1	16.659	5	48	27.50	20.1065973		

URANUS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
Juill.	3	1	1	20.209	5	48	47.64	20.0898790	Août	18	1	0	51.441	5	44	25.70	19.3678034
	4	1	1	23.583	5	49	6.66	20.0731360		19	1	0	46.797	5	43	55.38	19.3548369
	5	1	1	26.780	5	49	24.59	20.0563729		20	1	0	41.999	5	43	24.12	19.3420563
	6	1	1	29.801	5	49	41.41	20.0395945		21	1	0	37.048	5	42	51.95	19.3294660
	7	1	1	32.647	5	49	57.13	20.0228054		22	1	0	31.945	5	42	18.86	19.3170701
	8	1	1	35.318	5	50	11.77	20.0060101		23	1	0	26.693	5	41	44.86	19.3048731
	9	1	1	37.814	5	50	25.31	19.9892131		24	1	0	21.291	5	41	9.96	19.2928790
	10	1	1	40.134	5	50	37.77	19.9724188		25	1	0	15.744	5	40	34.18	19.2810920
	11	1	1	42.278	5	50	49.13	19.9556316		26	1	0	10.052	5	39	57.53	19.2695162
	12	1	1	44.244	5	50	59.40	19.9388556		27	1	0	4.219	5	39	20.02	19.2581555
	13	1	1	46.029	5	51	8.54	19.9220951		28	0	59	58.248	5	38	41.68	19.2470137
	14	1	1	47.632	5	51	16.56	19.9053541		29	0	59	52.143	5	38	2.52	19.2360948
15	1	1	49.052	5	51	23.45	19.8886369	30	0	59	45.906	5	37	22.57	19.2254022		
16	1	1	50.289	5	51	29.19	19.8719478	31	0	59	39.541	5	36	41.84	19.2149396		
17	1	1	51.344	5	51	33.81	19.8552910	Sept.	1	0	59	33.052	5	36	0.36	19.2047103	
18	1	1	52.219	5	51	37.30	19.8386711	2	0	59	26.441	5	35	18.15	19.1947176		
19	1	1	52.914	5	51	39.67	19.8220928	3	0	59	19.710	5	34	35.23	19.2360948		
20	1	1	53.430	5	51	40.94	19.8055608	4	0	59	12.862	5	33	51.61	19.1754543		
21	1	1	53.767	5	51	41.10	19.7890798	5	0	59	5.899	5	33	7.29	19.1661895		
22	1	1	53.924	5	51	40.16	19.7726548	6	0	58	58.822	5	32	22.30	19.1571729		
23	1	1	53.901	5	51	38.11	19.7562907	7	0	58	51.631	5	31	36.63	19.1484072		
24	1	1	53.697	5	51	34.94	19.739924	8	0	58	44.330	5	30	50.30	19.1398947		
25	1	1	53.311	5	51	30.67	19.7237649	9	0	58	36.922	5	30	3.32	19.1316382		
26	1	1	52.743	5	51	25.28	19.7076133	10	0	58	29.410	5	29	15.72	19.1236400		
27	1	1	51.993	5	51	18.77	19.6915424	11	0	58	21.800	5	28	27.53	19.1159029		
28	1	1	51.060	5	51	11.14	19.6755572	12	0	58	14.095	5	27	38.77	19.1084294		
29	1	1	49.946	5	51	2.40	19.6596626	13	0	58	6.300	5	26	49.47	19.1012224		
30	1	1	48.651	5	50	52.56	19.6438635	14	0	57	58.416	5	25	59.64	19.0942844		
31	1	1	47.177	5	50	41.60	19.6281647	15	0	57	50.446	5	25	9.32	19.0876184		
Août	1	1	45.525	5	50	29.56	19.6125711	16	0	57	42.392	5	24	18.51	19.0812269		
2	1	1	43.698	5	50	16.43	19.5970872	17	0	57	34.257	5	23	27.22	19.0751125		
3	1	1	41.695	5	50	2.23	19.5817178	18	0	57	26.043	5	22	35.48	19.0692779		
4	1	1	39.521	5	49	46.97	19.5664674	19	0	57	17.753	5	21	43.29	19.0637254		
5	1	1	37.175	5	49	30.67	19.5513404	20	0	57	9.389	5	20	50.69	19.0584574		
6	1	1	34.660	5	49	13.33	19.5363413	21	0	57	0.956	5	19	57.68	19.0534761		
7	1	1	31.976	5	48	54.96	19.5214742	22	0	56	52.457	5	19	4.29	19.0487837		
8	1	1	29.123	5	48	35.56	19.5067434	23	0	56	43.897	5	18	10.54	19.0443821		
9	1	1	26.101	5	48	15.13	19.4921528	24	0	56	35.278	5	17	16.46	19.0402733		
10	1	1	22.909	5	47	53.68	19.4777063	25	0	56	26.607	5	16	22.08	19.0364590		
11	1	1	19.547	5	47	31.18	19.4634079	26	0	56	17.887	5	15	27.42	19.0329407		
12	1	1	16.018	5	47	7.66	19.4492615	27	0	56	9.124	5	14	32.52	19.0297198		
13	1	1	12.322	5	46	43.12	19.4352710	28	0	56	0.322	5	13	37.40	19.0267977		
14	1	1	8.463	5	46	17.57	19.4214406	29	0	55	51.484	5	12	42.10	19.0241753		
15	1	1	4.443	5	45	51.04	19.4077743	30	0	55	42.615	5	11	46.63	19.0218536		
16	1	1	0.265	5	45	23.54	19.3942764	Oct.	1	0	55	33.718	5	10	51.02	19.0198333	
17	1	0	55.931	5	44	55.09	19.3809513	2	0	55	24.795	5	9	55.28	19.0181151		

URANUS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance ua	Date	asc. droite			déclinaison			distance ua		
	h	m	s	°	'	"			h	m	s	°	'	"			
Oct.	3	0	55	15.849	5	8	59.44	19.0166992	Nov.	18	0	49	4.336	4	30	55.50	19.2703662
	4	0	55	6.883	5	8	3.50	19.0155860		19	0	48	58.458	4	30	20.38	19.2821876
	5	0	54	57.900	5	7	7.48	19.0147757		20	0	48	52.726	4	29	46.20	19.2942333
	6	0	54	48.902	5	6	11.40	19.0142684		21	0	48	47.143	4	29	12.98	19.3064993
	7	0	54	39.896	5	5	15.30	19.0140641		22	0	48	41.711	4	28	40.75	19.3189815
	8	0	54	30.887	5	4	19.19	19.0141629		23	0	48	36.434	4	28	9.51	19.3316758
	9	0	54	21.878	5	3	23.12	19.0145651		24	0	48	31.313	4	27	39.28	19.3445777
	10	0	54	12.875	5	2	27.12	19.0152706		25	0	48	26.350	4	27	10.07	19.3576826
	11	0	54	3.882	5	1	31.20	19.0162797		26	0	48	21.546	4	26	41.89	19.3709860
	12	0	53	54.902	5	0	35.40	19.0175924		27	0	48	16.902	4	26	14.74	19.3844831
	13	0	53	45.937	4	59	39.74	19.0192090		28	0	48	12.418	4	25	48.63	19.3981690
	14	0	53	36.991	4	58	44.23	19.0211294		29	0	48	8.096	4	25	23.56	19.4120390
15	0	53	28.066	4	57	48.89	19.0233536	30	0	48	3.939	4	24	59.54	19.4260882		
16	0	53	19.165	4	56	53.74	19.0258814	Déc.	1	0	47	59.949	4	24	36.59	19.4403118	
17	0	53	10.292	4	55	58.80	19.0287124		2	0	47	56.130	4	24	14.74	19.4547051	
18	0	53	1.450	4	55	4.09	19.0318462	3	0	47	52.484	4	23	53.98	19.4692633		
19	0	52	52.644	4	54	9.63	19.0352823	4	0	47	49.013	4	23	34.36	19.4839820		
20	0	52	43.878	4	53	15.46	19.0390200	5	0	47	45.719	4	23	15.86	19.4988563		
21	0	52	35.156	4	52	21.59	19.0430583	6	0	47	42.603	4	22	58.51	19.5138819		
22	0	52	26.483	4	51	28.06	19.0473964	7	0	47	39.665	4	22	42.30	19.5290542		
23	0	52	17.864	4	50	34.90	19.0520331	8	0	47	36.905	4	22	27.24	19.5443685		
24	0	52	9.304	4	49	42.14	19.0569670	9	0	47	34.324	4	22	13.33	19.5598204		
25	0	52	0.806	4	48	49.80	19.0621967	10	0	47	31.922	4	22	0.57	19.5754052		
26	0	51	52.377	4	47	57.92	19.0677204	11	0	47	29.700	4	21	48.96	19.5911182		
27	0	51	44.018	4	47	6.52	19.0735363	12	0	47	27.659	4	21	38.51	19.6069547		
28	0	51	35.734	4	46	15.61	19.0796423	13	0	47	25.801	4	21	29.23	19.6229098		
29	0	51	27.526	4	45	25.23	19.0860363	14	0	47	24.126	4	21	21.12	19.6389787		
30	0	51	19.398	4	44	35.37	19.0927159	15	0	47	22.637	4	21	14.19	19.6551563		
31	0	51	11.352	4	43	46.06	19.0996786	16	0	47	21.336	4	21	8.45	19.6714377		
Nov.	1	0	51	3.389	4	42	57.32	19.1069219	17	0	47	20.224	4	21	3.91	19.6878177	
2	0	50	55.515	4	42	9.15	19.1144430	18	0	47	19.302	4	21	0.59	19.7042912		
3	0	50	47.732	4	41	21.58	19.1222392	19	0	47	18.574	4	20	58.49	19.7208528		
4	0	50	40.045	4	40	34.64	19.1303080	20	0	47	18.038	4	20	57.62	19.7374972		
5	0	50	32.458	4	39	48.35	19.1386466	21	0	47	17.697	4	20	57.99	19.7542188		
6	0	50	24.976	4	39	2.75	19.1472524	22	0	47	17.550	4	20	59.58	19.7710121		
7	0	50	17.603	4	38	17.86	19.1561227	23	0	47	17.595	4	21	2.41	19.7878713		
8	0	50	10.341	4	37	33.70	19.1652549	24	0	47	17.832	4	21	6.45	19.8047908		
9	0	50	3.192	4	36	50.29	19.1746464	25	0	47	18.260	4	21	11.70	19.8217648		
10	0	49	56.159	4	36	7.64	19.1842945	26	0	47	18.877	4	21	18.15	19.8387875		
11	0	49	49.244	4	35	25.76	19.1941964	27	0	47	19.685	4	21	25.80	19.8558533		
12	0	49	42.448	4	34	44.66	19.2043494	28	0	47	20.684	4	21	34.66	19.8729565		
13	0	49	35.774	4	34	4.37	19.2147504	29	0	47	21.876	4	21	44.73	19.8900917		
14	0	49	29.224	4	33	24.89	19.2253965	30	0	47	23.261	4	21	56.01	19.9072536		
15	0	49	22.802	4	32	46.25	19.2362845	31	0	47	24.840	4	22	8.52	19.9244368		
16	0	49	16.511	4	32	8.45	19.2474110	32	0	47	26.613	4	22	22.25	19.9416362		
17	0	49	10.355	4	31	31.53	19.2587728	33	0	47	28.579	4	22	37.20	19.9588468		

NEPTUNE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua		
Janv.	0	22 21 31.635	-10 57 23.07	30.550 4120	Févr.	15	22 27 15.657	-10 24 19.27	30.954 3340
	1	22 21 37.446	-10 56 49.34	30.564 3093		16	22 27 24.221	-10 23 30.06	30.956 9128
	2	22 21 43.355	-10 56 15.07	30.578 0264		17	22 27 32.799	-10 22 40.77	30.959 2055
	3	22 21 49.361	-10 55 40.26	30.591 5587		18	22 27 41.390	-10 21 51.41	30.961 2117
	4	22 21 55.459	-10 55 4.94	30.604 9021		19	22 27 49.993	-10 21 1.97	30.962 9309
	5	22 22 1.648	-10 54 29.09	30.618 0525		20	22 27 58.608	-10 20 12.47	30.964 3627
	6	22 22 7.927	-10 53 52.74	30.631 0061		21	22 28 7.232	-10 19 22.92	30.965 5066
	7	22 22 14.297	-10 53 15.86	30.643 7594		22	22 28 15.865	-10 18 33.31	30.966 3622
	8	22 22 20.757	-10 52 38.47	30.656 3088		23	22 28 24.505	-10 17 43.68	30.966 9290
	9	22 22 27.306	-10 52 0.57	30.668 6510		24	22 28 33.150	-10 16 54.04	30.967 2068
	10	22 22 33.943	-10 51 22.17	30.680 7827		25	22 28 41.796	-10 16 4.40	30.967 1953
	11	22 22 40.666	-10 50 43.29	30.692 7008		26	22 28 50.440	-10 15 14.79	30.966 8941
	12	22 22 47.475	-10 50 3.93	30.704 4023		27	22 28 59.078	-10 14 25.23	30.966 3033
	13	22 22 54.366	-10 49 24.11	30.715 8841		28	22 29 7.706	-10 13 35.74	30.965 4228
14	22 23 1.336	-10 48 43.84	30.727 1432	Mars	1	22 29 16.324	-10 12 46.31	30.964 2530	
15	22 23 8.385	-10 48 3.14	30.738 1768	2	22 29 24.928	-10 11 56.97	30.962 7943		
16	22 23 15.508	-10 47 22.03	30.748 9820	3	22 29 33.519	-10 11 7.69	30.961 0474		
17	22 23 22.704	-10 46 40.50	30.759 5560	4	22 29 42.096	-10 10 18.50	30.959 0132		
18	22 23 29.972	-10 45 58.58	30.769 8959	5	22 29 50.658	-10 9 29.40	30.956 6928		
19	22 23 37.308	-10 45 16.26	30.779 9990	6	22 29 59.204	-10 8 40.39	30.954 0872		
20	22 23 44.712	-10 44 33.56	30.789 8625	7	22 30 7.731	-10 7 51.50	30.951 1979		
21	22 23 52.182	-10 43 50.47	30.799 4838	8	22 30 16.238	-10 7 2.75	30.948 0261		
22	22 23 59.719	-10 43 7.01	30.808 8600	9	22 30 24.721	-10 6 14.14	30.944 5732		
23	22 24 7.320	-10 42 23.18	30.817 9886	10	22 30 33.178	-10 5 25.71	30.940 8408		
24	22 24 14.985	-10 41 38.97	30.826 8667	11	22 30 41.606	-10 4 37.45	30.936 8303		
25	22 24 22.714	-10 40 54.41	30.835 4918	12	22 30 50.002	-10 3 49.38	30.932 5432		
26	22 24 30.505	-10 40 9.49	30.843 8611	13	22 30 58.365	-10 3 1.52	30.927 9812		
27	22 24 38.356	-10 39 24.24	30.851 9720	14	22 31 6.693	-10 2 13.87	30.923 1458		
28	22 24 46.265	-10 38 38.67	30.859 8218	15	22 31 14.983	-10 1 26.44	30.918 0386		
29	22 24 54.228	-10 37 52.81	30.867 4080	16	22 31 23.235	-10 0 39.24	30.912 6614		
30	22 25 2.242	-10 37 6.67	30.874 7282	17	22 31 31.447	-9 59 52.28	30.907 0158		
31	22 25 10.302	-10 36 20.28	30.881 7799	18	22 31 39.619	-9 59 5.55	30.901 1035		
Févr.	1	22 25 18.405	-10 35 33.65	30.888 5612	19	22 31 47.750	-9 58 19.06	30.894 9261	
	2	22 25 26.550	-10 34 46.78	30.895 0700	20	22 31 55.839	-9 57 32.82	30.888 4853	
	3	22 25 34.737	-10 33 59.67	30.901 3048	21	22 32 3.885	-9 56 46.84	30.881 7827	
	4	22 25 42.964	-10 33 12.32	30.907 2640	22	22 32 11.887	-9 56 1.13	30.874 8201	
	5	22 25 51.232	-10 32 24.74	30.912 9464	23	22 32 19.842	-9 55 15.71	30.867 5992	
	6	22 25 59.538	-10 31 36.94	30.918 3508	24	22 32 27.748	-9 54 30.59	30.860 1217	
	7	22 26 7.881	-10 30 48.93	30.923 4762	25	22 32 35.601	-9 53 45.80	30.852 3895	
	8	22 26 16.259	-10 30 0.73	30.928 3217	26	22 32 43.399	-9 53 1.35	30.844 4045	
	9	22 26 24.669	-10 29 12.35	30.932 8863	27	22 32 51.138	-9 52 17.25	30.836 1688	
	10	22 26 33.109	-10 28 23.82	30.937 1692	28	22 32 58.815	-9 51 33.53	30.827 6845	
	11	22 26 41.575	-10 27 35.14	30.941 1697	29	22 33 6.431	-9 50 50.18	30.818 9541	
	12	22 26 50.065	-10 26 46.34	30.944 8870	30	22 33 13.983	-9 50 7.20	30.809 9801	
	13	22 26 58.577	-10 25 57.42	30.948 3206	31	22 33 21.472	-9 49 24.59	30.800 7653	
	14	22 27 7.109	-10 25 8.39	30.951 4698	Avril	1	22 33 28.897	-9 48 42.36	30.791 3127

NEPTUNE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua		
Avril	2	22 33 36.257	- 9 48 0.51	30.781 625 2	Mai	18	22 37 39.111	- 9 25 30.81	30.142 345 1
	3	22 33 43.551	- 9 47 19.06	30.771 706 0		19	22 37 41.899	- 9 25 16.41	30.125 716 7
	4	22 33 50.777	- 9 46 38.03	30.761 558 5		20	22 37 44.567	- 9 25 2.75	30.109 040 2
	5	22 33 57.932	- 9 45 57.42	30.751 185 8		21	22 37 47.111	- 9 24 49.82	30.092 320 0
	6	22 34 5.015	- 9 45 17.26	30.740 591 3		22	22 37 49.533	- 9 24 37.63	30.075 560 5
	7	22 34 12.022	- 9 44 37.56	30.729 778 3		23	22 37 51.833	- 9 24 26.16	30.058 766 4
	8	22 34 18.951	- 9 43 58.32	30.718 750 2		24	22 37 54.010	- 9 24 15.42	30.041 942 5
	9	22 34 25.802	- 9 43 19.56	30.707 510 4		25	22 37 56.066	- 9 24 5.39	30.025 093 6
	10	22 34 32.571	- 9 42 41.29	30.696 062 2		26	22 37 58.002	- 9 23 56.07	30.008 224 6
	11	22 34 39.258	- 9 42 3.51	30.684 409 1		27	22 37 59.817	- 9 23 47.47	29.991 340 6
	12	22 34 45.862	- 9 41 26.23	30.672 554 3		28	22 38 1.512	- 9 23 39.60	29.974 446 6
13	22 34 52.382	- 9 40 49.44	30.660 501 4	29	22 38 3.086	- 9 23 32.44	29.957 547 8		
14	22 34 58.817	- 9 40 13.16	30.648 253 7	30	22 38 4.538	- 9 23 26.02	29.940 649 1		
15	22 35 5.167	- 9 39 37.38	30.635 814 5	31	22 38 5.866	- 9 23 20.34	29.923 755 7		
16	22 35 11.432	- 9 39 2.10	30.623 187 2	Juin	1	22 38 7.070	- 9 23 15.41	29.906 872 5	
17	22 35 17.612	- 9 38 27.34	30.610 375 1		2	22 38 8.149	- 9 23 11.22	29.890 004 7	
18	22 35 23.705	- 9 37 53.09	30.597 381 4		3	22 38 9.103	- 9 23 7.78	29.873 157 0	
19	22 35 29.711	- 9 37 19.38	30.584 209 5		4	22 38 9.931	- 9 23 5.08	29.856 334 5	
20	22 35 35.627	- 9 36 46.22	30.570 862 6		5	22 38 10.634	- 9 23 3.12	29.839 541 9	
21	22 35 41.449	- 9 36 13.62	30.557 344 0		6	22 38 11.213	- 9 23 1.90	29.822 784 1	
22	22 35 47.176	- 9 35 41.61	30.543 657 3	7	22 38 11.667	- 9 23 1.41	29.806 065 7		
23	22 35 52.805	- 9 35 10.19	30.529 805 9	8	22 38 11.999	- 9 23 1.64	29.789 391 5		
24	22 35 58.334	- 9 34 39.37	30.515 793 4	9	22 38 12.209	- 9 23 2.58	29.772 765 9		
25	22 36 3.762	- 9 34 9.16	30.501 623 7	10	22 38 12.299	- 9 23 4.23	29.756 193 6		
26	22 36 9.089	- 9 33 39.55	30.487 300 8	11	22 38 12.271	- 9 23 6.59	29.739 679 0		
27	22 36 14.314	- 9 33 10.54	30.472 828 6	12	22 38 12.123	- 9 23 9.64	29.723 226 3		
28	22 36 19.438	- 9 32 42.13	30.458 211 5	13	22 38 11.857	- 9 23 13.41	29.706 839 8		
29	22 36 24.461	- 9 32 14.33	30.443 453 8	14	22 38 11.472	- 9 23 17.89	29.690 523 7		
30	22 36 29.382	- 9 31 47.13	30.428 559 9	15	22 38 10.966	- 9 23 23.09	29.674 282 2		
Mai	1	22 36 34.199	- 9 31 20.56	30.413 534 4	16	22 38 10.337	- 9 23 29.03	29.658 119 6	
	2	22 36 38.911	- 9 30 54.63	30.398 381 9	17	22 38 9.585	- 9 23 35.70	29.642 040 1	
	3	22 36 43.517	- 9 30 29.34	30.383 106 8	18	22 38 8.710	- 9 23 43.09	29.626 048 1	
	4	22 36 48.014	- 9 30 4.70	30.367 713 8	19	22 38 7.713	- 9 23 51.19	29.610 148 1	
	5	22 36 52.401	- 9 29 40.74	30.352 207 4	20	22 38 6.596	- 9 23 60.00	29.594 344 8	
	6	22 36 56.676	- 9 29 17.44	30.336 592 2	21	22 38 5.360	- 9 24 9.50	29.578 642 7	
7	22 37 0.838	- 9 28 54.82	30.320 872 7	22	22 38 4.007	- 9 24 19.67	29.563 046 7		
8	22 37 4.887	- 9 28 32.88	30.305 053 4	23	22 38 2.538	- 9 24 30.53	29.547 561 6		
9	22 37 8.822	- 9 28 11.62	30.289 138 9	24	22 38 0.954	- 9 24 42.06	29.532 192 1		
10	22 37 12.642	- 9 27 51.04	30.273 133 6	25	22 37 59.256	- 9 24 54.26	29.516 942 9		
11	22 37 16.348	- 9 27 31.14	30.257 042 0	26	22 37 57.443	- 9 25 7.14	29.501 819 0		
12	22 37 19.940	- 9 27 11.91	30.240 868 4	27	22 37 55.515	- 9 25 20.69	29.486 824 9		
13	22 37 23.419	- 9 26 53.36	30.224 617 2	28	22 37 53.473	- 9 25 34.92	29.471 965 3		
14	22 37 26.785	- 9 26 35.47	30.208 292 7	29	22 37 51.316	- 9 25 49.82	29.457 244 8		
15	22 37 30.038	- 9 26 18.27	30.191 899 0	30	22 37 49.045	- 9 26 5.39	29.442 667 9		
16	22 37 33.178	- 9 26 1.75	30.175 440 4	Juill.	1	22 37 46.660	- 9 26 21.62	29.428 239 0	
17	22 37 36.203	- 9 25 45.92	30.158 921 1		2	22 37 44.164	- 9 26 38.50	29.413 962 4	

NEPTUNE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua		
Juill.	3	22 37 41.556	- 9 26 56.01	29.3998425	Août	18	22 34 7.754	- 9 49 12.75	28.9800431
	4	22 37 38.839	- 9 27 14.16	29.3858834		19	22 34 1.719	- 9 49 49.28	28.9769752
	5	22 37 36.015	- 9 27 32.92	29.3720890		20	22 33 55.657	- 9 50 25.93	28.9741976
	6	22 37 33.086	- 9 27 52.29	29.3584635		21	22 33 49.571	- 9 51 2.69	28.9717116
	7	22 37 30.054	- 9 28 12.24	29.3450106		22	22 33 43.462	- 9 51 39.56	28.9695184
	8	22 37 26.920	- 9 28 32.77	29.3317340		23	22 33 37.331	- 9 52 16.51	28.9676190
	9	22 37 23.688	- 9 28 53.87	29.3186375		24	22 33 31.181	- 9 52 53.54	28.9660145
	10	22 37 20.359	- 9 29 15.54	29.3057244		25	22 33 25.015	- 9 53 30.63	28.9647057
	11	22 37 16.932	- 9 29 37.77	29.2929983		26	22 33 18.834	- 9 54 4.77	28.9636932
	12	22 37 13.407	- 9 30 0.58	29.2804623		27	22 33 12.642	- 9 54 7.92	28.9629775
	13	22 37 9.784	- 9 30 23.95	29.2681200		28	22 33 6.441	- 9 55 22.08	28.9625591
	14	22 37 6.063	- 9 30 47.90	29.2559745		29	22 33 0.236	- 9 55 59.23	28.9624383
	15	22 37 2.244	- 9 31 12.40	29.2440292		30	22 32 54.029	- 9 56 36.34	28.9626150
	16	22 36 58.328	- 9 31 37.46	29.2322877		31	22 32 47.823	- 9 57 13.39	28.9630892
	17	22 36 54.318	- 9 32 3.03	29.2207534		Sept. 1	22 32 41.623	- 9 57 50.38	28.9638607
	18	22 36 50.218	- 9 32 29.12	29.2094300		2	22 32 35.430	- 9 58 27.29	28.9649291
	19	22 36 46.029	- 9 32 55.70	29.1983212		3	22 32 29.247	- 9 59 4.10	28.9662941
20	22 36 41.755	- 9 33 22.76	29.1874306	4	22 32 23.076	- 9 59 40.82	28.9679548		
21	22 36 37.396	- 9 33 50.30	29.1767619	5	22 32 16.917	-10 0 17.43	28.9699106		
22	22 36 32.954	- 9 34 18.30	29.1663187	6	22 32 10.771	-10 0 53.93	28.9721608		
23	22 36 28.431	- 9 34 46.77	29.1561046	7	22 32 4.640	-10 1 30.32	28.9747044		
24	22 36 23.826	- 9 35 15.69	29.1461229	8	22 31 58.524	-10 2 6.59	28.9775406		
25	22 36 19.142	- 9 35 45.07	29.1363771	9	22 31 52.426	-10 2 42.70	28.9806686		
26	22 36 14.378	- 9 36 14.89	29.1268705	10	22 31 46.350	-10 3 18.64	28.9840877		
27	22 36 9.537	- 9 36 45.14	29.1176062	11	22 31 40.299	-10 3 54.38	28.9877971		
28	22 36 4.620	- 9 37 15.82	29.1085874	12	22 31 34.278	-10 4 29.91	28.9917962		
29	22 35 59.628	- 9 37 46.91	29.0998169	13	22 31 28.288	-10 5 5.20	28.9960842		
30	22 35 54.564	- 9 38 18.39	29.0912976	14	22 31 22.334	-10 5 40.26	29.0006605		
31	22 35 49.430	- 9 38 50.25	29.0830321	15	22 31 16.416	-10 6 15.07	29.0055242		
Août 1	22 35 44.230	- 9 39 22.46	29.0750231	16	22 31 10.535	-10 6 49.62	29.0106743		
2	22 35 38.965	- 9 39 55.02	29.0672730	17	22 31 4.694	-10 7 23.92	29.0161098		
3	22 35 33.639	- 9 40 27.90	29.0597842	18	22 30 58.894	-10 7 57.94	29.0218294		
4	22 35 28.255	- 9 41 1.10	29.0525587	19	22 30 53.137	-10 8 31.68	29.0278319		
5	22 35 22.816	- 9 41 34.58	29.0455987	20	22 30 47.424	-10 9 5.13	29.0341156		
6	22 35 17.323	- 9 42 8.35	29.0389060	21	22 30 41.757	-10 9 38.27	29.0406791		
7	22 35 11.780	- 9 42 42.40	29.0324824	22	22 30 36.140	-10 10 11.08	29.0475205		
8	22 35 6.185	- 9 43 16.72	29.0263295	23	22 30 30.575	-10 10 43.55	29.0546380		
9	22 35 0.541	- 9 43 51.31	29.0204490	24	22 30 25.065	-10 11 15.66	29.0620294		
10	22 34 54.847	- 9 44 26.17	29.0148424	25	22 30 19.612	-10 11 47.38	29.0696927		
11	22 34 49.103	- 9 45 1.29	29.0095112	26	22 30 14.221	-10 12 18.72	29.0776254		
12	22 34 43.312	- 9 45 36.66	29.0044570	27	22 30 8.894	-10 12 49.63	29.0858250		
13	22 34 37.477	- 9 46 12.24	28.9996813	28	22 30 3.634	-10 13 20.13	29.0942889		
14	22 34 31.601	- 9 46 48.02	28.9951861	29	22 29 58.443	-10 13 50.18	29.1030144		
15	22 34 25.688	- 9 47 23.98	28.9909729	30	22 29 53.324	-10 14 19.79	29.1119985		
16	22 34 19.741	- 9 48 0.09	28.9870435	Oct. 1	22 29 48.278	-10 14 48.95	29.1212382		
17	22 34 13.762	- 9 48 36.35	28.9833997	2	22 29 43.307	-10 15 17.66	29.1307305		

NEPTUNE 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
Oct.	3	22	29	38.409	-10	15	45.90	29.1404720	Nov.	18	22	27	41.660	-10	26	30.53	29.7954892
	4	22	29	33.587	-10	16	13.69	29.1504597		19	22	27	41.923	-10	26	27.99	29.8125915
	5	22	29	28.841	-10	16	41.01	29.1606903		20	22	27	42.318	-10	26	24.67	29.8297380
	6	22	29	24.173	-10	17	7.84	29.1711605		21	22	27	42.847	-10	26	20.58	29.8469233
	7	22	29	19.585	-10	17	34.17	29.1818673		22	22	27	43.509	-10	26	15.70	29.8641419
	8	22	29	15.080	-10	17	59.98	29.1928076		23	22	27	44.305	-10	26	10.05	29.8813882
	9	22	29	10.663	-10	18	25.24	29.2039782		24	22	27	45.235	-10	26	3.63	29.8986564
	10	22	29	6.334	-10	18	49.95	29.2153761		25	22	27	46.297	-10	25	56.44	29.9159410
	11	22	29	2.098	-10	19	14.10	29.2269984		26	22	27	47.491	-10	25	48.51	29.9332362
	12	22	28	57.955	-10	19	37.68	29.2388419		27	22	27	48.814	-10	25	39.83	29.9505365
	13	22	28	53.906	-10	20	0.70	29.2509036		28	22	27	50.265	-10	25	30.42	29.9678362
	14	22	28	49.952	-10	20	23.14	29.2631800		29	22	27	51.844	-10	25	20.26	29.9851300
15	22	28	46.093	-10	20	45.01	29.2756678	30	22	27	53.551	-10	25	9.36	30.0024125		
16	22	28	42.331	-10	21	6.30	29.2883636	Déc.	1	22	27	55.385	-10	24	57.71	30.0196784	
17	22	28	38.667	-10	21	27.00	29.3012637		2	22	27	57.349	-10	24	45.31	30.0369227	
18	22	28	35.101	-10	21	47.10	29.3143643	3	22	27	59.443	-10	24	32.15	30.0541403		
19	22	28	31.637	-10	22	6.59	29.3276616	4	22	28	1.667	-10	24	18.23	30.0713264		
20	22	28	28.275	-10	22	25.45	29.3411516	5	22	28	4.022	-10	24	3.56	30.0884760		
21	22	28	25.018	-10	22	43.68	29.3548302	6	22	28	6.506	-10	23	48.14	30.1055844		
22	22	28	21.868	-10	23	1.27	29.3686933	7	22	28	9.118	-10	23	31.99	30.1226468		
23	22	28	18.828	-10	23	18.19	29.3827364	8	22	28	11.856	-10	23	15.11	30.1396584		
24	22	28	15.899	-10	23	34.44	29.3969551	9	22	28	14.720	-10	22	57.52	30.1566144		
25	22	28	13.084	-10	23	50.00	29.4113449	10	22	28	17.708	-10	22	39.22	30.1735099		
26	22	28	10.385	-10	24	4.87	29.4259010	11	22	28	20.818	-10	22	20.21	30.1903400		
27	22	28	7.803	-10	24	19.06	29.4406187	12	22	28	24.050	-10	22	0.50	30.2070998		
28	22	28	5.339	-10	24	32.55	29.4554930	13	22	28	27.404	-10	21	40.08	30.2237844		
29	22	28	2.992	-10	24	45.35	29.4705191	14	22	28	30.878	-10	21	18.96	30.2403887		
30	22	28	0.762	-10	24	57.46	29.4856920	15	22	28	34.474	-10	20	57.14	30.2569078		
31	22	27	58.650	-10	25	8.89	29.5010067	16	22	28	38.191	-10	20	34.62	30.2733367		
Nov.	1	22	27	56.654	-10	25	19.63	29.5164583	17	22	28	42.030	-10	20	11.39	30.2896702	
	2	22	27	54.776	-10	25	29.68	29.5320418	18	22	28	45.990	-10	19	47.46	30.3059034	
	3	22	27	53.016	-10	25	39.01	29.5477525	19	22	28	50.071	-10	19	22.82	30.3220311	
	4	22	27	51.378	-10	25	47.63	29.5635856	20	22	28	54.273	-10	18	57.49	30.3380483	
	5	22	27	49.862	-10	25	55.51	29.5795364	21	22	28	58.595	-10	18	31.48	30.3539496	
	6	22	27	48.471	-10	26	2.65	29.5956002	22	22	29	3.035	-10	18	4.80	30.3697301	
7	22	27	47.206	-10	26	9.05	29.6117726	23	22	29	7.590	-10	17	37.46	30.3853846		
8	22	27	46.069	-10	26	14.70	29.6280490	24	22	29	12.258	-10	17	9.48	30.4009081		
9	22	27	45.058	-10	26	19.60	29.6444247	25	22	29	17.036	-10	16	40.88	30.4162956		
10	22	27	44.175	-10	26	23.77	29.6608951	26	22	29	21.922	-10	16	11.66	30.4315423		
11	22	27	43.417	-10	26	27.21	29.6774556	27	22	29	26.916	-10	15	41.82	30.4466437		
12	22	27	42.786	-10	26	29.91	29.6941014	28	22	29	32.015	-10	15	11.36	30.4615953		
13	22	27	42.281	-10	26	31.87	29.7108276	29	22	29	37.221	-10	14	40.29	30.4763928		
14	22	27	41.902	-10	26	33.10	29.7276293	30	22	29	42.534	-10	14	8.59	30.4910321		
15	22	27	41.649	-10	26	33.59	29.7445014	31	22	29	47.953	-10	13	36.28	30.5055092		
16	22	27	41.524	-10	26	33.33	29.7614389	32	22	29	53.477	-10	13	3.36	30.5198202		
17	22	27	41.527	-10	26	32.31	29.7784365	33	22	29	59.105	-10	12	29.85	30.5339613		

PLUTON ET ASTÉROÏDES

Coordonnées géocentriques :
Ascension droite et déclinaison astrométriques, distance à la Terre.

PLUTON	II. 92
CÉRÈS	II. 93
PALLAS	II. 94
JUNON	II. 95
VESTA	II. 96

PLUTON 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance				
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua				
Janv.	0	18 47 0.301	-20 14 39.99	33.553 140 58	Juill.	3	18 51 39.680	-20 17 24.64	31.665 173 70		
	4	18 47 36.246	-20 14 21.54	33.555 216 35		7	18 51 14.281	-20 18 21.13	31.668 351 57		
	8	18 48 12.092	-20 14 1.31	33.552 582 40		11	18 50 49.000	-20 19 18.59	31.676 182 73		
	12	18 48 47.701	-20 13 39.49	33.545 284 27		15	18 50 23.981	-20 20 16.83	31.688 624 29		
	16	18 49 22.940	-20 13 16.25	33.533 384 24		19	18 49 59.363	-20 21 15.66	31.705 636 54		
	20	18 49 57.686	-20 12 51.79	33.516 952 72		23	18 49 35.289	-20 22 14.88	31.727 174 92		
	24	18 50 31.811	-20 12 26.31	33.496 068 24		27	18 49 11.910	-20 23 14.28	31.753 165 49		
	28	18 51 5.190	-20 12 0.04	33.470 820 84		31	18 48 49.376	-20 24 13.64	31.783 497 67		
Févr.	1	18 51 37.689	-20 11 33.22	33.441 323 95	Août	4	18 48 27.829	-20 25 12.78	31.818 027 85		
	5	18 52 9.174	-20 11 6.10	33.407 734 98		8	18 48 7.398	-20 26 11.51	31.856 586 14		
		9	18 52 39.526	-20 10 38.93		33.370 247 79		12	18 47 48.201	-20 27 9.67	31.898 989 61
		13	18 53 8.635	-20 10 11.94		33.329 066 13		16	18 47 30.342	-20 28 7.08	31.945 063 13
		17	18 53 36.402	-20 9 45.35		33.284 396 51		20	18 47 13.933	-20 29 3.58	31.994 627 66
	21	18 54 2.731	-20 9 19.40	33.236 448 53		24	18 46 59.085	-20 29 58.98	32.047 476 53		
	25	18 54 27.525	-20 8 54.33	33.185 439 16		28	18 46 45.900	-20 30 53.11	32.103 370 94		
Mars	1	18 54 50.686	-20 8 30.42	33.131 606 01	Sept.	1	18 46 34.470	-20 31 45.81	32.162 046 70		
	5	18 55 12.120	-20 8 7.89	33.075 223 65		5	18 46 24.871	-20 32 36.95	32.223 221 93		
	9	18 55 31.751	-20 7 46.98	33.016 592 98		9	18 46 17.161	-20 33 26.39	32.286 612 51		
	13	18 55 49.517	-20 7 27.88	32.956 014 46		13	18 46 11.388	-20 34 14.01	32.351 948 85		
	17	18 56 5.366	-20 7 10.80	32.893 782 29		17	18 46 7.603	-20 34 59.67	32.418 962 86		
	21	18 56 19.254	-20 6 55.91	32.830 184 98		21	18 46 5.853	-20 35 43.23	32.487 363 52		
	25	18 56 31.134	-20 6 43.41	32.765 511 08		25	18 46 6.175	-20 36 24.57	32.556 837 13		
	29	18 56 40.966	-20 6 33.49	32.700 064 29		29	18 46 8.592	-20 37 3.58	32.627 054 18		
Avril	2	18 56 48.713	-20 6 26.30	32.634 175 30	Oct.	3	18 46 13.110	-20 37 40.17	32.697 679 30		
	6	18 56 54.363	-20 6 21.98	32.568 187 38		7	18 46 19.718	-20 38 14.26	32.768 387 91		
		10	18 56 57.915	-20 6 20.63		32.502 432 01		11	18 46 28.397	-20 38 45.77	32.838 878 19
		14	18 56 59.384	-20 6 22.33		32.437 223 58		15	18 46 39.129	-20 39 14.61	32.908 856 00
		18	18 56 58.787	-20 6 27.15		32.372 861 16		19	18 46 51.895	-20 39 40.70	32.978 012 83
	22	18 56 56.146	-20 6 35.18	32.309 635 42		23	18 47 6.663	-20 40 3.96	33.046 027 76		
	26	18 56 51.484	-20 6 46.47	32.247 846 01		27	18 47 23.388	-20 40 24.35	33.112 575 17		
Mai	30	18 56 44.836	-20 7 1.04	32.187 808 86	Nov.	31	18 47 42.008	-20 40 41.84	33.177 336 21		
	4	18 56 36.257	-20 7 18.90	32.129 837 68		4	18 48 2.450	-20 40 56.42	33.240 015 85		
	8	18 56 25.818	-20 7 40.00	32.074 223 08		8	18 48 24.634	-20 41 8.07	33.300 350 34		
	12	18 56 13.600	-20 8 4.29	32.021 229 25		12	18 48 48.483	-20 41 16.77	33.358 089 16		
	16	18 55 59.687	-20 8 31.71	31.971 096 39		16	18 49 13.921	-20 41 22.51	33.412 976 38		
	20	18 55 44.164	-20 9 2.21	31.924 048 58		20	18 49 40.859	-20 41 25.30	33.464 754 41		
	24	18 55 27.119	-20 9 35.71	31.880 314 58		24	18 50 9.199	-20 41 25.18	33.513 170 91		
	28	18 55 8.650	-20 10 12.10	31.840 128 68		28	18 50 38.830	-20 41 22.21	33.557 991 39		
Juin	1	18 54 48.877	-20 10 51.26	31.803 710 18	Déc.	2	18 51 9.628	-20 41 16.46	33.599 017 28		
	5	18 54 27.926	-20 11 33.02	31.771 246 18		6	18 51 41.474	-20 41 8.00	33.636 086 98		
		9	18 54 5.934	-20 12 17.23		31.742 890 58		10	18 52 14.252	-20 40 56.90	33.669 055 60
		13	18 53 43.036	-20 13 3.72		31.718 767 40		14	18 52 47.846	-20 40 43.27	33.697 780 43
		17	18 53 19.362	-20 13 52.35		31.698 981 12		18	18 53 22.135	-20 40 27.20	33.722 124 71
	21	18 52 55.043	-20 14 42.95	31.683 637 65		22	18 53 56.989	-20 40 8.83	33.741 964 53		
	25	18 52 30.220	-20 15 35.34	31.672 841 56		26	18 54 32.269	-20 39 48.33	33.757 201 75		
	29	18 52 5.046	-20 16 29.30	31.666 672 78		30	18 55 7.829	-20 39 25.86	33.767 781 01		

CÉRÈS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua		
Janv.	0	13 34 58.650	1 16 1.37	2.594 883 51	Juill.	3	13 29 41.106	- 1 20 22.21	2.306 009 46
	4	13 39 40.302	0 59 48.91	2.545 170 00		7	13 31 57.071	- 1 54 11.72	2.359 198 58
	8	13 44 9.931	0 45 25.46	2.495 097 99		11	13 34 29.707	- 2 28 51.26	2.412 831 50
	12	13 48 26.693	0 32 53.85	2.444 804 93		15	13 37 18.038	- 3 4 13.85	2.466 771 08
	16	13 52 29.701	0 22 16.90	2.394 418 11		19	13 40 21.239	- 3 40 13.56	2.520 900 70
Févr.	20	13 56 17.967	0 13 37.52	2.344 064 56	23	13 43 38.625	- 4 16 45.07	2.575 096 75	
	24	13 59 50.385	0 6 58.50	2.293 880 03	27	13 47 9.533	- 4 53 43.11	2.629 222 49	
	28	14 3 5.733	0 2 22.35	2.244 018 07	31	13 50 53.272	- 5 31 2.41	2.683 140 29	
	1	14 6 2.723	- 0 0 9.30	2.194 661 11	Août	4	13 54 49.130	- 6 8 37.73	2.736 720 69
	5	14 8 40.151	- 0 0 36.31	2.146 017 52		8	13 58 56.398	- 6 46 24.04	2.789 849 60
	9	14 10 56.956	0 1 0.22	2.098 293 84	12	14 3 14.412	- 7 24 16.65	2.842 435 59	
	13	14 12 52.105	0 4 38.59	2.051 687 85	16	14 7 42.651	- 8 2 11.49	2.894 404 66	
	17	14 14 24.554	0 10 16.38	2.006 399 04	20	14 12 20.721	- 8 40 4.92	2.945 671 00	
	21	14 15 33.259	0 17 50.19	1.962 636 94	24	14 17 8.238	- 9 17 53.21	2.996 133 29	
	25	14 16 17.208	0 27 15.15	1.920 630 27	28	14 22 4.789	- 9 55 32.52	3.045 686 60	
Mars	1	14 16 35.541	0 38 24.16	1.880 635 19	Sept.	1	14 27 9.939	-10 32 58.96	3.094 231 51
	5	14 16 27.756	0 51 7.18	1.842 927 14		5	14 32 23.237	-11 10 8.66	3.141 681 26
	9	14 15 53.797	1 5 11.68	1.807 770 76		9	14 37 44.262	-11 46 57.94	3.187 969 63
	13	14 14 53.947	1 20 23.37	1.775 410 52		13	14 43 12.701	-12 23 23.51	3.233 045 00
	17	14 13 28.800	1 36 26.25	1.746 079 27		17	14 48 48.342	-12 59 22.36	3.276 843 59
Avril	21	14 11 39.289	1 53 2.47	1.720 002 88	21	14 54 30.969	-13 34 51.45	3.319 284 50	
	25	14 9 26.736	2 9 52.19	1.697 406 62	25	15 0 20.322	-14 9 47.63	3.360 282 00	
	29	14 6 52.996	2 26 33.15	1.678 516 67	29	15 6 16.101	-14 44 7.66	3.399 754 37	
	2	14 4 0.616	2 42 40.91	1.663 541 48	Oct.	3	15 12 17.975	-15 17 48.34	3.437 631 83
	6	14 0 52.779	2 57 50.49	1.652 640 75		7	15 18 25.625	-15 50 46.56	3.473 864 71
	10	13 57 33.046	3 11 38.04	1.645 918 26	11	15 24 38.814	-16 22 59.50	3.508 416 52	
	14	13 54 5.187	3 23 41.55	1.643 432 50	15	15 30 57.381	-16 54 24.60	3.541 240 29	
	18	13 50 33.061	3 33 41.45	1.645 203 42	19	15 37 21.155	-17 24 59.35	3.572 271 90	
	22	13 47 0.534	3 41 20.64	1.651 224 50	23	15 43 49.909	-17 54 41.20	3.601 442 02	
	26	13 43 31.507	3 46 24.37	1.661 464 78	27	15 50 23.365	-18 23 27.61	3.628 684 32	
Mai	30	13 40 9.903	3 48 40.76	1.675 852 09	Nov.	31	15 57 1.198	-18 51 16.08	3.653 945 22
	4	13 36 59.438	3 48 2.00	1.694 255 78		4	16 3 43.080	-19 18 4.25	3.677 191 82
	8	13 34 3.350	3 44 24.87	1.716 496 18		8	16 10 28.753	-19 43 50.01	3.698 404 37
	12	13 31 24.289	3 37 50.11	1.742 364 70		12	16 17 18.019	-20 8 31.54	3.717 554 39
	16	13 29 4.310	3 28 21.68	1.771 639 24		16	16 24 10.666	-20 32 7.14	3.734 597 68
Juin	20	13 27 4.932	3 16 5.61	1.804 101 59	20	16 31 6.428	-20 54 35.26	3.749 485 01	
	24	13 25 27.334	3 1 8.91	1.839 539 43	24	16 38 4.977	-21 15 54.42	3.762 169 50	
	28	13 24 12.419	2 43 39.55	1.877 727 79	28	16 45 5.926	-21 36 3.32	3.772 617 60	
	1	13 23 20.731	2 23 46.82	1.918 419 04	Déc.	2	16 52 8.884	-21 55 0.82	3.780 818 55
	5	13 22 52.373	2 1 41.22	1.961 356 20		6	16 59 13.523	-22 12 46.05	3.786 774 86
	9	13 22 47.067	1 37 33.81	2.006 287 85	10	17 6 19.568	-22 29 18.45	3.790 481 65	
	13	13 23 4.239	1 11 35.63	2.052 979 60	14	17 13 26.740	-22 44 37.72	3.791 920 41	
	17	13 23 43.135	0 43 57.16	2.101 225 07	18	17 20 34.704	-22 58 43.77	3.791 068 02	
	21	13 24 43.008	0 14 47.67	2.150 840 78	22	17 27 43.071	-23 11 36.79	3.787 902 72	
	25	13 26 3.156	- 0 15 44.30	2.201 640 84	26	17 34 51.385	-23 23 17.21	3.782 416 59	
29	13 27 42.815	- 0 47 30.37	2.253 428 94	30	17 41 59.183	-23 33 45.64	3.774 626 09		

PALLAS 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2451545.0).

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
Janv.	0	10	8	37.759	-22	23	35.71	1.56277961	Juill.	3	11	16	19.164	14	0	30.66	2.67121694
	4	10	9	22.200	-22	23	28.24	1.52400082		7	11	22	29.512	13	47	57.05	2.72432117
	8	10	9	38.640	-22	17	14.12	1.48638994		11	11	28	43.095	13	33	50.31	2.77640413
	12	10	9	27.235	-22	4	19.76	1.45019749		15	11	34	59.550	13	18	18.52	2.82741576
	16	10	8	48.449	-21	44	12.37	1.41568234		19	11	41	18.667	13	1	28.82	2.87730763
	20	10	7	43.129	-21	16	20.29	1.38312371	23	11	47	40.304	12	43	28.22	2.92601329	
	24	10	6	12.631	-20	40	14.48	1.35282667	27	11	54	4.286	12	24	23.99	2.97345551	
Févr.	28	10	4	18.959	-19	55	30.72	1.32512393	31	12	0	30.399	12	4	23.43	3.01956142	
	1	10	2	4.958	-19	1	53.00	1.30037072	Août	4	12	6	58.414	11	43	33.65	3.06426896
	5	9	59	34.406	-17	59	18.33	1.27891767		8	12	13	28.109	11	22	1.39	3.10753135
	9	9	56	51.684	-16	47	59.44	1.26108089		12	12	19	59.319	10	59	52.75	3.14931881
	13	9	54	1.438	-15	28	24.34	1.24714452		16	12	26	31.992	10	37	13.14	3.18960448
17	9	51	8.460	-14	1	16.14	1.23736441	20		12	33	6.129	10	14	7.97	3.22834169	
	21	9	48	17.597	-12	27	32.72	1.23196420	24	12	39	41.690	9	50	43.04	3.26547232	
	25	9	45	33.670	-10	48	25.46	1.23112961	28	12	46	18.584	9	27	4.32	3.30094107	
Mars	1	9	43	1.442	-9	5	17.55	1.23499454	Sept.	1	12	52	56.689	9	3	17.68	3.33470215
	5	9	40	45.455	-7	19	41.16	1.24361331		5	12	59	35.872	8	39	28.78	3.36672426
	9	9	38	49.590	-5	33	11.44	1.25694497		9	13	6	16.035	8	15	42.78	3.39699290
	13	9	37	16.822	-3	47	19.40	1.27487571		13	13	12	57.167	7	52	4.30	3.42549711
	17	9	36	9.286	-2	3	27.59	1.29724056		17	13	19	39.305	7	28	38.03	3.45220715
	21	9	35	28.391	-0	22	47.48	1.32383818	21	13	26	22.437	7	5	29.10	3.47708096	
Avril	25	9	35	14.986	1	13	41.64	1.35444272	25	13	33	6.492	6	42	42.82	3.50007827	
	29	9	35	29.537	2	45	12.32	1.38880311	29	13	39	51.357	6	20	24.50	3.52116784	
	2	9	36	12.137	4	11	8.73	1.42663137	Oct.	3	13	46	36.891	5	58	39.26	3.54033308
	6	9	37	22.348	5	31	7.14	1.46760694		7	13	53	22.975	5	37	31.80	3.55757473
	10	9	38	59.211	6	44	55.20	1.51140563		11	14	0	9.562	5	17	6.35	3.57289748
14	9	41	1.436	7	52	29.77	1.55771928	15		14	6	56.641	4	57	27.26	3.58628971	
18	9	43	27.555	8	53	54.60	1.60626324	19		14	13	44.154	4	38	39.22	3.59772694	
	22	9	46	16.093	9	49	17.97	1.65677997	23	14	20	31.979	4	20	47.14	3.60718590	
	26	9	49	25.676	10	38	51.04	1.70902550	27	14	27	19.938	4	3	55.93	3.61465171	
Mai	30	9	52	54.992	11	22	47.15	1.76275126	Nov.	31	14	34	7.812	3	48	10.29	3.62012544
	4	9	56	42.632	12	1	21.98	1.81770554		4	14	40	55.396	3	33	34.44	3.62362626
	8	10	0	47.088	12	34	52.86	1.87365282		8	14	47	42.547	3	20	12.20	3.62517795
	12	10	5	6.847	13	3	37.73	1.93038358		12	14	54	29.151	3	8	7.45	3.62479022
	16	10	9	40.461	13	27	54.31	1.98771631		16	15	1	15.049	2	57	24.38	3.62246040
	20	10	14	26.643	13	47	59.39	2.04549735	20	15	8	0.013	2	48	7.29	3.61818650	
Juin	24	10	19	24.326	14	4	8.53	2.10358231	24	15	14	43.751	2	40	20.44	3.61197436	
	28	10	24	32.570	14	16	36.64	2.16181784	28	15	21	25.919	2	34	7.81	3.60384671	
	1	10	29	50.430	14	25	38.57	2.22004476	Déc.	2	15	28	6.181	2	29	32.81	3.59384626
	5	10	35	16.941	14	31	28.97	2.27811522		6	15	34	44.261	2	26	38.40	3.58202044
	9	10	40	51.163	14	34	21.84	2.33589976		10	15	41	19.910	2	25	27.59	3.56840430
13	10	46	32.229	14	34	30.28	2.39329042	14		15	47	52.835	2	26	3.57	3.55302147	
17	10	52	19.403	14	32	6.12	2.45020116	18		15	54	22.675	2	28	29.57	3.53589624	
	21	10	58	12.139	14	27	19.96	2.50654962	22	16	0	49.000	2	32	48.70	3.51705929	
	25	11	4	9.991	14	20	21.92	2.56223818	26	16	7	11.318	2	39	3.64	3.49655937	
	29	11	10	12.496	14	11	22.14	2.61716054	30	16	13	29.143	2	47	16.35	3.47446657	

JUNON 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance				
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua				
Janv.	0	22	5	1.947	-11	28	33.86	2.80006480	Juill.	3	4	33	37.414	13	32	43.33	2.76451957		
	4	22	12	4.558	-11	3	42.93	2.82792190		7	4	43	1.037	13	41	25.32	2.74243084		
	8	22	19	13.211	-10	37	18.02	2.85436259		11	4	52	23.495	13	47	57.02	2.71979365		
	12	22	26	27.398	-10	9	23.48	2.87936771		15	5	1	44.404	13	52	17.60	2.69661956		
	16	22	33	46.721	-9	40	3.41	2.90293351		19	5	11	3.350	13	54	26.51	2.67289636		
	20	22	41	10.882	-9	9	21.74	2.92505841		23	5	20	19.790	13	54	23.53	2.64860522		
	24	22	48	39.652	-8	37	22.44	2.94573672		27	5	29	33.098	13	52	9.06	2.62373971		
	28	22	56	12.846	-8	4	9.62	2.96495404		31	5	38	42.644	13	47	44.19	2.59830613		
Févr.	1	23	3	50.261	-7	29	47.88	2.98268617	Août	4	5	47	47.832	13	41	10.61	2.57231807		
	5	23	11	31.625	-6	54	22.45	2.99891610		8	5	56	48.126	13	32	30.56	2.54579096		
		9	23	19	16.674	-6	17	58.65		3.01365354		12	6	5	43.066	13	21	46.70	2.51873162
	13	23	27	5.233	-5	40	41.50	3.02692324			16	6	14	32.198	13	9	1.91	2.49112370	
	17	23	34	57.211	-5	2	35.84	3.03875162			20	6	23	14.942	12	54	19.54	2.46294283	
	21	23	42	52.578	-4	23	46.44	3.04916052		24	6	31	50.638	12	37	43.59	2.43417719		
	25	23	50	51.337	-3	44	18.22	3.05816138		28	6	40	18.620	12	19	18.71	2.40482975		
Mars	1	23	58	53.469	-3	4	16.48	3.06575428	Sept.	1	6	48	38.259	11	59	10.08	2.37491316		
	5	0	6	58.881	-2	23	47.07	3.07194284		5	6	56	48.993	11	37	23.31	2.34444554		
	9	0	15	7.458	-1	42	55.98	3.07675419		9	7	4	50.350	11	14	4.22	2.31343906		
	13	0	23	19.154	-1	1	48.87	3.08023060		13	7	12	41.867	10	49	18.72	2.28188604		
	17	0	31	33.988	-0	20	31.21	3.08241593		17	7	20	22.952	10	23	13.20	2.24976988		
	21	0	39	52.032	0	20	51.69	3.08334908		21	7	27	52.902	9	55	54.73	2.21708836		
	25	0	48	13.385	-1	2	14.40	3.08305668		25	7	35	10.989	9	27	31.03	2.18385643		
	29	0	56	38.112	1	43	31.17	3.08155168		29	7	42	16.501	8	58	10.27	2.15010339		
Avril	2	1	5	6.191	2	24	35.78	3.07884802	Oct.	3	7	49	8.777	8	28	1.00	2.11586808		
	6	1	13	37.557	3	5	21.89	3.07497905		7	7	55	47.237	7	57	11.82	2.08118715		
		10	1	22	12.185	3	45	43.47		3.06999312		11	8	2	11.290	7	25	51.37	2.04608183
	14	1	30	50.098	4	25	34.72	3.06394035			15	8	8	20.186	6	54	8.89	2.01056686	
	18	1	39	31.365	5	4	50.03	3.05686643			19	8	14	13.019	6	22	14.50	1.97467395	
	22	1	48	16.073	5	43	23.79	3.04880273		23	8	19	48.818	5	50	19.16	1.93845678		
	26	1	57	4.266	6	21	10.14	3.03976448		27	8	25	6.593	5	18	34.55	1.90198947		
Mai	30	2	5	55.881	6	58	2.85	3.02976559	Nov.	31	8	30	5.403	4	47	12.79	1.86536211		
	4	2	14	50.791	7	33	55.67	3.01883612		4	8	34	44.372	4	16	26.20	1.82866750		
	8	2	23	48.883	8	8	42.70	3.00702002		8	8	39	2.605	3	46	27.29	1.79198865		
	12	2	32	50.074	8	42	18.30	2.99436412		12	8	42	59.027	3	17	29.49	1.75540876		
	16	2	41	54.315	9	14	37.16	2.98091143		16	8	46	32.401	2	49	47.60	1.71903346		
	20	2	51	1.581	9	45	34.09	2.96669022		20	8	49	41.436	2	23	37.64	1.68299702		
	24	3	0	11.787	10	15	3.80	2.95170939		24	8	52	24.873	1	59	16.70	1.64746247		
	28	3	9	24.727	10	43	0.83	2.93597480		28	8	54	41.600	1	37	2.44	1.61261652		
Juin	1	3	18	40.113	11	9	19.92	2.91950618	Déc.	2	8	56	30.717	1	17	12.46	1.57865316		
	5	3	27	57.649	11	33	56.22	2.90233586		6	8	57	51.434	1	0	4.35	1.54576162		
		9	3	37	17.057	11	56	45.32		2.88450060		10	8	58	42.964	0	45	56.26	1.51413842
	13	3	46	38.092	12	17	43.25	2.86603435			14	8	59	4.595	0	35	7.01	1.48400601	
	17	3	56	0.541	12	36	46.37	2.84695735			18	8	58	55.891	0	27	55.43	1.45561781	
	21	4	5	24.135	12	53	51.13	2.82726778		22	8	58	16.837	0	24	39.41	1.42925445		
	25	4	14	48.472	13	8	54.11	2.80695900		26	8	57	8.060	0	25	34.54	1.40521444		
	29	4	24	13.066	13	21	52.32	2.78603680		30	8	55	30.904	0	30	52.48	1.38378913		

VESTA 2014 à 0h TT

ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON ASTROMÉTRIQUES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance				
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua				
Janv.	0	13 15 39.734	- 0 34 33.04	2.243 692 43	Juill.	3	13 28 43.558	- 1 26 14.29	1.747 325 80		
	4	13 20 54.318	- 0 53 7.08	2.190 379 37		7	13 32 7.621	- 2 5 22.79	1.789 652 11		
	8	13 25 57.835	- 1 9 46.50	2.136 961 27		11	13 35 50.621	- 2 45 35.98	1.832 325 01		
	12	13 30 49.390	- 1 24 26.18	2.083 564 91		15	13 39 51.391	- 3 26 44.22	1.875 251 98		
	16	13 35 28.014	- 1 37 0.85	2.030 304 91		19	13 44 8.985	- 4 8 39.14	1.918 360 99		
	20	13 39 52.594	- 1 47 24.96	1.977 294 16		23	13 48 42.651	- 4 51 13.17	1.961 573 36		
	24	13 44 1.862	- 1 55 32.79	1.924 652 94		27	13 53 31.681	- 5 34 18.74	2.004 797 34		
	28	13 47 54.387	- 2 1 18.68	1.872 517 84		31	13 58 35.337	- 6 17 48.24	2.047 939 73		
Févr.	1	13 51 28.635	- 2 4 37.62	1.821 052 45	Août	4	14 3 52.867	- 7 1 34.09	2.090 914 53		
	5	13 54 43.141	- 2 5 26.03	1.770 443 38		8	14 9 23.517	- 7 45 28.90	2.133 649 77		
		9	13 57 36.561	- 2 3 41.54		1.720 872 64		12	14 15 6.592	- 8 29 25.64	2.176 094 95
		13	14 0 7.537	- 1 59 22.36		1.672 512 11		16	14 21 1.574	- 9 13 18.05	2.218 216 88
		17	14 2 14.642	- 1 52 27.34		1.625 534 88		20	14 27 8.107	- 9 57 0.33	2.259 971 07
	21	14 3 56.389	- 1 42 56.31	1.580 123 94		24	14 33 25.860	-10 40 26.57	2.301 296 82		
	25	14 5 11.276	- 1 30 50.71	1.536 481 61		28	14 39 54.454	-11 23 30.69	2.342 128 29		
Mars	1	14 5 57.934	- 1 16 14.59	1.494 837 89	Sept.	1	14 46 33.477	-12 6 6.53	2.382 403 20		
	5	14 6 15.381	- 0 59 15.76	1.455 441 94		5	14 53 22.488	-12 48 7.90	2.422 069 77		
	9	14 6 3.143	- 0 40 5.61	1.418 532 29		9	15 0 21.067	-13 29 28.81	2.461 095 15		
	13	14 5 21.125	- 0 18 58.35	1.384 328 76		13	15 7 28.917	-14 10 3.68	2.499 461 44		
	17	14 4 9.602	0 3 48.72	1.353 041 43		17	15 14 45.869	-14 49 47.28	2.537 139 71		
	21	14 2 29.278	0 27 54.99	1.324 875 37		21	15 22 11.749	-15 28 34.34	2.574 082 81		
	25	14 0 21.374	0 52 55.97	1.300 036 71		25	15 29 46.320	-16 6 19.49	2.610 236 42		
Avril	29	13 57 47.846	1 18 22.69	1.278 733 19	Oct.	29	15 37 29.286	-16 42 57.29	2.645 547 33		
	2	13 54 51.614	1 43 41.78	1.261 154 15		3	15 45 20.290	-17 18 22.33	2.679 971 24		
	6	13 51 36.504	2 8 17.54	1.247 438 60		7	15 53 18.970	-17 52 29.36	2.713 481 90		
		10	13 48 6.919	2 31 34.36		1.237 668 15		11	16 1 25.044	-18 25 13.42	2.746 066 97
		14	13 44 27.615	2 52 58.19		1.231 877 54		15	16 9 38.326	-18 56 29.89	2.777 705 24
	18	13 40 43.524	3 11 57.61	1.230 061 35		19	16 17 58.617	-19 26 14.28	2.808 357 02		
	22	13 36 59.634	3 28 4.49	1.232 186 16		23	16 26 25.644	-19 54 22.19	2.837 974 20		
	26	13 33 21.000	3 40 54.12	1.238 192 54		27	16 34 59.058	-20 20 49.35	2.866 507 69		
Mai	30	13 29 52.688	3 50 6.23	1.247 978 61	Nov.	31	16 43 38.430	-20 45 31.65	2.893 916 89		
	4	13 26 39.441	3 55 26.86	1.261 384 73		4	16 52 23.305	-21 8 25.23	2.920 179 32		
	8	13 23 45.301	3 56 49.11	1.278 205 55		8	17 1 13.289	-21 29 26.58	2.945 286 65		
	12	13 21 13.469	3 54 12.37	1.298 211 91		12	17 10 8.070	-21 48 32.57	2.969 223 84		
	16	13 19 6.309	3 47 41.03	1.321 167 39		16	17 19 7.325	-22 5 40.38	2.991 958 68		
	20	13 17 25.450	3 37 22.86	1.346 846 09		20	17 28 10.671	-22 20 47.53	3.013 449 99		
	24	13 16 12.059	3 23 27.37	1.375 034 04		24	17 37 17.646	-22 33 51.92	3.033 653 89		
Juin	28	13 15 26.945	3 6 5.57	1.405 510 67		28	17 46 27.709	-22 44 51.80	3.052 534 11		
	1	13 15 10.450	2 45 30.47	1.438 039 46	Déc.	2	17 55 40.290	-22 53 45.82	3.070 073 98		
	5	13 15 22.368	2 21 56.66	1.472 381 59		6	18 4 54.890	-23 0 32.98	3.086 271 59		
		9	13 16 2.041	1 55 39.50		1.508 310 06		10	18 14 11.089	-23 5 12.68	3.101 120 10
		13	13 17 8.477	1 26 54.22		1.545 620 04		14	18 23 28.490	-23 7 44.80	3.114 597 80
	17	13 18 40.512	0 55 55.20	1.584 138 69			18	18 32 46.652	-23 8 9.66	3.126 673 75	
	21	13 20 37.052	0 22 55.21	1.623 718 78		22	18 42 5.092	-23 6 28.10	3.137 312 84		
	25	13 22 57.107	- 0 11 54.03	1.664 213 04		26	18 51 23.253	-23 2 41.46	3.146 486 34		
	29	13 25 39.653	- 0 48 21.01	1.705 466 25		30	19 0 40.564	-22 56 51.49	3.154 185 98		

SATELLITES DE MARS

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

PHOBOS	II. 98
DÉIMOS	II. 106

PHOBOS 2014

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	"	"
Déc.	31 22	8.382	-3.571	Janv.	16 6	8.857	-6.165	Janv.	31 13	10.350	-5.546
Janv.	1 6	8.325	-4.765		16 13	9.048	-3.755		31 21	10.215	-6.951
	1 13	7.916	-2.288		16 21	9.300	-5.231	Févr.	1 4	9.860	-3.968
	1 21	8.448	-3.740		17 5	8.840	-6.311		1 12	10.450	-5.771
	2 5	8.332	-4.911		17 12	9.159	-3.959		1 20	10.235	-7.136
	2 12	8.033	-2.468		17 20	9.347	-5.412		2 3	10.028	-4.216
	2 20	8.509	-3.909		18 4	8.818	-6.455		2 11	10.544	-5.994
	3 4	8.334	-5.056		18 11	9.267	-4.163		2 19	10.247	-7.318
	3 11	8.146	-2.650		18 19	9.388	-5.591		3 2	10.191	-4.465
	3 19	8.566	-4.078		19 3	8.789	-6.595		3 10	10.631	-6.217
	4 3	8.330	-5.199		19 10	9.370	-4.368		3 18	10.252	-7.497
	4 10	8.256	-2.833		19 18	9.423	-5.768		4 1	10.350	-4.714
	4 18	8.619	-4.246		20 1	8.755	-2.856		4 9	10.712	-6.437
	5 2	8.322	-5.340		20 9	9.468	-4.572		4 17	10.248	-7.672
	5 9	8.362	-3.016		20 17	9.453	-5.944		5 0	10.503	-4.964
	5 17	8.667	-4.414		21 0	8.912	-3.076		5 8	10.786	-6.656
	6 1	8.308	-5.479		21 8	9.561	-4.777		5 16	10.236	-7.843
	6 8	8.465	-3.200		21 16	9.476	-6.117		5 23	10.651	-5.215
	6 16	8.710	-4.580		21 23	9.064	-3.296		6 7	10.852	-6.874
	7 0	8.289	-5.615		22 7	9.650	-4.981		6 15	10.216	-8.009
	7 7	8.563	-3.385		22 15	9.494	-6.288		6 22	10.793	-5.465
	7 15	8.748	-4.746		22 22	9.213	-3.519		7 6	10.911	-7.088
	7 23	8.264	-5.749		23 6	9.733	-5.184		7 14	10.187	-8.171
	8 6	8.657	-3.570		23 14	9.505	-6.457		7 21	10.929	-5.716
	8 14	8.782	-4.911		23 21	9.358	-3.742		8 5	10.962	-7.300
	8 22	8.235	-5.880		24 5	9.811	-5.386		8 12	10.258	-3.970
	9 5	8.747	-3.756		24 13	9.510	-6.623		8 20	11.059	-5.966
	9 13	8.810	-5.074		24 20	9.498	-3.966		9 4	11.005	-7.509
	9 21	8.199	-6.009		25 4	9.883	-5.588		9 11	10.460	-4.243
	10 4	8.832	-3.941		25 12	9.508	-6.787		9 19	11.182	-6.215
	10 12	8.833	-5.236		25 19	9.635	-4.191		10 3	11.039	-7.715
	10 19	8.292	-2.548		26 3	9.949	-5.788		10 10	10.657	-4.517
	11 3	8.914	-4.127		26 11	9.499	-6.947		10 18	11.298	-6.463
	11 11	8.851	-5.396		26 18	9.767	-4.417		11 2	11.064	-7.917
	11 18	8.428	-2.746		27 2	10.010	-5.987		11 9	10.850	-4.793
	12 2	8.990	-4.313		27 10	9.483	-7.103		11 17	11.406	-6.710
	12 10	8.863	-5.554		27 17	9.894	-4.642		12 1	11.081	-8.115
	12 17	8.559	-2.946		28 1	10.064	-6.184		12 8	11.036	-5.070
	13 1	9.062	-4.498		28 9	9.461	-7.257		12 16	11.507	-6.954
	13 9	8.870	-5.710		28 16	10.016	-4.869		13 0	11.087	-8.309
	13 16	8.687	-3.147		29 0	10.112	-6.379		13 7	11.217	-5.347
	14 0	9.129	-4.682		29 8	9.431	-7.406		13 15	11.600	-7.197
	14 8	8.872	-5.864		29 15	10.133	-5.095		13 23	11.084	-8.499
	14 15	8.811	-3.349		29 23	10.153	-6.572		14 6	11.392	-5.625
	14 23	9.191	-4.866		30 6	9.512	-3.476		14 14	11.684	-7.438
	15 7	8.867	-6.016		30 14	10.244	-5.321		14 22	11.071	-8.684
	15 14	8.932	-3.552		30 22	10.187	-6.763		15 5	11.560	-5.902
	15 22	9.249	-5.049		31 5	9.688	-3.721		15 13	11.759	-7.676

PHOBOS 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
Févr.	15	21	11.047	-8.863	Mars	3	4	13.628	-8.809	Mars	18	11	15.285	-7.651
	16	4	11.721	-6.179		3	12	12.938	-10.256		18	19	15.648	-10.086
	16	12	11.825	-7.910		3	19	13.464	-7.020		19	3	14.769	-11.736
	16	20	11.012	-9.037		4	3	13.720	-9.092		19	10	15.514	-8.033
	17	3	11.875	-6.456		4	11	12.901	-10.464		19	18	15.720	-10.399
	17	11	11.881	-8.141		4	18	13.666	-7.354		20	2	14.678	-11.954
	17	18	11.179	-4.582		5	2	13.797	-9.370		20	9	15.725	-8.410
	18	2	12.020	-6.732		5	10	12.847	-10.664		20	17	15.770	-10.702
	18	10	11.927	-8.369		5	17	13.855	-7.686		21	0	14.764	-5.880
	18	17	11.408	-4.886		6	1	13.859	-9.642		21	8	15.916	-8.781
	19	1	12.157	-7.007		6	8	13.054	-5.505		21	16	15.796	-10.994
	19	9	11.962	-8.592		6	16	14.032	-8.015		21	23	15.087	-6.298
	19	16	11.630	-5.191		7	0	13.904	-9.908		22	7	16.085	-9.145
	20	0	12.286	-7.279		7	7	13.338	-5.872		22	15	15.798	-11.275
	20	8	11.986	-8.810		7	15	14.194	-8.340		22	22	15.392	-6.713
	20	15	11.846	-5.498		7	23	13.933	-10.166		23	6	16.231	-9.501
	20	23	12.405	-7.550		8	6	13.611	-6.239		23	14	15.774	-11.543
	21	7	11.999	-9.024		8	14	14.342	-8.662		23	21	15.678	-7.125
	21	14	12.055	-5.805		8	22	13.944	-10.417		24	5	16.355	-9.848
	21	22	12.514	-7.817		9	5	13.872	-6.606		24	13	15.724	-11.799
22	6	11.999	-9.232	9	13	14.475	-8.980	24	20	15.944	-7.531			
22	13	12.256	-6.112	9	21	13.937	-10.659	25	4	16.454	-10.185			
22	21	12.612	-8.082	10	4	14.122	-6.971	25	12	15.648	-12.041			
23	5	11.987	-9.435	10	12	14.591	-9.291	25	19	16.189	-7.932			
23	12	12.449	-6.418	10	20	13.911	-10.892	26	3	16.527	-10.512			
23	20	12.700	-8.344	11	3	14.357	-7.335	26	11	15.545	-12.268			
24	4	11.962	-9.631	11	11	14.690	-9.597	26	18	16.410	-8.325			
24	11	12.633	-6.724	11	19	13.865	-11.116	27	2	16.575	-10.827			
24	19	12.776	-8.602	12	2	14.579	-7.696	27	10	15.414	-12.480			
25	3	11.924	-9.820	12	10	14.772	-9.896	27	17	16.608	-8.711			
25	10	12.808	-7.029	12	18	13.799	-11.329	28	1	16.595	-11.130			
25	18	12.840	-8.855	13	1	14.785	-8.054	28	8	15.626	-6.040			
26	1	12.041	-5.000	13	9	14.834	-10.187	28	16	16.782	-9.088			
26	9	12.974	-7.332	13	16	13.886	-5.692	29	0	16.587	-11.420			
26	17	12.892	-9.103	14	0	14.975	-8.407	29	7	15.944	-6.470			
27	0	12.300	-5.336	14	8	14.877	-10.470	29	15	16.929	-9.456			
27	8	13.128	-7.634	14	15	14.195	-6.087	29	23	16.552	-11.695			
27	16	12.930	-9.347	14	23	15.148	-8.755	30	6	16.240	-6.895			
27	23	12.551	-5.672	15	7	14.899	-10.744	30	14	17.049	-9.813			
28	7	13.272	-7.933	15	14	14.491	-6.482	30	22	16.487	-11.956			
28	15	12.954	-9.584	15	22	15.302	-9.098	31	5	16.511	-7.313			
28	22	12.794	-6.010	16	6	14.900	-11.009	31	13	17.142	-10.158			
Mars	1	6	13.403	-8.228	16	13	14.772	-6.874	31	21	16.394	-12.200		
	1	14	12.964	-9.815	16	21	15.438	-9.435	Avril	1	4	16.758	-7.724	
	1	21	13.027	-6.347	17	5	14.879	-11.263		1	12	17.206	-10.491	
	2	5	13.522	-8.521	17	12	15.037	-7.264	1	20	16.270	-12.429		
2	13	12.959	-10.039	17	20	15.553	-9.765	2	3	16.979	-8.126			
2	20	13.251	-6.684	18	4	14.836	-11.506	2	11	17.241	-10.810			

PHOBOS 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2451545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
Avril	2 19	16.117	-12.640	Avril	18 2	17.754	-11.054	Mai	3 9	17.337	-7.849
	3 2	17.172	-8.518		18 9	16.857	-5.484		3 17	16.919	-10.338
	3 10	17.246	-11.115		18 17	17.973	-8.742		4 0	16.466	-5.067
	3 17	16.052	-5.686		19 1	17.622	-11.292		4 8	17.287	-8.125
	4 1	17.338	-8.900		19 8	17.082	-5.889		4 16	16.699	-10.514
	4 9	17.221	-11.404		19 16	18.004	-9.068		4 23	16.567	-5.410
	4 16	16.370	-6.123		20 0	17.460	-11.512		5 7	17.213	-8.387
	5 0	17.474	-9.270		20 7	17.276	-6.283		5 15	16.458	-10.675
	5 8	17.165	-11.678		20 15	18.004	-9.379		5 22	16.642	-5.742
	5 15	16.662	-6.553		20 23	17.269	-11.714		6 6	17.115	-8.635
	5 23	17.581	-9.628		21 6	17.439	-6.664		6 14	16.197	-10.821
	6 7	17.078	-11.936		21 14	17.974	-9.673		6 21	16.691	-6.061
6 14	16.926	-6.974	21 22	17.050	-11.898	7 5	16.993	-8.869			
6 22	17.657	-9.972	22 5	17.572	-7.033	7 13	15.918	-10.953			
7 6	16.961	-12.176	22 13	17.914	-9.952	7 20	16.716	-6.369			
7 13	17.163	-7.385	22 21	16.804	-12.064	8 4	16.850	-9.090			
7 21	17.703	-10.302	23 4	17.675	-7.390	8 12	15.621	-11.070			
8 5	16.813	-12.398	23 12	17.824	-10.214	8 19	16.718	-6.665			
8 12	17.371	-7.787	23 20	16.531	-12.212	9 3	16.686	-9.297			
8 20	17.718	-10.618	24 3	17.747	-7.732	9 10	15.522	-3.829			
9 4	16.634	-12.602	24 11	17.706	-10.459	9 18	16.696	-6.948			
9 11	17.549	-8.177	24 18	16.563	-4.771	10 2	16.502	-9.490			
9 19	17.701	-10.917	25 2	17.789	-8.060	10 9	15.643	-4.171			
10 3	16.425	-12.787	25 10	17.559	-10.687	10 17	16.651	-7.219			
10 10	17.697	-8.555	25 17	16.764	-5.163	11 1	16.299	-9.670			
10 18	17.653	-11.200	26 1	17.801	-8.374	11 8	15.740	-4.503			
11 1	16.606	-5.656	26 9	17.385	-10.899	11 16	16.586	-7.478			
11 9	17.814	-8.920	26 16	16.935	-5.543	12 0	16.077	-9.836			
11 17	17.573	-11.466	27 0	17.785	-8.672	12 7	15.815	-4.824			
12 0	16.883	-6.082	27 8	17.185	-11.094	12 15	16.499	-7.725			
12 8	17.900	-9.272	27 15	17.077	-5.911	12 23	15.839	-9.989			
12 16	17.462	-11.714	27 23	17.740	-8.956	13 6	15.867	-5.136			
12 23	17.130	-6.498	28 7	16.959	-11.272	13 14	16.392	-7.960			
13 7	17.954	-9.609	28 14	17.190	-6.266	13 22	15.585	-10.129			
13 15	17.321	-11.945	28 22	17.667	-9.225	14 5	15.898	-5.437			
13 22	17.348	-6.904	29 6	16.709	-11.433	14 13	16.266	-8.182			
14 6	17.977	-9.930	29 13	17.275	-6.609	14 21	15.316	-10.256			
14 14	17.148	-12.158	29 21	17.568	-9.478	15 4	15.908	-5.727			
14 21	17.535	-9.298	30 5	16.436	-11.577	15 12	16.123	-8.392			
15 5	17.968	-10.236	30 12	17.331	-6.939	15 20	15.033	-10.370			
15 13	16.946	-12.351	Mai	30 20	17.442	-9.717	16 3	15.897	-6.007		
15 20	17.691	-7.679		1 4	16.142	-11.704	16 11	15.961	-8.590		
16 4	17.928	-10.525		1 11	17.360	-7.255	16 19	14.737	-10.472		
16 12	16.714	-12.526		1 19	17.291	-9.939	17 2	15.867	-6.276		
16 19	17.816	-8.047	2 2	16.185	-4.348	17 10	15.784	-8.776			
17 3	17.857	-10.798	2 10	17.362	-7.559	17 17	14.753	-3.574			
17 10	16.603	-5.068	2 18	17.117	-10.146	18 1	15.818	-6.534			
17 18	17.910	-8.402	3 1	16.339	-4.713	18 9	15.590	-8.950			

PHOBOS 2014

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	"	"
Mai	18 16	14.835	-3.888	Juin	3 0	13.898	-7.644	Juin	18 7	11.886	-4.152
	19 0	15.751	-6.782		3 8	12.802	-9.317		18 15	12.265	-6.380
	19 8	15.382	-9.113		3 15	13.823	-5.573		18 23	11.656	-8.083
	19 15	14.897	-4.192		3 23	13.730	-7.800		19 6	11.868	-4.366
	19 23	15.667	-7.018		4 6	12.841	-3.151		19 14	12.154	-6.538
	20 7	15.160	-9.264		4 14	13.757	-5.790		19 22	11.461	-8.173
	20 14	14.941	-4.487		4 22	13.553	-7.947		20 5	11.841	-4.573
	20 22	15.566	-7.244		5 5	12.880	-3.416		20 13	12.035	-6.688
	21 6	14.925	-9.403		5 13	13.680	-5.999		20 21	11.262	-8.256
	21 13	14.966	-4.773		5 21	13.367	-8.085		21 4	11.806	-4.774
	21 21	15.448	-7.460		6 4	12.907	-3.674		21 12	11.910	-6.831
	22 5	14.677	-9.531		6 12	13.592	-6.201		21 20	11.059	-8.331
	22 12	14.973	-5.050		6 20	13.173	-8.215		22 3	11.763	-4.969
	22 20	15.316	-7.664		7 3	12.921	-3.925		22 11	11.779	-6.967
	23 4	14.419	-9.647		7 11	13.493	-6.394		22 19	10.852	-8.398
	23 11	14.963	-5.318		7 19	12.971	-8.335		23 2	11.711	-5.157
	23 19	15.169	-7.858		8 2	12.923	-4.168		23 10	11.641	-7.096
	24 3	14.149	-9.753		8 10	13.384	-6.578		23 17	10.862	-3.018
	24 10	14.937	-5.577		8 18	12.763	-8.447		24 1	11.652	-5.339
	24 18	15.008	-8.041		9 1	12.913	-4.405		24 9	11.498	-7.218
	25 2	13.870	-9.848		9 9	13.266	-6.755		24 16	10.884	-3.240
	25 9	14.895	-5.826		9 17	12.547	-8.550		25 0	11.586	-5.514
	25 17	14.835	-8.214		10 0	12.893	-4.634		25 8	11.350	-7.333
26 0	13.813	-3.248	10 8	13.138	-6.924	25 15	10.898	-3.457			
26 8	14.837	-6.065	10 16	12.326	-8.645	25 23	11.512	-5.683			
26 16	14.649	-8.376	10 23	12.861	-4.857	26 7	11.196	-7.441			
26 23	13.874	-3.539	11 7	13.002	-7.085	26 14	10.904	-3.668			
27 7	14.764	-6.295	11 15	12.098	-8.731	26 22	11.432	-5.845			
27 15	14.452	-8.529	11 22	12.819	-5.073	27 6	11.038	-7.542			
27 22	13.919	-3.821	12 6	12.858	-7.237	27 13	10.902	-3.874			
28 6	14.678	-6.516	12 14	11.866	-8.810	27 21	11.346	-6.001			
28 14	14.243	-8.671	12 21	12.767	-5.282	28 5	10.875	-7.635			
28 21	13.948	-4.096	13 5	12.706	-7.381	28 12	10.892	-4.074			
29 5	14.578	-6.727	13 12	11.830	-2.992	28 20	11.253	-6.150			
29 13	14.024	-8.803	13 20	12.705	-5.483	29 4	10.709	-7.722			
29 20	13.962	-4.362	14 4	12.547	-7.518	29 11	10.875	-4.269			
30 4	14.465	-6.929	14 11	11.861	-3.236	29 19	11.155	-6.293			
30 12	13.796	-8.925	14 19	12.634	-5.677	30 3	10.539	-7.802			
30 19	13.961	-4.620	15 3	12.381	-7.646	30 10	10.851	-4.458			
31 3	14.340	-7.122	15 10	11.882	-3.475	30 18	11.051	-6.429			
31 11	13.559	-9.038	15 18	12.554	-5.863	Juill.	1 2	10.365	-7.875		
31 18	13.946	-4.870	16 2	12.209	-7.767		1 9	10.820	-4.641		
Juin	1 2	14.204	-7.305	16 9	11.893	-3.707	1 17	10.942	-6.559		
	1 10	13.314	-9.140	16 17	12.466	-6.043	2 1	10.188	-7.942		
	1 17	13.918	-5.112	17 1	12.030	-7.881	2 8	10.782	-4.819		
	2 1	14.056	-7.480	17 8	11.894	-3.933	2 16	10.827	-6.682		
2 9	13.062	-9.234	17 16	12.370	-6.215	3 0	10.008	-8.002			
2 16	13.877	-5.347	18 0	11.845	-7.986	3 7	10.738	-4.991			

PHOBOS 2014

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	"	"
Juill.	3 15	10.708	-6.799	Juill.	18 22	9.109	-3.786	Août	3 6	8.590	-5.847
	3 22	9.926	-2.978		19 6	9.557	-5.629		3 14	8.176	-6.899
	4 6	10.688	-5.157		19 14	9.239	-7.011		3 21	8.313	-4.451
	4 14	10.585	-6.909		19 21	9.107	-3.952		4 5	8.530	-5.932
	4 21	9.947	-3.182		20 5	9.493	-5.749		4 13	8.072	-6.932
	5 5	10.632	-5.317		20 13	9.119	-7.077		4 20	8.300	-4.578
	5 13	10.457	-7.013		20 20	9.100	-4.114		5 4	8.467	-6.013
	5 20	9.961	-3.381		21 4	9.425	-5.864		5 12	7.966	-6.961
	6 4	10.570	-5.471		21 12	8.996	-7.137		5 19	8.283	-4.700
	6 12	10.326	-7.111		21 19	9.089	-4.270		6 3	8.403	-6.088
	6 19	9.969	-3.575		22 3	9.353	-5.973		6 11	7.859	-6.985
	7 3	10.503	-5.619		22 11	8.872	-7.191		6 18	8.264	-4.818
	7 11	10.191	-7.202		22 18	9.073	-4.421		7 2	8.336	-6.159
	7 18	9.970	-3.764		23 2	9.278	-6.077		7 10	7.751	-7.003
	8 2	10.430	-5.762		23 10	8.745	-7.240		7 17	8.242	-4.930
	8 10	10.052	-7.287		23 17	9.053	-4.567		8 1	8.267	-6.224
	8 17	9.965	-3.948		24 1	9.200	-6.176		8 9	7.642	-7.016
	9 1	10.353	-5.899		24 9	8.617	-7.283		8 16	8.217	-5.038
9 9	9.910	-7.366	24 16	9.028	-4.709	9 0	8.197	-6.284			
9 16	9.954	-4.128	25 0	9.119	-6.269	9 7	7.602	-3.524			
10 0	10.271	-6.029	25 8	8.486	-7.320	9 15	8.190	-5.141			
10 8	9.765	-7.438	25 15	9.000	-4.845	9 23	8.124	-6.339			
10 15	9.937	-4.302	25 23	9.035	-6.356	10 6	7.619	-3.663			
10 23	10.185	-6.154	26 7	8.355	-7.352	10 14	8.160	-5.239			
11 7	9.617	-7.504	26 14	8.968	-4.977	10 22	8.050	-6.389			
11 14	9.915	-4.471	26 22	8.948	-6.438	11 5	7.633	-3.798			
11 22	10.094	-6.272	27 5	8.287	-3.274	11 13	8.127	-5.333			
12 6	9.467	-7.564	27 13	8.932	-5.104	11 21	7.974	-6.434			
12 13	9.887	-4.634	27 21	8.859	-6.514	12 4	7.645	-3.929			
12 21	9.999	-6.385	28 4	8.304	-3.436	12 12	8.092	-5.422			
13 5	9.314	-7.618	28 12	8.892	-5.225	12 20	7.897	-6.474			
13 12	9.854	-4.792	28 20	8.768	-6.586	13 3	7.653	-4.055			
13 20	9.901	-6.492	29 3	8.317	-3.595	13 11	8.055	-5.506			
14 4	9.159	-7.666	29 11	8.849	-5.341	13 19	7.819	-6.509			
14 11	9.816	-4.945	29 19	8.674	-6.651	14 2	7.658	-4.177			
14 19	9.798	-6.594	30 2	8.326	-3.749	14 10	8.016	-5.585			
15 2	9.066	-3.077	30 10	8.803	-5.452	14 18	7.739	-6.539			
15 10	9.773	-5.093	30 18	8.578	-6.711	15 1	7.661	-4.295			
15 18	9.692	-6.689	31 1	8.331	-3.898	15 9	7.974	-5.659			
16 1	9.085	-3.261	31 9	8.754	-5.559	15 17	7.658	-6.564			
16 9	9.726	-5.235	Août	31 17	8.480	-6.766	16 0	7.661	-4.409		
16 17	9.583	-6.778		1 0	8.331	-4.043	16 8	7.931	-5.728		
17 0	9.098	-3.441		1 8	8.702	-5.660	16 16	7.575	-6.584		
17 8	9.674	-5.372		1 16	8.380	-6.816	16 23	7.659	-4.517		
17 16	9.471	-6.861	1 23	8.329	-4.184	17 7	7.886	-5.792			
17 23	9.106	-3.616	2 7	8.647	-5.756	17 15	7.492	-6.599			
18 7	9.617	-5.503	2 15	8.279	-6.860	17 22	7.654	-4.622			
18 15	9.357	-6.939	2 22	8.322	-4.320	18 6	7.839	-5.852			

PHOBOS 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
Août	18 14	7.408	-6.609	Sept.	2 21	7.151	-4.787	Sept.	18 5	7.003	-5.294
	18 21	7.647	-4.721		3 5	7.286	-5.690		18 13	6.622	-5.503
	19 5	7.791	-5.906		3 13	6.853	-6.137		18 20	6.854	-4.699
	19 13	7.323	-6.615		3 20	7.152	-4.853		19 4	6.984	-5.288
	19 20	7.638	-4.817		4 4	7.252	-5.711		19 12	6.573	-5.456
	20 4	7.741	-5.956		4 12	6.787	-6.113		19 19	6.866	-4.730
	20 12	7.237	-6.616		4 19	7.151	-4.913		20 3	6.964	-5.278
	20 19	7.626	-4.907		5 3	7.216	-5.728		20 11	6.524	-5.405
	21 3	7.689	-6.001		5 11	6.721	-6.084		20 18	6.876	-4.757
	21 11	7.151	-6.612		5 18	7.148	-4.970		21 2	6.943	-5.263
	21 18	7.613	-4.994		6 2	7.180	-5.740		21 10	6.474	-5.351
	22 2	7.637	-6.041		6 10	6.654	-6.052		21 17	6.885	-4.780
	22 10	7.063	-6.604		6 17	7.145	-5.022		22 1	6.921	-5.245
	22 17	7.597	-5.075		7 1	7.142	-5.748		22 9	6.422	-5.292
	23 1	7.582	-6.076		7 8	6.614	-3.976		22 16	6.893	-4.799
	23 8	7.032	-3.778		7 16	7.139	-5.069		23 0	6.898	-5.222
	23 16	7.580	-5.152		8 0	7.104	-5.751		23 7	6.388	-4.043
	24 0	7.527	-6.107		8 7	6.641	-4.060		23 15	6.900	-4.813
	24 7	7.053	-3.891		8 15	7.133	-5.112		23 23	6.873	-5.195
	24 15	7.561	-5.224		8 23	7.064	-5.750		24 6	6.425	-4.093
	24 23	7.470	-6.132		9 6	6.668	-4.140		24 14	6.906	-4.823
	25 6	7.072	-4.000		9 14	7.125	-5.150		24 22	6.848	-5.164
	25 14	7.540	-5.292		9 22	7.024	-5.744		25 5	6.461	-4.139
	25 22	7.413	-6.154		10 5	6.692	-4.216		25 13	6.910	-4.828
26 5	7.088	-4.105	10 13	7.116	-5.184	25 21	6.822	-5.129			
26 13	7.517	-5.354	10 21	6.983	-5.734	26 4	6.495	-4.181			
26 21	7.354	-6.170	11 4	6.716	-4.287	26 12	6.914	-4.829			
27 4	7.102	-4.205	11 12	7.106	-5.213	26 20	6.794	-5.090			
27 12	7.493	-5.413	11 20	6.941	-5.720	27 3	6.528	-4.218			
27 20	7.294	-6.182	12 3	6.738	-4.353	27 11	6.916	-4.826			
28 3	7.115	-4.302	12 11	7.095	-5.238	27 19	6.766	-5.047			
28 11	7.468	-5.466	12 19	6.898	-5.701	28 2	6.560	-4.251			
28 19	7.233	-6.189	13 2	6.758	-4.416	28 10	6.917	-4.819			
29 2	7.125	-4.393	13 10	7.082	-5.259	28 18	6.736	-5.001			
29 10	7.441	-5.515	13 18	6.854	-5.678	29 1	6.591	-4.280			
29 18	7.172	-6.191	14 1	6.777	-4.474	29 9	6.916	-4.807			
30 1	7.134	-4.481	14 9	7.069	-5.274	29 17	6.705	-4.950			
30 9	7.412	-5.559	14 17	6.809	-5.651	30 0	6.621	-4.304			
30 17	7.110	-6.189	15 0	6.795	-4.528	30 8	6.915	-4.792			
31 0	7.141	-4.564	15 8	7.054	-5.286	30 16	6.673	-4.896			
31 8	7.383	-5.599	15 16	6.764	-5.620	Oct.	30 23	6.649	-4.324		
31 16	7.046	-6.183	15 23	6.812	-4.577		1 7	6.912	-4.772		
31 23	7.146	-4.643	16 7	7.038	-5.293		1 15	6.640	-4.839		
Sept.	1 7	7.352	-5.634	16 15	6.717		-5.585	1 22	6.676	-4.340	
	1 15	6.983	-6.172	16 22	6.827		-4.622	2 6	6.908	-4.748	
	1 22	7.149	-4.717	17 6	7.021		-5.296	2 14	6.606	-4.777	
2 6	7.320	-5.664	17 14	6.670	-5.546	2 21	6.702	-4.351			
2 14	6.918	-6.156	17 21	6.841	-4.663	3 5	6.903	-4.720			

PHOBOS 2014

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.	3	13	6.570	-4.713	Oct.	18	20	6.729	-3.838	Nov.	3	4	6.988	-3.002
	3	20	6.727	-4.358		19	4	6.924	-3.919		3	12	6.644	-2.615
	4	4	6.896	-4.688		19	12	6.586	-3.689		3	19	6.828	-3.101
	4	12	6.533	-4.645		19	19	6.760	-3.813		4	3	6.986	-2.923
	4	19	6.750	-4.361		20	3	6.922	-3.859		4	11	6.607	-2.514
	5	3	6.888	-4.652		20	11	6.552	-3.600		4	18	6.859	-3.047
	5	11	6.495	-4.573		20	18	6.789	-3.784		5	2	6.981	-2.841
	5	18	6.772	-4.360		21	2	6.918	-3.796		5	10	6.567	-2.410
	6	2	6.879	-4.612		21	10	6.516	-3.508		5	17	6.886	-2.990
	6	10	6.456	-4.499		21	17	6.816	-3.751		6	1	6.973	-2.756
	6	17	6.793	-4.354		22	1	6.913	-3.730		6	9	6.525	-2.305
	7	1	6.868	-4.569		22	9	6.478	-3.415		6	16	6.912	-2.929
7	9	6.415	-4.421	22	16	6.842	-3.714	7	0	6.963	-2.669			
7	16	6.812	-4.345	23	0	6.905	-3.661	7	8	6.481	-2.199			
8	0	6.856	-4.521	23	8	6.439	-3.318	7	15	6.935	-2.865			
8	8	6.373	-4.341	23	15	6.865	-3.674	7	23	6.950	-2.580			
8	15	6.830	-4.331	23	23	6.895	-3.588	8	6	6.438	-2.884			
8	23	6.842	-4.470	24	7	6.397	-3.220	8	14	6.955	-2.799			
9	6	6.334	-3.863	24	14	6.887	-3.630	8	22	6.935	-2.488			
9	14	6.847	-4.313	24	22	6.884	-3.513	9	5	6.491	-2.844			
9	22	6.827	-4.416	25	5	6.409	-3.442	9	13	6.973	-2.729			
10	5	6.380	-3.879	25	13	6.907	-3.582	9	21	6.917	-2.395			
10	13	6.861	-4.291	25	21	6.870	-3.434	10	4	6.542	-2.800			
10	21	6.811	-4.358	26	4	6.460	-3.425	10	12	6.989	-2.656			
11	4	6.424	-3.891	26	12	6.925	-3.531	10	20	6.896	-2.299			
11	12	6.875	-4.265	26	20	6.854	-3.353	11	3	6.590	-2.753			
11	20	6.792	-4.296	27	3	6.509	-3.404	11	11	7.002	-2.581			
12	3	6.468	-3.899	27	11	6.940	-3.476	11	19	6.873	-2.201			
12	11	6.887	-4.235	27	19	6.836	-3.269	12	2	6.636	-2.703			
12	19	6.773	-4.231	28	2	6.556	-3.379	12	10	7.012	-2.503			
13	2	6.509	-3.903	28	10	6.954	-3.418	12	18	6.846	-2.102			
13	10	6.897	-4.201	28	18	6.815	-3.183	13	1	6.680	-2.650			
13	18	6.751	-4.163	29	1	6.601	-3.351	13	9	7.019	-2.422			
14	1	6.550	-3.902	29	9	6.965	-3.356	13	17	6.817	-2.001			
14	9	6.906	-4.163	29	17	6.792	-3.094	14	0	6.721	-2.593			
14	17	6.728	-4.091	30	0	6.644	-3.318	14	8	7.023	-2.339			
15	0	6.589	-3.898	30	8	6.975	-3.292	14	16	6.785	-1.899			
15	8	6.913	-4.122	30	16	6.767	-3.002	14	23	6.759	-2.533			
15	16	6.703	-4.017	30	23	6.685	-3.282	15	7	7.025	-2.254			
15	23	6.626	-3.889	31	7	6.982	-3.224	15	15	6.751	-1.795			
16	7	6.918	-4.076	31	15	6.740	-2.909	15	22	6.795	-2.470			
16	15	6.677	-3.939	31	22	6.724	-3.242	16	6	7.024	-2.166			
16	22	6.662	-3.876	Nov.	1	6	6.986	-3.153	16	14	6.713	-1.690		
17	6	6.922	-4.027		1	14	6.710	-2.813	16	21	6.828	-2.403		
17	14	6.648	-3.858		1	21	6.761	-3.199	17	5	7.020	-2.076		
17	21	6.696	-3.859	2	5	6.988	-3.079	17	13	6.673	-1.584			
18	5	6.924	-3.975	2	13	6.678	-2.715	17	20	6.858	-2.335			
18	13	6.618	-3.775	2	20	6.796	-3.152	18	4	7.013	-1.985			

PHOBOS 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2451545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
Nov.	18	12	6.630	-1.477	Déc.	3	4	6.942	-0.928	Déc.	17	20	6.753	-0.528
	18	19	6.886	-2.263		3	12	6.497	-0.342		18	4	6.750	0.097
	19	3	7.003	-1.891		3	19	6.873	-1.353		18	11	6.277	-1.026
	19	11	6.584	-1.369		4	3	6.921	-0.827		18	19	6.757	-0.433
	19	18	6.911	-2.189		4	11	6.439	-0.235		19	3	6.716	0.198
	20	2	6.991	-1.795		4	18	6.888	-1.264		19	10	6.317	-0.943
	20	10	6.535	-1.260		5	2	6.896	-0.725		19	18	6.759	-0.338
	20	17	6.932	-2.112		5	9	6.396	-1.628		20	2	6.679	0.299
	21	1	6.975	-1.698		5	17	6.899	-1.174		20	9	6.354	-0.859
	21	9	6.484	-1.151		6	1	6.869	-0.623		20	17	6.757	-0.241
	21	16	6.951	-2.032		6	8	6.442	-1.555		21	1	6.639	0.400
	22	0	6.956	-1.600		6	16	6.907	-1.082		21	8	6.388	-0.773
	22	7	6.462	-2.243		7	0	6.838	-0.520		21	16	6.752	-0.144
	22	15	6.967	-1.950		7	7	6.485	-1.480		22	0	6.596	0.500
	22	23	6.935	-1.500		7	15	6.912	-0.989		22	7	6.419	-0.686
	23	6	6.512	-2.183		7	23	6.805	-0.417		22	15	6.744	-0.047
	23	14	6.980	-1.866		8	6	6.526	-1.402		22	23	6.550	0.600
	23	22	6.910	-1.398		8	14	6.913	-0.894		23	6	6.446	-0.597
	24	5	6.560	-2.120		8	22	6.768	-0.313		23	14	6.732	0.051
	24	13	6.990	-1.780		9	5	6.563	-1.322		23	22	6.501	0.700
24	21	6.882	-1.296	9	13	6.911	-0.799	24	5	6.470	-0.508			
25	4	6.604	-2.055	9	21	6.728	-0.209	24	13	6.717	0.150			
25	12	6.998	-1.692	10	4	6.597	-1.241	24	21	6.449	0.799			
25	20	6.851	-1.192	10	12	6.906	-0.702	25	4	6.491	-0.416			
26	3	6.646	-1.986	10	20	6.685	-0.105	25	12	6.699	0.248			
26	11	7.001	-1.602	11	3	6.628	-1.157	25	20	6.394	0.897			
26	19	6.818	-1.088	11	11	6.898	-0.604	26	3	6.509	-0.324			
27	2	6.685	-1.915	11	19	6.638	-0.001	26	11	6.678	0.347			
27	10	7.002	-1.510	12	2	6.655	-1.072	26	19	6.336	0.994			
27	18	6.781	-0.983	12	10	6.887	-0.506	27	2	6.523	-0.231			
28	1	6.721	-1.842	12	18	6.589	0.103	27	10	6.654	0.445			
28	9	7.000	-1.416	13	1	6.680	-0.985	27	18	6.275	1.090			
28	17	6.741	-0.877	13	9	6.872	-0.406	28	1	6.534	-0.138			
29	0	6.754	-1.766	13	17	6.537	0.207	28	9	6.626	0.544			
29	8	6.995	-1.321	14	0	6.701	-0.896	28	17	6.212	1.186			
29	16	6.698	-0.771	14	8	6.854	-0.307	29	0	6.542	-0.043			
29	23	6.784	-1.687	14	16	6.482	0.310	29	8	6.596	0.642			
30	7	6.986	-1.225	14	23	6.719	-0.806	29	16	6.146	1.280			
30	15	6.652	-0.664	15	7	6.833	-0.206	29	23	6.547	0.052			
30	22	6.811	-1.607	15	15	6.424	0.413	30	7	6.562	0.740			
Déc.	1	6	6.975	-1.127	15	22	6.733	-0.714	30	15	6.078	1.372		
	1	14	6.603	-0.557	16	6	6.808	-0.105	30	22	6.548	0.147		
	1	21	6.835	-1.524	16	14	6.363	0.515	31	6	6.526	0.837		
	2	5	6.960	-1.028	16	21	6.745	-0.622	31	13	6.101	-0.462		
	2	13	6.552	-0.449	17	5	6.781	-0.005	31	21	6.546	0.243		
2	20	6.856	-1.439	17	13	6.299	0.616	Janv.	1	5	6.486	0.934		

DÉIMOS 2014

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				X			
			"				"				"			
Déc.	31	7	20.251	-11.259	Mars	1	23	32.638	-23.253	Mai	1	11	43.045	-21.273
Janv.	1	13	20.406	-10.707		3	5	33.178	-22.701		2	18	42.786	-24.354
	2	19	20.455	-10.087		4	11	33.591	-22.049		4	0	42.680	-22.925
	4	2	20.702	-11.735		5	17	33.890	-21.297		5	6	42.426	-21.410
	5	8	20.854	-11.166		7	0	34.342	-23.865		6	12	42.013	-19.838
	6	15	20.923	-12.741		8	6	34.825	-23.232		7	19	41.835	-22.919
	7	21	21.183	-12.228		9	12	35.179	-22.484		9	1	41.617	-21.446
	9	3	21.340	-11.657		10	19	35.495	-25.063		10	7	41.257	-19.913
	10	10	21.435	-13.267		12	1	36.039	-24.436		11	14	40.841	-22.819
	11	16	21.699	-12.753		13	7	36.464	-23.714		12	20	40.676	-21.397
	12	22	21.863	-12.167		14	13	36.763	-22.872		14	2	40.353	-19.893
	14	5	21.980	-13.826		15	20	37.209	-25.664		15	8	39.883	-18.351
	15	11	22.257	-13.304		17	2	37.704	-24.944		16	15	39.630	-21.263
	16	17	22.424	-12.709		18	8	38.070	-24.124		17	21	39.353	-19.821
	18	0	22.569	-14.415		19	14	38.314	-23.190		19	3	38.926	-18.305
	19	6	22.852	-13.884		20	21	38.858	-26.170		20	10	38.518	-21.089
	20	12	23.033	-13.289		22	3	39.300	-25.358		21	16	38.287	-19.679
	21	19	23.197	-15.032		23	9	39.606	-24.430		22	22	37.898	-18.219
	23	1	23.496	-14.507		24	16	39.892	-27.357		24	5	37.377	-20.862
	24	7	23.685	-13.895		25	22	40.395	-26.545		25	11	37.176	-19.501
	25	14	23.870	-15.695		27	4	40.775	-25.636		26	17	36.834	-18.087
	26	20	24.186	-15.159		28	10	41.017	-24.598		27	23	36.335	-16.610
	28	2	24.390	-14.552		29	17	41.315	-27.669		29	6	36.056	-19.295
	29	9	24.593	-16.391		30	23	41.757	-26.748		30	12	35.743	-17.913
	30	15	24.924	-15.859	Avril	1	5	42.061	-25.729		31	18	35.288	-16.494
	31	21	25.150	-15.247		2	11	42.233	-24.586	Juin	2	1	34.935	-19.053
Févr.	2	4	25.360	-17.132		3	18	42.505	-27.759		3	7	34.656	-17.728
	3	10	25.719	-16.605		5	0	42.873	-26.732		4	13	34.232	-16.335
	4	16	25.961	-15.987		6	6	43.093	-25.595		5	20	33.829	-18.807
	5	23	26.180	-17.923		7	12	43.184	-24.354		7	2	33.582	-17.512
	7	5	26.562	-17.392		8	19	43.402	-27.591		8	8	33.184	-16.167
	8	11	26.834	-16.785		10	1	43.682	-26.461		9	15	32.758	-18.540
	9	18	27.046	-18.754		11	7	43.812	-25.209		10	21	32.527	-17.286
	11	0	27.461	-18.240		12	13	43.805	-23.877		12	3	32.160	-15.981
	12	6	27.763	-17.627		13	20	43.962	-27.147		13	10	31.715	-18.265
	13	13	27.958	-19.644		15	2	44.142	-25.916		14	16	31.509	-17.054
	14	19	28.413	-19.132		16	8	44.176	-24.568		15	22	31.156	-15.773
	16	1	28.747	-18.530		17	14	44.059	-23.143		17	5	30.714	-17.992
	17	7	28.970	-17.839		18	21	44.161	-26.432		18	11	30.521	-16.802
	18	14	29.410	-20.081		20	3	44.233	-25.105		19	17	30.186	-15.568
	19	20	29.792	-19.491		21	9	44.163	-23.681		21	0	29.755	-17.702
	21	2	30.049	-18.800		22	15	43.931	-22.170		22	6	29.569	-16.555
	22	9	30.458	-21.090		23	22	43.997	-25.466		23	12	29.248	-15.341
	23	15	30.882	-20.503		25	4	43.959	-24.054		24	19	28.833	-17.417
	24	21	31.190	-19.832		26	10	43.777	-22.570		26	1	28.659	-16.294
	26	4	31.538	-22.142		27	17	43.480	-25.657		27	7	28.340	-15.110
	27	10	32.015	-21.582		28	23	43.490	-24.283		28	14	27.959	-17.127
	28	16	32.376	-20.911		30	5	43.343	-22.806		29	20	27.781	-16.027

DÉIMOS 2014

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	"	"	
Juill.	1 2	27.473	-14.876	Août	30 20	18.693	-14.097	Oct.	30 15	17.496	-7.553	
	2 9	27.122	-16.828		Sept.	1 2	18.597		-13.498	31 21	17.590	-7.535
	3 15	26.947	-15.763			2 9	18.471	-14.233	Nov.	2 3	17.575	-7.490
	4 21	26.636	-14.625			3 15	18.452	-13.701		3 10	17.562	-7.014
	6 4	26.328	-16.538			4 21	18.321	-13.115		4 16	17.615	-7.008
	7 10	26.149	-15.484			6 4	18.282	-13.826		5 22	17.556	-6.976
	8 16	25.836	-14.380	7 10		18.225	-13.307	7 5	17.608	-6.478		
	9 23	25.576	-16.236	8 17	18.089	-13.873	8 11	17.616	-6.484			
	11 5	25.386	-15.209	9 23	18.105	-13.419	9 18	17.552	-5.905			
	12 11	25.071	-14.122	11 5	18.007	-12.902	11 0	17.627	-5.946			
	13 18	24.857	-15.935	12 12	17.961	-13.454	12 6	17.598	-5.967			
	15 0	24.662	-14.929	13 18	17.936	-13.003	13 13	17.589	-5.367			
	16 6	24.334	-13.858	15 0	17.795	-12.497	14 19	17.626	-5.421			
	17 13	24.178	-15.635	16 7	17.842	-13.028	16 1	17.554	-5.460			
	18 19	23.966	-14.638	17 13	17.771	-12.584	17 8	17.601	-4.835			
	20 1	23.631	-13.596	18 20	17.724	-12.977	18 14	17.598	-4.906			
	21 8	23.529	-15.324	20 2	17.724	-12.595	19 21	17.524	-4.215			
	22 14	23.303	-14.354	21 8	17.614	-12.162	21 3	17.590	-4.315			
23 21	23.031	-15.912	22 15	17.653	-12.531	22 9	17.545	-4.401				
25 3	22.910	-15.018	23 21	17.612	-12.160	23 16	17.526	-3.692				
26 9	22.669	-14.056	25 4	17.559	-12.396	24 22	17.549	-3.805				
27 16	22.461	-15.586	26 10	17.586	-12.083	26 4	17.472	-3.911				
28 22	22.324	-14.703	27 16	17.500	-11.717	27 11	17.497	-3.180				
30 4	22.059	-13.757	28 23	17.534	-11.935	28 17	17.488	-3.310				
31 11	21.926	-15.257	30 5	17.518	-11.628	30 0	17.389	-2.530				
Août	1 17	21.761	-14.383	Oct.	1 12	17.458	-11.716	Déc.	1 6	17.446	-2.682	
	2 23	21.480	-13.457		2 18	17.510	-11.468		2 12	17.398	-2.834	
	4 6	21.413	-14.920		4 0	17.446	-11.169	3 19	17.347	-2.031		
	5 12	21.228	-14.067		5 7	17.475	-11.239	5 1	17.369	-2.204		
	6 19	21.021	-15.368		6 13	17.478	-10.995	6 7	17.286	-2.373		
	8 1	20.928	-14.588		7 20	17.410	-10.942	7 14	17.280	-1.554		
	9 7	20.716	-13.738	9 2	17.481	-10.753	8 20	17.265	-1.742			
	10 14	20.586	-15.021	10 8	17.443	-10.521	10 2	17.151	-1.936			
	11 20	20.467	-14.245	11 15	17.455	-10.445	11 9	17.185	-1.094			
	13 2	20.225	-13.412	12 21	17.482	-10.265	12 15	17.140	-1.303			
	14 9	20.178	-14.667	14 3	17.398	-10.042	13 22	17.047	-0.434			
	15 15	20.023	-13.902	15 10	17.489	-9.944	15 4	17.070	-0.655			
	16 22	19.853	-15.002	16 16	17.472	-9.773	16 10	16.990	-0.888			
	18 4	19.785	-14.308	17 23	17.462	-9.562	17 17	16.940	0.002			
	19 10	19.603	-13.558	19 5	17.513	-9.440	18 23	16.929	-0.243			
	20 17	19.513	-14.630	20 11	17.449	-9.278	20 5	16.820	-0.492			
	21 23	19.414	-13.951	21 18	17.517	-9.046	21 12	16.810	0.411			
	23 6	19.212	-14.869	23 0	17.520	-8.932	22 18	16.768	0.151			
24 12	19.193	-14.259	24 7	17.482	-8.595	24 1	16.633	1.068				
25 18	19.058	-13.582	25 13	17.552	-8.526	25 7	16.656	0.800				
27 1	18.943	-14.486	26 19	17.515	-8.425	26 13	16.588	0.515				
28 7	18.889	-13.880	28 2	17.545	-8.065	27 20	16.489	1.450				
29 13	18.716	-13.215	29 8	17.574	-8.007	29 2	16.487	1.161				

DÉIMOS 2014

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	"	"
Déc. 30 8	16.386	0.855	Déc. 31 15	16.329	1.807	Janv. 1 21	16.295	1.496

SATELLITES DE JUPITER

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

IO	II. 110
EUROPE	II. 113
GANYMÈDE	II. 115
CALLISTO	II. 116

IO 2014

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	"	"
Déc.	31	8	-136.925	19.972	Févr.	10	0	-131.554	14.154	Mars	22	16	-116.618	11.741
	Janv.	1	5	136.160		-19.575	10	21	130.318		-13.820	23	14	115.267
	2	2	-137.164	19.498		11	18	-131.081	13.712		24	11	-116.009	12.025
	2	23	136.041	-19.050		12	15	129.541	-13.352		25	8	114.884	-11.865
	3	21	-136.945	19.541		13	13	-130.346	13.813		26	5	-115.312	11.821
	4	18	136.227	-19.155		14	10	129.174	-13.502		27	2	113.940	-11.639
	5	15	-137.298	19.079		15	7	-129.971	13.404		28	0	-114.645	12.109
	6	12	136.222	-18.644		16	4	128.499	-13.068		28	21	113.583	-11.965
	7	9	-137.058	18.535		17	2	-129.057	13.504		29	18	-114.011	11.928
	8	7	136.108	-18.707		17	23	127.937	-13.215		30	15	112.708	-11.762
	9	4	-137.239	18.633		18	20	-128.778	13.127		31	13	-113.302	12.220
	10	1	136.221	-18.212		19	17	127.367	-12.814	Avril	1	10	112.296	-12.091
	10	22	-137.109	18.105		20	14	-127.915	12.702			2	7	-112.727
	11	20	135.802	-18.238		21	12	126.633	-12.961		3	4	111.486	-11.910
	12	17	-137.000	18.166		22	9	-127.506	12.883		4	2	-111.978	12.358
	13	14	136.028	-17.761		23	6	126.160	-12.592		4	23	111.036	-12.243
	14	11	-136.976	17.657		24	3	-126.741	12.492		5	20	-111.459	12.221
	15	8	135.668	-17.210		25	1	125.264	-12.740		6	17	110.286	-12.083
	16	6	-136.573	17.685		25	22	-126.177	12.674		7	15	-110.685	12.520
	17	3	135.657	-17.296		26	19	124.890	-12.404		8	12	109.799	-12.418
	18	0	-136.657	17.196		27	16	-125.500	12.314		9	9	-110.218	12.403
	18	21	135.407	-16.768		28	13	123.926	-12.023		10	6	109.106	-12.277
	19	18	-136.155	16.637	Mars	1	11	-124.796	12.499		11	4	-109.419	12.704
	20	16	135.107	-16.825			2	8	123.573	-12.251		12	1	108.595
	21	13	-136.167	16.731		3	5	-124.211	12.172		12	22	-109.000	12.606
	22	10	134.972	-16.321		4	2	122.700	-11.902		13	19	107.955	-12.494
	23	7	-135.767	16.196		5	0	-123.383	12.361		14	17	-108.189	12.910
	24	5	134.394	-16.355		5	21	122.218	-12.133		15	14	107.420	-12.834
	25	2	-135.506	16.266		6	18	-122.879	12.064		16	11	-107.816	12.830
	25	23	134.367	-15.877		7	15	121.439	-11.815		17	8	106.828	-12.729
	26	20	-135.215	15.758		8	13	-121.942	12.258		18	6	-106.992	13.135
	27	17	133.739	-15.335		9	10	120.839	-12.049		19	3	106.283	-13.071
	28	15	-134.692	15.810		10	7	-121.524	11.991		20	0	-106.658	13.071
	29	12	133.607	-15.440		11	4	120.146	-11.761		20	21	105.736	-12.983
	30	9	-134.501	15.329		12	1	-120.533	11.681		21	19	-105.833	13.378
	31	6	133.091	-14.928		12	23	119.445	-11.999		22	16	105.178	-13.326
Févr.	1	4	-133.730	15.367		13	20	-120.148	11.952		23	13	-105.537	13.331
	2	1	132.701	-15.019		14	17	118.838	-11.741		24	10	104.673	-13.253
	2	22	-133.646	14.915		15	14	-119.236	11.670		25	8	-104.709	13.639
	3	19	132.292	-14.537		16	12	118.047	-11.983		26	5	104.114	-13.598
	4	16	-132.971	14.410		17	9	-118.768	11.945		27	2	-104.447	13.606
	5	14	131.665	-14.616		18	6	117.517	-11.752		27	23	103.646	-13.540
	6	11	-132.656	14.522		19	3	-117.932	11.691		28	20	-103.642	13.508
	7	8	131.366	-14.166		20	1	116.651	-11.998		29	18	103.084	-13.886
	8	5	-132.082	14.048		20	22	-117.384	11.970		30	15	-103.396	13.897
	9	3	130.513	-14.238		21	19	116.200	-11.794	Mai	1	12	102.652	-13.841

IO 2014

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	"	"
Mai	2	9	-102.623	13.810	Juin	12	3	-93.690	18.191	Juill.	22	21	-89.209	23.172
	3	7	102.097	-14.188		13	0	93.607	-18.258		23	18	89.828	-23.414
	4	4	-102.379	14.200		13	21	-93.153	18.186		24	15	-89.269	23.316
	5	1	101.696	-14.156		14	19	93.287	-18.609		25	12	89.682	-23.507
	5	22	-101.638	14.125		15	16	-93.122	18.594		26	10	-89.069	23.621
	6	20	101.146	-14.503		16	13	93.091	-18.673		27	7	89.718	-23.874
	7	17	-101.402	14.518		17	11	-92.596	18.899		28	4	-89.132	23.768
	8	14	100.775	-14.483		18	8	92.797	-19.024		29	1	89.579	-23.969
	9	11	-100.689	14.452		19	5	-92.594	19.003		29	23	-88.960	24.073
	10	9	100.239	-14.831		20	2	92.608	-19.091		30	20	89.645	-24.338
11	6	-100.459	14.846	21	0	-92.097	19.308	Août	31	17	-89.034	24.224		
12	3	99.894	-14.822	21	21	92.344	-19.444		1	14	89.508	-24.434		
13	0	-99.773	14.789	22	18	-92.098	19.416		2	12	-88.891	24.530		
13	22	99.368	-15.170	23	15	92.162	-19.516		3	9	89.604	-24.805		
14	19	-99.558	15.185	24	13	-91.631	19.720		4	6	-88.971	24.684		
15	16	99.047	-15.171	25	10	91.925	-19.869		5	3	89.475	-24.903		
16	13	-98.895	15.137	26	7	-91.642	19.834		6	1	-88.855	24.990		
17	11	98.540	-15.519	27	4	91.748	-19.944		6	22	89.598	-25.276		
18	8	-98.692	15.533	28	2	-91.204	20.138		7	19	-88.946	25.147		
19	5	98.240	-15.530	28	23	91.543	-20.298		8	16	89.473	-25.375		
20	2	-98.050	15.493	29	20	-91.218	20.256	9	14	-88.858	25.454			
21	0	97.747	-15.878	30	17	91.371	-20.376	10	11	89.626	-25.749			
21	21	-97.866	15.891	Juill.	1	15	-90.811	20.560	11	8	-88.957	25.615		
22	18	97.466	-15.897		2	12	91.195	-20.732	12	5	89.509	-25.851		
23	15	-97.243	15.857		3	9	-90.834	20.682	13	3	-88.894	25.921		
24	13	96.997	-16.246	4	6	91.027	-20.813	14	0	89.689	-26.228			
25	10	-97.074	16.257	5	4	-90.457	20.986	14	21	-89.006	26.087			
26	7	96.733	-16.273	6	1	90.882	-21.170	15	18	89.578	-26.330			
27	4	-96.470	16.229	6	22	-90.483	21.112	16	16	-88.969	26.393			
28	2	96.283	-16.622	7	19	90.719	-21.253	17	13	89.786	-26.709			
28	23	-96.324	16.631	8	17	-90.135	21.416	18	10	-89.092	26.563			
29	20	96.033	-16.657	9	14	90.603	-21.611	19	7	89.685	-26.814			
30	17	-95.735	16.609	10	11	-90.170	21.546	20	5	-89.078	26.869			
31	15	95.609	-17.007	11	8	90.443	-21.697	21	2	89.920	-27.195			
Juin	1	12	-95.608	17.011	12	6	-89.852	21.850	21	23	-89.216	27.044		
	2	9	95.374	-17.048	13	3	90.358	-22.056	22	20	89.826	-27.302		
	3	6	-95.034	16.994	14	0	-89.890	21.983	23	18	-89.228	27.350		
	4	4	94.971	-17.398	14	21	90.204	-22.144	24	15	90.087	-27.684		
	5	1	-94.933	17.399	15	19	-89.602	22.287	25	12	-89.379	27.529		
	5	22	94.747	-17.445	16	16	90.148	-22.505	26	9	90.007	-27.794		
	6	19	-94.372	17.387	17	13	-89.648	22.424	27	7	-89.413	27.834		
	7	17	94.374	-17.796	18	10	89.995	-22.595	28	4	90.294	-28.178		
	8	14	-94.291	17.792	19	8	-89.389	22.728	29	1	-89.581	28.019		
	9	11	94.161	-17.849	20	5	89.971	-22.958	29	22	90.222	-28.291		
10	8	-93.743	17.783	21	2	-89.439	22.868	30	20	-89.638	28.324			
11	6	93.811	-18.200	21	23	89.823	-23.050	31	17	90.533	-28.675			

IO 2014

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	14	-89.822	28.515	Oct.	12	8	-95.345	34.542	Nov.	22	1	-106.261	40.917	
	2	11	90.478	-28.792		13	5	96.367	-34.967		22	22	107.077	-41.268	
	3	9	-89.898	28.817		14	2	-95.902	34.859		23	19	-107.038	41.281	
	4	6	90.813	-29.177		14	23	96.627	-35.178		24	16	107.522	-41.504	
	5	3	-90.103	29.015		15	21	-96.069	35.083		25	14	-107.335	41.417	
	6	0	90.769	-29.297		16	18	97.102	-35.514		26	11	108.167	-41.772	
	6	22	-90.200	29.316		17	15	-96.675	35.417		27	8	-108.196	41.807	
	7	19	91.126	-29.683		18	12	97.404	-35.738		28	5	108.699	-42.035	
	8	16	-90.424	29.520		19	10	-96.834	35.627		29	2	-108.558	42.003	
	9	13	91.102	-29.808		20	7	97.871	-36.061		30	0	109.259	-42.256	
	10	11	-90.537	29.818		21	4	-97.491	35.978		Déc.	30	21	-109.359	42.315
	11	8	91.479	-30.193		22	1	98.222	-36.301			1	18	109.877	-42.545
	12	5	-90.785	30.031		22	22	-97.646	36.145			2	15	-109.813	42.538
	13	2	91.470	-30.323		23	20	98.679	-36.610			3	13	110.343	-42.716
	14	0	-90.916	30.326		24	17	-98.342	36.540			4	10	-110.516	42.797
	14	21	91.867	-30.707		25	14	99.079	-36.866			5	7	111.056	-43.034
	15	18	-91.188	30.547		26	11	-98.554	36.725			6	4	-111.063	43.049
	16	15	91.881	-30.843		27	9	99.518	-37.157			7	2	111.415	-43.148
17	13	-91.331	30.838	28	6	-99.233	37.103	7	23	-111.663		43.254			
18	10	92.296	-31.226	29	3	99.974	-37.431	8	20	112.221		-43.493			
19	7	-91.631	31.068	30	0	-99.499	37.305	9	17	-112.308		43.535			
20	4	92.329	-31.368	30	22	100.392	-37.704	10	14	112.513		-43.636			
21	2	-91.788	31.356	31	19	-100.155	37.665	11	12	-112.785		43.677			
21	23	92.761	-31.749	Nov.	1	16	100.904	-37.995	12	9		113.372	-43.923		
22	20	-92.116	31.595		2	13	-100.486	37.888	13	6		-113.530	43.987		
23	17	92.821	-31.899	3	11	101.292	-38.245	14	3	113.761		-44.094			
24	15	-92.281	31.876	4	8	-101.113	38.225	15	1	-113.879		44.065			
25	12	93.267	-32.277	5	5	101.867	-38.557	15	22	114.489		-44.316			
26	9	-92.642	32.127	6	2	-101.505	38.467	16	19	-114.727	44.405				
27	6	93.351	-32.434	7	0	102.222	-38.783	17	16	114.980	-44.516				
28	4	-92.818	32.403	7	21	-102.097	38.780	18	13	-115.052	44.538				
29	1	93.809	-32.808	8	18	102.861	-39.115	19	11	115.569	-44.669				
29	22	-93.212	32.664	9	15	-102.561	39.045	20	8	-115.881	44.780				
30	19	93.925	-32.974	10	13	103.173	-39.312	21	5	116.165	-44.898				
Oct.	1	17	-93.391	32.932	11	10	-103.110	39.329	22	2	-116.313	44.945			
	2	14	94.393	-33.343	12	7	103.883	-39.668	23	0	116.593	-44.974			
	3	11	-93.822	33.206	13	4	-103.643	39.617	23	21	-116.986	45.111			
	4	8	94.538	-33.518	14	2	104.147	-39.834	24	18	117.296	-45.234			
	5	6	-94.005	33.466	14	23	-104.143	39.870	25	15	-117.522	45.304			
	6	3	95.012	-33.881	15	20	104.930	-40.213	26	13	117.556	-45.229			
	7	0	-94.475	33.753	16	17	-104.756	40.183	27	10	-118.023	45.389			
	7	21	95.194	-34.068	17	14	105.217	-40.401	28	7	118.367	-45.520			
	8	19	-94.654	34.002	18	12	-105.197	40.401	29	4	-118.670	45.613			
	9	16	95.672	-34.423	19	9	105.996	-40.747	30	1	118.663	-45.606			
	10	13	-95.166	34.304	20	6	-105.887	40.738	30	23	-118.986	45.612			
	11	10	95.889	-34.621	21	3	106.362	-40.960	31	20	119.360	-45.749			

IO 2014

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	"	"
Janv. 1 17	-119.739	45.865	Janv. 2 14	119.769	-45.867	Janv. 3 11	-119.978	45.916

EUROPE 2014

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	"	"	
Déc.	30	7	-215.429	31.228	Mars	20	3	188.252	-18.622	Juin	8	3	-150.074	28.196	
	Janv.	1	1	219.205		-31.174	21	22	-183.860		18.602	9	22	149.540	-28.443
		2	20	-215.728		30.389	23	17	185.998		-19.026	11	17	-149.321	29.107
		4	14	219.404		-30.296	25	11	-181.815		18.552	13	12	148.595	-29.315
		6	9	-215.818		29.511	27	6	183.901		-18.987	15	6	-148.471	29.647
		8	4	219.455		-29.971		29	0		-179.716	18.543	17	1	147.668
	9	22	-215.676	28.601	Avril	30	19	181.774	-18.998	18	20	-147.743	30.548		
	11	17	219.333	-29.047		1	14	-177.699	19.076	20	15	146.753	-30.700		
	13	11	-215.323	27.672		3	8	179.559	-19.037	22	9	-147.067	31.120		
	15	6	219.017	-28.103		5	3	-175.796	19.168	24	4	146.001	-31.253		
	17	0	-214.742	26.731			6	22	177.575	-19.618	25	23	-146.368	32.010	
	18	19	218.444	-27.154			8	16	-173.861	19.295	27	17	145.139	-31.781	
	20	14	-213.980	26.389		10	11	175.550	-19.749	29	12	-145.859	32.612		
	22	8	217.678	-26.204		12	6	-171.921	19.921	Juill.	1	7	144.548	-32.684	
	24	3	-213.131	25.474		14	0	173.517	-19.919		3	1	-145.314	33.204	
	25	21	216.676	-25.271		15	19	-170.210	20.134	4	20	143.864	-33.241		
	27	16	-212.092	24.576		17	14	171.614	-20.578	6	15	-144.850	34.121		
	29	10	215.493	-24.354		19	8	-168.426	20.367	8	10	143.306	-34.129		
Févr.	31	5	-210.860	23.704		21	3	169.785	-20.823	10	4	-144.467	34.741		
	1	23	214.093	-23.474		22	22	-166.673	21.076	11	23	142.797	-34.714		
	3	18	-209.455	22.866		24	16	167.849	-21.075	13	18	-144.040	35.644		
	5	13	212.667	-23.210		26	11	-165.101	21.379	15	13	142.277	-35.586		
	7	7	-207.889	22.070		28	6	166.182	-21.818	17	7	-143.812	36.292		
	9	2	211.090	-22.426	Mai	30	0	-163.514	21.703	19	2	141.946	-36.201		
	10	20	-206.164	21.320		1	19	164.449	-22.134	20	20	-143.463	36.908		
	12	15	209.375	-21.684		3	14	-161.940	22.472	22	15	141.565	-36.800		
	14	10	-204.342	21.196		5	9	162.743	-22.891	24	10	-143.353	37.856		
	16	4	207.509	-21.002		7	3	-160.567	22.857	26	5	141.305	-37.701		
	17	23	-202.545	20.566		8	22	161.217	-23.262	27	23	-143.162	38.500		
	19	17	205.508	-20.367		10	16	-159.099	23.243	29	18	141.097	-38.330		
	21	12	-200.642	19.991		12	11	159.677	-23.649	Août	31	13	-143.089	39.432	
	23	7	203.439	-20.349		14	6	-157.802	24.071		2	8	140.883	-39.215	
	25	1	-198.632	19.475		16	1	158.171	-24.447		4	2	-143.056	40.105	
	26	20	201.423	-19.846		17	19	-156.539	24.507		5	21	140.850	-39.875	
	28	14	-196.526	19.016		19	14	156.827	-24.879		7	16	-143.020	41.019	
	21	8	-155.250	24.948		9	10	140.741	-40.508						
Mars	4	4	-194.361	19.161		23	3	155.364	-25.298	11	5	-143.149	41.723		
	5	22	197.107	-19.024		24	22	-154.170	25.817	13	0	140.819	-41.434		
	7	17	-192.330	18.834		26	17	154.175	-26.150	14	18	-143.221	42.401		
	9	11	194.829	-18.704		28	11	-153.075	26.301	16	13	140.894	-42.103		
		11	6	-190.238	18.565		30	6	152.903	-26.609	18	8	-143.436	43.351	
	13	1	192.674	-18.968	Juin	1	1	-152.000	27.165	20	3	141.009	-43.009		
	14	19	-188.077	18.349		2	20	151.727	-27.456	21	21	-143.665	44.060		
	16	14	190.506	-18.774		4	14	-151.098	27.690	23	16	141.270	-43.716		
	18	9	-185.864	18.700		6	9	150.643	-27.950	25	11	-143.920	44.992		

EUROPE 2014

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	"	"				
Août	27	5	141.472	-44.397	Oct.	10	17	-152.935	56.005	Nov.	24	3	169.778	-66.577				
	29	0	-144.315	45.733		12	11	151.078	-55.504		25	22	-171.833	67.451				
	30	19	141.869	-45.346		14	6	-154.086	56.859		27	16	171.650	-67.432				
Sept.	1	13	-144.629	46.445	16	1	152.297	-56.500	29	11	-173.572	68.239	Déc.	1	6	173.457	-68.283	
	3	8	142.265	-46.068	17	19	-155.163	57.670	3	0	-175.332	69.004						
	5	3	-145.164	47.418	19	14	153.613	-57.384	4	19	175.493	-69.137						
	6	22	142.693	-46.994	21	9	-156.486	58.677	6	14	-177.066	69.772		8	8	177.434	-69.920	
	8	16	-145.651	48.164	23	3	154.921	-58.252	10	3	-178.957	70.518		11	21	179.382	-70.673	
	10	11	143.285	-47.759	24	22	-157.771	59.530	11	21	179.382	-70.673		13	16	-180.742	71.188	
	12	6	-146.214	49.113	26	17	156.330	-59.250	13	16	-180.742	71.188		15	10	181.228	-71.348	
	14	0	143.825	-48.499	28	11	-159.058	60.368	15	10	181.228	-71.348		17	5	-182.523	71.818	
	15	19	-146.881	49.897	30	6	157.867	-60.165	17	5	-182.523	71.818		19	0	183.170	-72.055	
	17	14	144.527	-49.466	Nov.	1	1	-160.529	61.355	19	0	183.170	-72.055		20	18	-184.185	72.362
	19	8	-147.480	50.648		2	19	159.355	-61.045	20	18	-184.185	72.362		22	13	185.079	-72.675
	21	3	145.277	-50.254		4	14	-162.029	62.233	22	13	185.079	-72.675		24	8	-185.925	72.927
	22	22	-148.314	51.640	6	9	160.939	-62.032	24	8	-185.925	72.927		26	2	186.963	-73.245	
	24	17	145.994	-51.189	8	3	-163.451	63.059	26	2	186.963	-73.245		27	21	-187.612	73.399	
	26	11	-149.096	52.429	9	22	162.648	-62.952	27	21	-187.612	73.399		29	15	188.704	-73.718	
	28	6	146.953	-52.025	11	17	-165.093	64.029	29	15	188.704	-73.718		31	10	-189.259	73.815	
	30	1	-149.948	53.389	13	11	164.361	-63.852	31	10	-189.259	73.815		2	4	190.402	-74.133	
Oct.	1	19	147.870	-52.837	15	6	-166.717	64.884	Janv.	2	4	190.402	-74.133					
	3	14	-150.920	54.218	17	0	166.021	-64.708		3	23	-190.742	74.127					
	5	9	148.842	-53.804	18	19	-168.367	65.726		5	17	191.932	-74.442					
	7	3	-151.869	55.029	20	14	167.922	-65.701										
	8	22	149.984	-54.668	22	9	-170.000	66.597										

GANYMÈDE 2014

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	"	"
Déc.	29	23	-346.323	49.823	Mai	4	4	259.472	-35.515	Sept.	6	21	-229.944	74.452
Janv.	2	13	347.213	-48.695		7	18	-256.798	36.300		10	12	231.206	-75.963
	6	3	-347.136	47.591		11	8	254.693	-37.129		14	2	-231.865	77.184
	9	16	347.211	-45.949		14	22	-252.101	37.952		17	16	233.216	-78.572
	13	6	-346.621	44.788		18	13	250.297	-39.118		21	6	-234.163	79.845
	16	20	345.942	-43.472		22	3	-247.856	39.979		24	20	235.644	-81.240
	20	9	-344.748	41.913		25	17	246.311	-40.937		28	10	-236.817	82.543
	23	23	343.439	-40.623		29	7	-244.028	41.837	Oct.	2	1	238.563	-84.073
	27	12	-341.561	39.096	Juin	1	21	242.645	-42.834		5	15	-239.932	85.388
	31	2	339.779	-37.897		5	11	-240.595	43.774		9	5	241.919	-86.870
Févr.	3	16	-337.257	36.832		9	2	239.365	-45.037		12	19	-243.431	88.183
	7	6	335.046	-35.769		12	16	-237.578	46.015		16	9	245.635	-89.693
	10	19	-332.068	34.476		16	6	236.492	-47.067		19	23	-247.381	91.033
	14	9	329.546	-33.579		19	20	-234.890	48.064		23	13	249.730	-92.539
	17	23	-326.132	32.827		23	11	233.998	-49.370		27	3	-251.754	93.918
	21	13	323.308	-32.110		27	1	-232.567	50.382		30	18	254.262	-95.464
	25	2	-319.777	31.198		30	15	231.949	-51.517	Nov.	3	7	-256.559	96.830
	28	16	316.642	-30.666	Juill.	4	5	-230.586	52.521		6	22	259.138	-98.324
Mars	4	6	-313.033	30.316		7	20	230.197	-53.892		10	11	-261.697	99.721
	7	20	309.742	-29.979		11	10	-229.001	54.907		14	2	264.406	-101.177
	11	10	-306.081	29.812		15	0	228.854	-56.113		17	15	-267.144	102.565
	15	0	302.740	-29.668		18	14	-227.821	57.143		21	6	269.986	-103.975
	18	13	-299.091	29.336		22	5	227.793	-58.540		24	19	-272.872	105.332
	22	4	295.834	-29.712		25	19	-227.023	59.604		28	9	275.838	-106.679
	25	17	-292.170	29.538		29	9	227.131	-60.832	Déc.	1	23	-278.768	107.960
	29	7	289.074	-29.750	Août	1	23	-226.602	61.928		5	13	281.835	-109.239
Avril	1	21	-285.458	30.050		5	13	226.813	-63.161		9	3	-284.803	110.418
	5	11	282.529	-30.405		9	4	-226.494	64.436		12	17	287.827	-111.563
	9	1	-279.013	30.834		12	18	226.956	-65.713		16	7	-290.796	112.617
	12	16	276.235	-31.619		16	8	-226.796	66.838		19	21	293.688	-113.585
	16	5	-272.932	31.857		19	22	227.450	-68.144		23	10	-296.751	114.564
	19	20	270.255	-32.733		23	12	-227.388	69.263		27	0	299.358	-115.291
	23	10	-267.187	33.375		27	3	228.345	-70.766		30	14	-302.273	116.058
	27	0	264.670	-34.042		30	17	-228.487	71.905	Janv.	3	4	304.604	-116.545
	30	14	-261.822	34.764	Sept.	3	7	229.577	-73.280		6	17	-307.326	117.132

CALLISTO 2014

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	"	"
Déc. 30 19	614.086	-87.394	Mai 13 8	448.714	-66.244	Sept. 25 4	417.354	-142.354
Janv. 8 1	-606.515	80.900	21 17	-433.819	68.960	Oct. 3 13	-418.927	146.407
16 9	613.071	-76.594	30 4	431.878	-73.991	12 0	430.477	-153.712
24 15	-599.123	69.836	Juin 7 13	-419.114	77.007	20 9	-434.239	157.942
Févr. 1 23	599.702	-65.696	16 0	418.897	-82.460	28 19	447.747	-165.419
10 6	-581.019	60.222	24 10	-408.179	85.793	Nov. 6 3	-453.315	169.611
18 14	577.090	-57.353	Juill. 2 21	409.443	-91.534	14 14	468.764	-177.145
26 21	-555.680	53.660	11 7	-400.911	95.009	22 21	-475.758	181.061
Mars 7 6	549.623	-52.797	19 18	403.655	-100.988	Déc. 1 7	492.482	-188.219
15 14	-527.526	51.211	28 3	-397.084	104.435	9 14	-500.196	191.413
23 23	520.848	-52.068	Août 5 14	401.529	-110.698	18 0	517.243	-197.593
Avril 1 8	-499.785	52.299	14 0	-396.891	114.345	26 6	-524.045	199.314
9 17	493.575	-54.576	22 11	402.909	-120.837	Janv. 3 15	540.134	-203.910
18 2	-474.270	55.984	30 21	-400.440	124.656	11 21	-544.226	203.400
26 12	469.409	-59.546	Sept. 8 8	408.138	-131.394			
Mai 4 21	-452.112	61.735	16 17	-407.653	135.279			

SATELLITES DE SATURNE

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

MIMAS	II. 120
ENCELADE	II. 126
TÉTHYS	II. 130
DIONÉ	II. 133
RHÉA	II. 135
TITAN	II. 136
HYPÉRIION	II. 137
JAPET	II. 137

MIMAS 2014

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	"	"
Déc.	31 19	-24.714	-0.848	Janv.	22 0	24.724	1.310	Févr.	12 5	-26.100	-0.309
Janv.	1 7	23.921	-0.493		22 12	-25.225	1.191		12 17	25.767	-0.909
	1 18	-24.794	0.101		22 23	24.893	0.267		13 4	-26.120	0.803
	2 5	23.981	1.115		23 10	-25.417	-0.470		13 15	25.906	0.887
	2 17	-24.614	1.056		23 22	24.779	-0.784		14 2	-26.030	-0.976
	3 4	24.088	0.141		24 9	-25.435	0.567		14 14	25.992	-0.235
	3 15	-24.837	-0.499		24 20	24.931	0.930		15 1	-26.230	0.141
	4 3	23.918	-0.840		25 7	-25.346	-1.106		15 12	25.834	1.566
	4 14	-24.826	0.463		25 19	24.999	-0.126		16 0	-26.139	1.262
	5 1	24.138	0.782		26 6	-25.538	-0.065		16 11	26.103	0.444
	5 12	-24.774	-1.104		26 17	24.854	1.593		16 22	-26.230	-0.530
	6 0	24.150	-0.205		27 5	-25.454	0.983		17 10	26.078	-0.687
	6 11	-24.931	-0.139		27 16	25.105	0.538		17 21	-26.319	0.599
	6 22	24.072	1.424		28 3	-25.532	-0.705		18 8	26.101	1.125
	7 10	-24.826	0.834		28 15	25.070	-0.530		18 19	-26.116	-1.204
	7 21	24.266	0.437		29 2	-25.622	0.350		19 7	26.260	-0.009
	8 8	-24.930	-0.747		29 13	25.096	1.204		19 18	-26.387	-0.073
	8 20	24.183	-0.561		30 1	-25.435	1.407		20 6	26.120	-1.148
	9 7	-24.994	0.231		30 12	25.245	0.134		20 17	-26.363	1.065
	9 18	24.266	1.083		30 23	-25.682	-0.293		21 4	26.328	0.674
	10 5	-24.820	-1.359		31 11	25.105	-0.943		21 15	-26.344	-0.751
	10 17	24.365	0.082		31 22	-25.669	0.774		22 3	26.373	-0.471
	11 4	-25.055	-0.380	Févr.	1 9	25.304	0.803		22 14	-26.502	0.393
	11 16	24.185	-0.926		1 20	-25.632	-0.941		23 1	26.285	1.357
	12 3	-25.023	0.611		2 8	25.348	-0.279		23 13	-26.362	1.539
	12 14	24.431	0.731		2 19	-25.796	0.131		24 0	26.513	0.211
	13 1	-25.008	-0.996		3 6	25.250	1.473		24 11	-26.528	-0.287
	13 13	24.433	-0.283		3 18	-25.678	1.207		24 23	26.442	-0.942
	14 0	-25.148	-0.002		4 5	25.477	0.391		25 10	-26.571	0.868
	14 11	24.382	1.382		4 16	-25.813	-0.520		25 21	26.541	0.896
	14 23	-25.020	1.000		5 4	25.414	-0.702		26 8	-26.441	-0.972
	15 10	24.566	0.367		5 15	-25.871	0.564		26 20	26.654	-0.261
	15 21	-25.165	-0.622		6 2	25.492	1.064		27 7	-26.668	0.187
	16 9	24.470	-0.658		6 13	-25.719	-1.176		27 19	26.465	-1.420
	16 20	-25.208	0.386		7 1	25.613	-0.032		28 6	-26.593	1.349
	17 7	24.584	1.022		7 12	-25.955	-0.089		28 17	26.753	0.424
	17 18	-25.074	-1.246		8 0	25.442	-1.134	Mars	1 4	-26.652	-0.501
	18 6	24.670	-0.007		8 11	-25.906	1.006		1 16	26.748	-0.742
	18 17	-25.289	-0.236		8 22	25.697	0.642		2 3	-26.762	0.668
	19 4	24.486	1.677		9 9	-25.929	-0.748		2 14	26.740	1.110
	19 16	-25.234	0.784		9 21	25.710	-0.466		3 2	-26.567	1.835
	20 3	24.755	0.650		10 8	-26.058	0.353		3 13	26.919	-0.058
	20 14	-25.262	-0.864		10 19	25.668	1.318		4 0	-26.818	-0.022
	21 2	24.741	-0.391		11 7	-25.900	1.457		4 12	26.795	-1.229
	21 13	-25.380	0.161		11 18	25.865	0.209		4 23	-26.808	1.155

MIMAS 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
Mars	5 10	26.977	0.629	Mars	26 15	-27.551	0.873	Avril	16 20	28.870	-0.984
	5 21	-26.759	-0.717		27 2	27.979	0.854		17 7	-28.026	0.567
	6 9	27.037	-0.547		27 14	-27.346	2.095		17 18	28.702	0.920
	6 20	-26.935	0.466		28 1	28.150	-0.361		18 6	-27.924	1.810
	7 7	26.924	1.316		28 12	-27.586	0.156		18 17	28.944	-0.303
	7 19	-26.804	1.648		29 0	28.006	-1.572		19 4	-27.962	-0.165
	8 6	27.167	0.139		29 11	-27.573	1.388		19 16	28.866	-1.521
	8 17	-26.949	-0.231		29 22	28.196	0.327		20 3	-28.059	1.084
	9 5	27.106	-1.044		30 9	-27.502	-0.566		20 14	28.906	0.379
	9 16	-27.004	0.960		30 21	28.236	-0.890		21 2	-27.818	2.319
10 3	27.186	0.827	31 8	-27.684	0.671	21 13	29.012	-0.843			
10 14	-26.847	-0.932	31 19	28.130	1.014	22 0	-28.073	0.353			
11 2	27.308	-0.360	Avril	1 7	-27.538	1.902	22 12	28.797	-2.053		
11 13	-27.090	0.263		1 18	28.355	-0.204	22 23	-28.031	1.597		
12 1	27.123	-1.545		2 5	-27.675	-0.051	23 10	29.047	-0.162		
12 12	-27.020	1.459		2 17	28.263	-1.421	23 21	-27.964	-0.380		
12 23	27.399	0.328	3 4	-27.724	1.188	24 9	29.016	-1.379			
13 10	-27.061	-0.441	3 15	28.362	0.483	24 20	-28.123	0.868			
13 22	27.398	-0.864	4 2	-27.547	-0.776	25 7	28.970	0.516			
14 9	-27.180	0.763	4 14	28.454	-0.738	25 19	-27.942	2.104			
14 20	27.378	1.017	5 1	-27.792	0.466	26 6	29.123	-0.702			
15 8	-26.985	1.962	5 12	28.257	1.169	26 17	-28.091	0.136			
15 19	27.561	-0.178	6 0	-27.707	1.705	27 5	28.955	-1.911			
16 6	-27.225	0.058	6 11	28.534	-0.052	27 16	-28.110	1.379			
16 18	27.435	-1.374	6 22	-27.741	-0.260	28 3	29.118	-0.024			
17 5	-27.218	1.267	7 10	28.494	-1.273	28 14	-27.936	-0.597			
17 16	27.612	0.510	7 21	-27.851	0.985	29 2	29.134	-1.237			
18 3	-27.153	-0.652	8 8	28.502	0.634	29 13	-28.157	0.648			
18 15	27.670	-0.691	8 20	-27.630	2.219	30 0	29.001	0.652			
19 2	-27.337	0.562	9 7	28.646	-0.589	30 12	-28.037	1.884			
19 13	27.552	1.199	9 18	-27.876	0.259	Mai	30 23	29.201	-0.562		
20 1	-27.203	1.774	10 6	28.471	-1.806		1 10	-28.080	-0.084		
20 12	27.794	-0.003	10 17	-27.850	1.503		1 22	29.080	-1.767		
20 23	-27.339	-0.149	11 4	28.687	0.096		2 9	-28.162	1.156		
21 11	27.725	-1.208	11 15	-27.779	-0.471		2 20	29.156	0.114		
21 22	-27.396	1.071	12 3	28.696	-1.127	3 8	-27.902	2.380			
22 9	27.806	0.686	12 14	-27.952	0.778	3 19	29.219	-1.094			
22 20	-27.224	-0.864	13 1	28.616	0.779	4 6	-28.162	0.425			
23 8	27.921	-0.523	13 13	-27.789	2.018	4 17	28.998	0.787			
23 19	-27.473	0.360	14 0	28.810	-0.445	5 5	-28.104	1.657			
24 7	27.723	-1.728	14 11	-27.933	0.048	5 16	29.245	-0.420			
24 18	-27.399	1.583	14 23	28.684	-1.663	6 3	-28.039	-0.307			
25 5	28.006	0.165	15 10	-27.968	1.296	6 15	29.171	-1.620			
25 16	-27.432	-0.357	15 21	28.812	0.238	7 2	-28.183	0.928			
26 4	27.992	-1.046	16 8	-27.792	-0.682	7 13	29.159	0.253			

MIMAS 2014

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	"	"	
Mai	8	1	-27.986	2.149	Mai	29	5	28.938	0.326	Juin	19	10	-27.415	-0.133	
	8	12	29.269	-0.949		29	17	-27.924	1.631		19	22	28.288	-2.252	
	8	23	-28.137	0.197		30	4	29.107	-0.828		20	9	-27.502	0.980	
	9	11	29.058	-2.137		30	15	-27.834	-0.263		20	20	28.412	-0.531	
	9	22	-28.142	1.425		31	3	28.960	-1.968		21	8	-27.264	2.075	
	10	9	29.254	-0.277		Juin	31	14	-27.966		0.916	21	19	28.367	-1.609
	10	20	-27.967	-0.532			1	1	28.995		-0.168	22	6	-27.416	0.288
	11	8	29.228	-1.470			1	13	-27.762		2.079	22	17	28.191	0.115
	11	19	-28.174	0.696			2	0	29.032		-1.311	23	5	-27.379	1.387
	12	6	29.128	0.393			2	11	-27.882		0.202	23	16	28.331	-0.963
12	18	-28.040	1.913	2	22		28.769	0.488	24	3	-27.204	-0.399			
13	5	29.285	-0.801	3	10		-27.881	1.369	24	15	28.164	-2.025			
13	16	-28.081	-0.032	3	21		28.990	-0.653	25	2	-27.367	0.699			
14	4	29.121	-1.983	4	8		-27.672	-0.508	25	13	28.179	-0.317			
14	15	-28.151	1.188	4	20		28.897	-1.781	26	1	-27.207	1.781			
15	2	29.229	-0.132	5	7	-27.873	0.657	26	12	28.197	-1.383				
15	14	-27.878	2.390	5	18	28.834	0.004	26	23	-27.228	0.014				
16	1	29.249	-1.317	6	6	-27.739	1.809	27	10	27.911	0.325				
16	12	-28.136	0.461	6	17	28.925	-1.126	27	22	-27.268	1.098				
16	23	29.060	0.535	7	4	-27.739	-0.052	28	9	28.114	-0.739				
17	11	-28.067	1.671	7	16	28.703	-2.239	28	21	-26.989	2.163				
17	22	29.265	-0.650	8	3	-27.808	1.102	29	8	28.012	-1.790				
18	9	-27.995	-0.265	8	14	28.840	-0.471	29	19	-27.203	0.416				
18	21	29.150	-1.823	9	2	-27.544	2.237	30	6	27.915	-0.097				
19	8	-28.129	0.947	9	13	28.802	-1.588	30	18	-27.123	1.486				
19	19	29.167	0.017	10	0	-27.750	0.396	Juill.	1	5	27.998	-1.149			
20	7	-27.923	2.143	10	11	28.640	0.182		1	16	-27.013	-0.262			
20	18	29.237	-1.159	10	23	-27.689	1.536		2	4	27.779	-2.183			
21	5	-28.066	0.222	11	10	28.786	-0.935		2	15	-27.131	0.808			
21	17	28.987	-2.318	11	21	-27.565	-0.307		3	2	27.868	-0.507			
22	4	-28.063	1.423	12	9	28.621	-2.037	3	14	-26.933	1.861				
22	15	29.210	-0.494	12	20	-27.706	0.833	4	1	27.834	-1.546				
23	2	-27.877	-0.500	13	7	28.656	-0.283	4	12	-27.013	0.132				
23	14	29.145	-1.658	13	19	-27.517	1.957	4	23	27.622	0.132				
24	1	-28.077	0.701	14	6	28.675	-1.388	5	11	-27.012	1.188				
24	12	29.070	0.170	14	17	-27.597	0.132	5	22	27.773	-0.906				
25	0	-27.938	1.889	15	4	28.411	0.366	6	9	-26.769	-0.537				
25	11	29.189	-0.996	15	16	-27.610	1.259	6	21	27.623	-1.930				
25	22	-27.966	-0.019	16	3	28.615	-0.737	7	8	-26.966	0.516				
26	10	28.990	-2.146	16	14	-27.362	-0.563	7	19	27.595	-0.268				
26	21	-28.029	1.172	17	2	28.508	-1.827	8	7	-26.850	1.557				
27	8	29.120	-0.334	17	13	-27.576	0.562	8	18	27.630	-1.294				
27	20	-27.755	2.344	18	0	28.440	-0.088	9	5	-26.794	-0.152				
28	7	29.105	-1.488	18	12	-27.462	1.674	9	17	27.368	-2.301				
28	18	-27.995	0.453	18	23	28.518	-1.179	10	4	-26.875	0.889				

MIMAS 2014

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	"	"
Juill.	10	15	27.521	-0.657	Juill.	31	20	-26.053	0.027	Août	22	1	25.330	-0.555
	11	3	-26.645	1.914	Août	1	7	26.237	0.073		22	13	-25.189	1.544
	11	14	27.443	-1.669		1	19	-26.058	0.991		23	0	25.235	-1.463
	12	1	-26.774	0.224		2	6	26.360	-0.885		23	11	-25.300	0.024
	12	12	27.295	-0.021		2	17	-25.806	-0.607		23	22	25.120	0.066
	13	0	-26.741	1.252		3	5	26.197	-1.830		24	10	-25.276	0.931
	13	11	27.401	-1.035		3	16	-25.999	0.355		24	21	25.207	-0.844
	13	22	-26.550	-0.436		4	3	26.182	-0.258		25	8	-25.086	-0.588
	14	10	27.211	-2.032		4	15	-25.903	1.307		25	20	25.020	-1.743
	14	21	-26.712	0.590		5	2	26.203	-1.207		26	7	-25.243	0.317
	15	8	27.242	-0.400		5	13	-25.819	-0.278		26	18	25.060	-0.224
	15	20	-26.567	1.603		6	1	25.941	-2.138		27	6	-25.126	1.216
	16	7	27.237	-1.401		6	12	-25.910	0.674		27	17	25.055	-1.128
	16	18	-26.558	-0.068		6	23	26.091	-0.582		28	4	-25.092	-0.295
	17	5	26.967	0.233		7	11	-25.714	1.614		28	15	24.794	0.397
	17	17	-26.607	0.946		7	22	26.012	-1.520		29	3	-25.156	0.605
	18	4	27.147	-0.768		8	9	-25.796	0.043		29	14	24.971	-0.508
	18	16	-26.353	1.943		8	20	25.860	0.043		30	2	-24.949	1.495
	19	3	27.032	-1.756		9	8	-25.787	0.986		30	13	24.875	-1.405
	19	14	-26.523	0.290		9	19	25.965	-0.897		31	0	-25.068	-0.006
	20	1	26.938	-0.135		10	6	-25.562	-0.583		31	11	24.768	0.112
	20	13	-26.462	1.291		10	18	25.788	-1.823		31	23	-25.040	0.888
	21	0	27.009	-1.126		11	5	-25.739	0.357	Sept.	1	10	24.854	-0.787
	21	11	-26.315	-0.360		11	16	25.799	-0.273		1	21	-24.863	-0.612
	21	23	26.788	-2.099		12	4	-25.632	1.289		2	9	24.668	-1.677
	22	10	-26.447	0.640		12	15	25.806	-1.204		2	20	-25.014	0.280
	22	21	26.868	-0.494		13	2	-25.570	-0.268		3	7	24.714	-0.167
	23	9	-26.279	1.626		13	14	25.533	-2.118		3	19	-24.897	1.166
	23	20	26.831	-1.472		14	1	-25.648	0.664		4	6	24.710	-1.062
	24	7	-26.308	-0.009		14	12	25.705	-0.581		4	17	-24.870	-0.327
	24	18	26.609	0.136		15	0	-25.445	1.585		5	4	24.454	0.453
	25	6	-26.333	0.979		15	11	25.615	-1.503		5	16	-24.931	0.560
	25	17	26.757	-0.843		15	22	-25.544	0.041		6	3	24.633	-0.442
	26	5	-26.059	1.950		16	9	25.485	0.042		6	15	-24.726	1.439
	26	16	26.615	-1.808		16	21	-25.526	0.965		7	2	24.540	-1.331
	27	3	-26.262	0.333		17	8	25.579	-0.882		7	13	-24.849	-0.045
	27	14	26.564	-0.214		17	19	-25.321	-0.578		8	0	24.436	0.178
	28	2	-26.181	1.309		18	7	25.394	-1.794		8	12	-24.822	0.837
	28	13	26.607	-1.182		18	18	-25.486	0.344		8	23	24.525	-0.714
	29	0	-26.069	-0.309		19	5	25.423	-0.260		9	10	-24.652	-0.648
	29	12	26.361	-2.133		19	17	-25.372	1.258		9	22	24.345	-1.597
	29	23	-26.178	0.667		20	4	25.422	-1.176		10	9	-24.800	0.234
	30	10	26.481	-0.554		20	15	-25.327	-0.274		10	20	24.390	-0.094
	30	22	-25.994	1.629		21	2	25.149	0.361		11	8	-24.685	1.111
	31	9	26.419	-1.511		21	14	-25.396	0.641		11	19	24.391	-0.982

MIMAS 2014

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	6	-24.664	-0.369	Oct.	3	11	23.574	0.194	Oct.	24	16	-23.790	-0.938
	12	17	24.135	0.526		3	23	-24.174	0.942		25	4	23.059	-1.019
	13	5	-24.724	0.509		4	10	23.608	-0.691		25	15	-23.950	-0.059
	13	16	24.318	-0.363		4	21	-24.156	-0.520		26	2	23.038	0.520
	14	4	-24.523	1.380		5	9	23.378	-1.570		26	14	-23.865	0.823
	14	15	24.232	-1.247		5	20	-24.224	0.348		27	1	23.116	-0.386
	15	2	-24.648	-0.092		6	7	23.542	-0.066		27	12	-23.847	-0.658
	15	13	24.125	0.259		6	19	-24.040	1.212		28	0	22.933	-1.290
	16	1	-24.622	0.783		7	6	23.492	-0.951		28	11	-23.927	0.226
	16	12	24.221	-0.628		7	17	-24.162	-0.248		28	22	23.054	0.253
	16	23	-24.458	-0.691		8	4	23.357	0.562		29	10	-23.761	1.110
	17	11	24.049	-1.508		8	16	-24.147	0.620		29	21	23.050	-0.657
	17	22	-24.605	0.183		9	3	23.487	-0.326		30	8	-23.881	-0.374
	18	9	24.090	-0.007		9	14	-23.989	-0.844		30	19	22.873	0.893
	18	21	-24.494	1.053		10	2	23.355	-1.212		31	7	-23.880	0.514
	19	8	24.100	-0.892		10	13	-24.143	0.025		Nov.	31	18	23.048
19	19	-24.474	-0.416	11	0	23.363	0.302	1	5	-23.727		-0.975		
20	7	23.843	-1.766	11	12	-24.047	0.894	1	17	22.962		-0.932		
20	18	-24.536	0.456	11	23	23.410	-0.587	2	4	-23.891		-0.086		
21	5	24.030	-0.271	12	10	-24.029	-0.572	2	15	22.927		0.624		
21	17	-24.340	1.321	12	22	23.195	-1.472	3	3	-23.809		0.806		
22	4	23.954	-1.153	13	9	-24.101	0.299	3	14	23.021	-0.293			
22	15	-24.465	-0.143	13	20	23.346	0.042	4	1	-23.794	-0.689			
23	2	23.841	0.352	14	8	-23.924	1.168	4	13	22.854	-1.210			
23	14	-24.442	0.726	14	19	23.310	-0.850	5	0	-23.877	0.206			
24	1	23.946	-0.533	15	6	-24.044	-0.297	5	11	22.960	0.351			
24	12	-24.281	-0.740	15	17	23.162	0.672	5	23	-23.715	1.102			
25	0	23.786	-1.412	16	5	-24.034	0.575	6	10	22.972	-0.572			
25	11	-24.429	0.129	16	16	23.306	-0.221	6	21	-23.837	-0.397			
25	22	23.818	0.090	17	3	-23.878	-0.893	7	8	22.781	0.997			
26	10	-24.323	0.996	17	15	23.189	-1.113	7	20	-23.839	0.503			
26	21	23.838	-0.794	18	2	-24.035	-0.021	8	7	22.972	0.074			
27	8	-24.304	-0.468	18	13	23.183	0.412	8	18	-23.690	-1.002			
27	20	23.594	-1.669	19	1	-23.944	0.853	9	6	22.902	-0.854			
28	7	-24.369	0.400	19	12	23.246	-0.485	9	17	-23.856	-0.101			
28	18	23.771	-0.171	19	23	-23.926	-0.618	10	4	22.853	0.722			
29	6	-24.179	1.264	20	11	23.047	-1.378	10	16	-23.778	0.804			
29	17	23.707	-1.053	20	22	-24.002	0.258	11	3	22.962	-0.209			
30	4	-24.302	-0.196	21	9	23.182	0.149	11	14	-23.767	-0.708			
30	15	23.584	0.453	21	21	-23.831	1.133	12	2	22.809	-1.141			
Oct.	1	3	-24.284	0.671	22	8	23.163	-0.751	12	13	-23.852	0.200		
	1	14	23.700	-0.431	22	19	-23.950	-0.340	13	0	22.903	0.441		
	2	1	-24.125	-0.792	23	6	23.000	0.784	13	12	-23.693	1.109		
	2	13	23.553	-1.312	23	18	-23.945	0.539	13	23	22.930	-0.496		
	3	0	-24.275	0.076	24	5	23.160	-0.117	14	10	-23.819	-0.408		

MIMAS 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Date	X	Y	Date	X	Y
Mois j h	"	"	Mois j h	"	"	Mois j h	"	"
Nov. 14 21	22.726	1.093	Déc. 1 21	22.931	-0.701	Déc. 18 20	23.211	-0.005
15 9	-23.824	0.507	2 8	-23.909	-0.051	19 7	-24.031	-0.559
15 20	22.931	0.155	2 19	22.854	0.949	19 19	23.109	-1.035
16 7	-23.680	-1.017	3 7	-23.831	0.906	20 6	-24.107	0.447
16 19	22.876	-0.788	3 18	23.001	-0.034	20 17	23.180	0.682
17 6	-23.848	-0.102	4 5	-23.845	-0.675	21 5	-23.934	1.452
17 17	22.815	0.810	4 17	22.886	-1.022	21 16	23.256	-0.354
18 5	-23.772	0.819	5 4	-23.930	0.286	22 3	-24.125	-0.194
18 16	22.938	-0.136	5 15	22.955	0.637	22 15	23.066	-1.392
19 3	-23.766	-0.713	6 3	-23.770	1.249	23 2	-24.115	0.820
19 15	22.800	-1.085	6 14	23.018	-0.355	23 13	23.288	0.334
20 2	-23.853	0.210	7 1	-23.924	-0.339	24 0	-24.037	-0.840
20 13	22.883	0.521	7 13	22.818	-1.349	24 12	23.276	-0.712
21 1	-23.695	1.135	8 0	-23.926	0.630	24 23	-24.192	0.179
21 12	22.923	-0.433	8 11	23.033	0.318	25 10	23.204	1.025
21 23	-23.827	-0.403	8 22	-23.813	-0.968	25 22	-24.095	1.202
22 10	22.710	1.179	9 10	23.011	-0.683	26 9	23.371	-0.023
22 22	-23.833	0.528	9 21	-23.978	0.004	26 20	-24.163	-0.469
23 9	22.928	0.225	10 8	22.932	0.994	27 8	23.270	-1.077
23 20	-23.697	-1.018	10 20	-23.897	0.981	27 19	-24.231	0.561
24 8	22.886	-0.736	11 7	23.088	-0.009	28 6	23.350	0.671
24 19	-23.865	-0.086	11 18	-23.925	-0.627	28 18	-24.047	1.590
25 6	22.816	0.887	12 6	22.981	-1.018	29 5	23.428	-0.388
25 18	-23.789	0.852	12 17	-24.007	0.355	29 16	-24.263	-0.088
26 5	22.952	-0.077	13 4	23.048	0.670	30 4	23.238	-1.449
26 16	-23.792	-0.703	13 16	-23.841	1.339	30 15	-24.243	0.951
27 4	22.826	-1.045	14 3	23.119	-0.344	31 2	23.470	0.307
27 15	-23.879	0.238	14 14	-24.012	-0.278	31 13	-24.189	-0.742
28 2	22.900	0.587	15 2	22.926	-1.359	Janv. 1 1	23.459	-0.762
28 14	-23.721	1.181	15 13	-24.009	0.714	1 12	-24.334	0.302
29 1	22.952	-0.386	16 0	23.142	0.337	1 23	23.398	1.007
29 12	-23.863	-0.381	16 11	-23.911	-0.914	2 11	-24.225	1.349
30 0	22.743	-1.359	16 23	23.126	-0.686	2 22	23.565	-0.066
30 11	-23.868	0.569	17 10	-24.073	0.080	3 9	-24.321	-0.355
30 22	22.962	0.280	17 21	23.048	1.021	3 21	23.464	-1.143
Déc. 1 9	-23.741	-1.002	18 9	-23.985	1.080	4 8	-24.377	0.700

ENCELADE 2014

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	"	"
Déc.	31 13	-31.270	-0.104	Janv.	31 9	32.655	-0.091	Mars	3 5	-34.484	0.104
Janv.	1 6	31.227	-1.359	Févr.	1 2	-32.736	1.200		3 22	34.337	-1.749
	1 22	-31.344	0.141		1 18	32.751	-0.364		4 14	-34.584	0.403
	2 15	31.227	-1.608		2 11	-32.767	1.474		5 6	34.366	0.492
	3 7	-31.405	0.388		3 3	32.833	-0.639		5 23	-34.667	0.705
	3 23	31.321	0.404		3 20	-32.782	1.751		6 15	34.507	0.193
	4 16	-31.455	0.637		4 12	32.902	-0.914		7 8	-34.730	1.007
	5 8	31.419	0.157		5 4	-32.915	-0.386		8 0	34.628	-0.110
	6 1	-31.492	0.884		5 21	32.954	-1.192		8 17	-34.777	1.311
	6 17	31.505	-0.092		6 13	-33.037	-0.110		9 9	34.731	-0.414
	7 10	-31.518	1.136		7 6	32.992	-1.471		10 2	-34.804	1.615
	8 2	31.579	-0.343		7 22	-33.143	0.167		10 18	34.816	-0.719
	8 19	-31.532	1.389		8 15	33.014	-1.752		11 10	-34.825	-0.635
	9 11	31.640	-0.596		9 7	-33.236	0.447		12 3	34.881	-1.023
	10 3	-31.565	-0.647		9 23	33.084	0.410		12 19	-34.966	-0.330
	10 20	31.691	-0.847		10 16	-33.313	0.728		13 12	34.928	-1.331
	11 12	-31.676	-0.396		11 8	33.214	0.130		14 4	-35.090	-0.024
	12 5	31.728	-1.103		12 1	-33.375	1.011		14 21	34.956	-1.638
	12 21	-31.777	-0.143		12 17	33.328	-0.152		15 13	-35.194	0.284
	13 14	31.752	-1.360		13 10	-33.421	1.295		16 6	34.965	-1.947
	14 6	-31.865	0.112		14 2	33.428	-0.437		16 22	-35.279	0.590
	14 23	31.764	-1.619		14 19	-33.453	1.578		17 14	35.068	0.324
	15 15	-31.943	0.368		15 11	33.510	-0.722		18 7	-35.345	0.901
	16 7	31.829	0.444		16 3	-33.490	-0.599		18 23	35.192	0.014
	17 0	-32.007	0.627		16 20	33.578	-1.010		19 16	-35.391	1.212
	17 16	31.941	0.186		17 12	-33.629	-0.314		20 8	35.297	-0.297
	18 9	-32.058	0.888		18 5	33.630	-1.299		21 1	-35.418	1.523
	19 1	32.041	-0.073		18 21	-33.752	-0.027		21 17	35.384	-0.608
	19 18	-32.095	1.150		19 14	33.667	-1.588		22 10	-35.423	1.835
	20 10	32.129	-0.334		20 6	-33.858	0.261		23 2	35.449	-0.921
	21 3	-32.118	1.412		20 23	33.686	-1.879		23 18	-35.526	-0.440
	21 19	32.203	-0.598		21 15	-33.949	0.552		24 11	35.494	-1.235
	22 11	-32.131	-0.673		22 7	33.790	0.324		25 3	-35.649	-0.127
	23 4	32.264	-0.863		23 0	-34.024	0.844		25 20	35.518	-1.550
	23 20	-32.258	-0.411		23 16	33.919	0.032		26 12	-35.754	0.186
	24 13	32.311	-1.129		24 9	-34.083	1.138		27 5	35.520	-1.863
	25 5	-32.372	-0.147		25 1	34.031	-0.259		27 21	-35.836	0.502
	25 22	32.345	-1.395		25 18	-34.124	1.433		28 13	35.578	0.433
	26 14	-32.471	0.119		26 10	34.127	-0.554		29 6	-35.898	0.818
	27 7	32.365	-1.664		27 3	-34.148	1.729		29 22	35.700	0.117
	27 23	-32.558	0.387		27 19	34.206	-0.851		30 15	-35.939	1.135
	28 15	32.423	0.448		28 11	-34.230	-0.488		31 7	35.803	-0.200
	29 8	-32.631	0.657	Mars	1 4	34.268	-1.149	Avril	1 0	-35.958	1.449
	30 0	32.547	0.179		1 20	-34.365	-0.194		1 16	35.882	-0.519
	30 17	-32.691	0.926		2 13	34.311	-1.448		2 9	-35.957	1.766

ENCELADE 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
Avril	3	1	35.942	-0.837	Mai	3	21	-36.901	1.273	Juin	3	16	36.283	0.596
	3	17	-36.023	-0.526		4	13	36.723	-0.306		4	9	-36.640	0.693
	4	10	35.979	-1.156		5	6	-36.854	1.590		5	1	36.296	0.295
	5	2	-36.140	-0.207		5	22	36.739	-0.623		5	18	-36.568	0.992
	5	19	35.996	-1.473		6	14	-36.845	-0.697		6	10	36.290	-0.007
	6	11	-36.234	0.112		7	7	36.732	-0.941		7	3	-36.476	1.289
	7	4	35.990	-1.792		7	23	-36.917	-0.378		7	19	36.261	-0.307
	7	20	-36.308	0.431		8	16	36.702	-1.258		8	12	-36.363	1.584
	8	12	36.013	0.519		9	8	-36.966	-0.060		9	4	36.213	-0.606
	9	5	-36.360	0.751		10	1	36.648	-1.573		9	20	-36.386	-0.625
9	21	36.126	0.198	10	17	-36.994	0.255	10	13	36.141	-0.902			
10	14	-36.393	1.069	11	9	36.587	0.724	11	5	-36.390	-0.327			
11	6	36.216	-0.121	12	2	-36.998	0.572	11	22	36.050	-1.196			
11	23	-36.401	1.389	12	18	36.656	0.407	12	14	-36.372	-0.030			
12	15	36.286	-0.443	13	11	-36.978	0.887	13	7	35.937	-1.487			
13	8	-36.387	1.708	14	3	36.701	0.090	13	23	-36.334	0.265			
14	0	36.334	-0.764	14	20	-36.935	1.201	14	15	35.889	0.726			
14	16	-36.425	-0.591	15	12	36.724	-0.225	15	8	-36.274	0.557			
15	9	36.361	-1.084	16	5	-36.868	1.512	16	0	35.895	0.431			
16	1	-36.529	-0.272	16	21	36.724	-0.539	16	17	-36.195	0.847			
16	18	36.364	-1.406	17	13	-36.833	-0.756	17	9	35.880	0.139			
17	10	-36.612	0.050	18	6	36.700	-0.853	18	2	-36.096	1.136			
18	3	36.344	-1.726	18	22	-36.887	-0.442	18	18	35.845	-0.153			
18	19	-36.673	0.371	19	15	36.653	-1.164	19	11	-35.980	1.420			
19	11	36.338	0.589	20	7	-36.920	-0.129	20	3	35.788	-0.441			
20	4	-36.712	0.693	21	0	36.582	-1.471	20	19	-35.940	-0.751			
20	20	36.440	0.270	21	16	-36.929	0.184	21	12	35.713	-0.728			
21	13	-36.726	1.014	22	8	36.491	0.804	22	4	-35.936	-0.463			
22	5	36.519	-0.052	23	1	-36.915	0.494	22	21	35.618	-1.013			
22	22	-36.720	1.334	23	17	36.542	0.493	23	13	-35.913	-0.175			
23	14	36.574	-0.374	24	10	-36.879	0.803	24	6	35.505	-1.296			
24	7	-36.690	1.653	25	2	36.571	0.181	24	22	-35.869	0.108			
24	23	36.608	-0.696	25	19	-36.821	1.107	25	14	35.382	0.881			
25	15	-36.705	-0.647	26	11	36.576	-0.128	26	7	-35.807	0.392			
26	8	36.615	-1.016	27	4	-36.741	1.413	26	23	35.383	0.596			
27	0	-36.796	-0.325	27	20	36.560	-0.436	27	16	-35.726	0.673			
27	17	36.602	-1.336	28	12	-36.671	-0.829	28	8	35.365	0.312			
28	9	-36.863	-0.004	29	5	36.521	-0.743	29	1	-35.626	0.953			
29	2	36.566	-1.655	29	21	-36.709	-0.521	29	17	35.329	0.032			
29	18	-36.908	0.317	30	14	36.462	-1.045	30	10	-35.507	1.230			
30	10	36.536	0.657	31	6	-36.722	-0.216	Juill.	1	2	35.274	-0.248		
Mai	1	3	-36.927	0.636	31	23	36.379		-1.348	1	18	-35.390	-0.908	
	1	19	36.622	0.335	Juin	1	15		-36.716	0.089	2	11	35.200	-0.526
	2	12	-36.926	0.955		2	8		36.275	-1.647	3	3	-35.383	-0.629
	3	4	36.684	0.015		3	0		-36.688	0.392	3	20	35.107	-0.803

ENCELADE 2014

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.	5	1	30.440	-1.443	Nov.	4	4	29.865	0.236	Déc.	4	8	29.944	-0.367
	5	17	-30.812	0.463		4	21	-30.188	1.070		5	1	-30.153	1.736
	6	9	30.390	0.569		5	13	29.888	0.002		5	17	29.975	-0.612
	7	2	-30.767	0.694		6	6	-30.151	1.302		6	10	-30.124	1.979
	7	18	30.397	0.341		6	22	29.900	-0.230		7	2	29.994	-0.857
	8	11	-30.710	0.924		7	15	-30.103	1.536		7	18	-30.176	-0.108
	9	3	30.394	0.109		8	7	29.903	-0.465		8	11	30.006	-1.103
	9	20	-30.645	1.154		9	0	-30.046	1.769		9	3	-30.236	0.137
	10	12	30.380	-0.122		9	16	29.897	-0.699		9	20	30.007	-1.350
	11	5	-30.570	1.383		10	8	-30.072	-0.260		10	12	-30.285	0.384
	11	21	30.357	-0.353		11	1	29.882	-0.935		11	5	29.999	-1.598
	12	14	-30.487	1.611		11	17	-30.104	-0.028		11	21	-30.324	0.629
	13	6	30.322	-0.584		12	10	29.856	-1.171		12	14	29.980	-1.847
	13	22	-30.498	-0.384		13	2	-30.126	0.207		13	6	-30.353	0.877
	14	15	30.279	-0.815		13	19	29.821	-1.407		13	22	29.977	0.278
	15	7	-30.504	-0.155		14	11	-30.140	0.442		14	15	-30.373	1.125
	16	0	30.226	-1.046		15	4	29.777	-1.643		15	7	30.050	0.029
	16	16	-30.500	0.076		15	20	-30.143	0.678		16	0	-30.383	1.376
	17	9	30.165	-1.276		16	12	29.746	0.420		16	16	30.114	-0.218
	18	1	-30.485	0.305		17	5	-30.136	0.914		17	9	-30.381	1.626
	18	18	30.092	-1.507		17	21	29.792	0.183		18	1	30.167	-0.470
	19	10	-30.461	0.536		18	14	-30.121	1.151		18	18	-30.371	1.877
	20	2	30.050	0.515		19	6	29.828	-0.054		19	10	30.210	-0.722
	20	19	-30.428	0.766		19	23	-30.097	1.388		20	2	-30.351	-0.246
	21	11	30.068	0.284		20	15	29.855	-0.292		20	19	30.243	-0.976
	22	4	-30.386	0.997		21	8	-30.064	1.625		21	11	-30.433	0.004
	22	20	30.077	0.055		22	0	29.871	-0.529		22	4	30.263	-1.229
	23	13	-30.334	1.228		22	17	-30.020	1.863		22	20	-30.505	0.257
	24	5	30.077	-0.177		23	9	29.880	-0.768		23	13	30.275	-1.485
	24	22	-30.272	1.458		24	1	-30.056	-0.192		24	5	-30.566	0.512
	25	14	30.066	-0.409		24	18	29.878	-1.008		24	22	30.276	-1.741
26	7	-30.201	1.689	25	10	-30.102	0.046	25	14	-30.616	0.768			
26	23	30.046	-0.641	26	3	29.867	-1.249	26	7	30.269	-1.998			
27	15	-30.221	-0.322	26	19	-30.138	0.284	26	23	-30.655	1.023			
28	8	30.016	-0.874	27	12	29.845	-1.491	27	15	30.299	0.166			
29	0	-30.240	-0.091	28	4	-30.165	0.524	28	8	-30.685	1.280			
29	17	29.977	-1.106	28	21	29.814	-1.732	29	0	30.383	-0.091			
30	9	-30.248	0.140	29	13	-30.182	0.765	29	17	-30.704	1.539			
31	2	29.928	-1.339	30	5	29.792	0.359	30	9	30.458	-0.351			
31	18	-30.248	0.373	30	22	-30.190	1.007	31	2	-30.713	1.799			
Nov.	1	11	29.871	-1.570	Déc.	1	14	29.853	0.119	Janv.	31	18	30.521	-0.609
	2	3	-30.236	0.604		2	7	-30.186	1.249		1	11	-30.710	2.060
	2	19	29.833	0.468		2	23	29.904	-0.124					
	3	12	-30.217	0.837		3	16	-30.175	1.492					

TÉTHYS 2014

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	"	"
Déc.	31	16	-38.736	1.122	Févr.	12	4	41.218	-2.253	Mars	26	15	-44.173	1.741
Janv.	1	15	38.710	-1.829		13	2	-41.329	0.781		27	14	44.133	-2.570
	2	13	-38.804	0.458		14	1	41.412	-1.565		28	12	-44.272	1.034
	3	12	38.858	-1.170		15	0	-41.407	2.362		29	11	44.318	-1.868
	4	11	-38.854	1.899		15	22	41.529	-0.872		30	9	-44.293	0.325
	5	9	38.933	-0.501		16	21	-41.614	1.672	Avril	31	8	44.429	-1.160
	6	8	-39.010	1.237		17	20	41.587	-2.460		1	7	-44.470	2.022
	7	7	38.983	-1.950		18	18	-41.744	0.978		2	5	44.460	-0.451
	8	5	-39.092	0.569		19	17	41.800	-1.771		3	4	-44.588	1.317
	9	4	39.148	-1.286		20	15	-41.797	0.278		4	3	44.602	-2.152
	10	3	-39.133	2.028		21	14	41.937	-1.076		5	1	-44.630	0.608
	11	1	39.238	-0.616		22	13	-42.008	1.886		6	0	44.729	-1.448
	12	0	-39.304	1.360		23	11	41.997	-0.372		6	23	-44.727	2.307
	12	23	39.277	-2.085		24	10	-42.156	1.191		7	21	44.778	-0.741
	13	21	-39.402	0.688		25	9	42.188	-1.988		8	20	-44.866	1.602
	14	20	39.457	-1.417		26	7	-42.228	0.490		9	19	44.833	-2.446
	15	19	-39.433	2.165		27	6	42.346	-1.292		10	17	-44.926	0.895
	16	17	39.561	-0.745		28	5	-42.391	2.115		11	16	44.980	-1.742
	17	16	-39.624	1.492	Mars	1	3	42.430	-0.587		12	15	-44.936	2.598
	18	14	39.587	-0.066		2	2	-42.558	1.418		13	13	45.047	-1.033
	19	13	-39.737	0.817		3	1	42.570	-2.220		14	12	-45.093	1.896
	20	12	39.781	-1.561		3	23	-42.652	0.715		15	10	45.038	-0.324
	21	10	-39.773	0.137		4	22	42.748	-1.522		16	9	-45.173	1.190
	22	9	39.901	-0.884		5	21	-42.761	2.355		17	8	45.176	-2.036
	23	8	-39.960	1.641		6	19	42.853	-0.820		18	6	-45.176	0.482
	24	6	39.943	-0.197		7	18	-42.950	1.654		19	5	45.262	-1.326
	25	5	-40.090	0.963		8	17	42.937	-2.468		20	4	-45.264	2.192
	26	4	40.122	-1.713		9	15	-43.063	0.951		21	2	45.273	-0.620
	27	2	-40.145	0.279		10	14	43.135	-1.769		22	1	-45.362	1.486
	28	1	40.258	-1.033		11	13	-43.113	2.605		23	0	45.316	-2.328
	29	0	-40.311	1.803		12	11	43.259	-1.066		23	22	-45.382	0.781
	29	22	40.321	-0.343		13	10	-43.326	1.904		24	21	45.425	-1.621
	30	21	-40.456	1.122		14	8	43.303	-0.359		25	20	-45.370	2.486
	31	20	40.479	-1.878		15	7	-43.461	1.201		26	18	45.453	-0.916
Févr.	1	18	-40.528	0.434		16	6	43.498	-2.028		27	17	-45.487	1.783
	2	17	40.634	-1.194		17	4	-43.518	0.494		28	15	45.401	-0.209
	3	16	-40.670	1.978		18	3	43.641	-1.326		29	14	-45.525	1.079
	4	14	40.716	-0.504		19	2	-43.678	2.167		30	13	45.524	-1.915
	5	13	-40.833	1.292		20	0	43.706	-0.615	Mai	1	11	-45.483	0.370
	6	12	40.846	-2.057		20	23	-43.833	1.465		2	10	45.570	-1.213
	7	10	-40.924	0.602		21	22	43.832	-2.296		3	9	-45.551	2.072
	8	9	41.020	-1.371		22	20	-43.913	0.758		4	7	45.537	-0.508
	9	8	-41.036	2.164		23	19	43.995	-1.592		5	6	-45.604	1.370
	10	6	41.120	-0.681		24	18	-43.999	2.443		6	5	45.558	-2.206
	11	5	-41.221	1.474		25	16	44.082	-0.881		7	3	-45.583	0.663

TÉTHYS 2014

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	"	"	
Mai	8	2	45.619	-1.504	Juin	19	13	-44.506	1.077	Août	1	0	41.650	-0.117	
	9	1	-45.553	2.355		20	12	44.410	-1.850		1	23	-41.664	0.847	
	9	23	45.602	-0.802		21	10	-44.360	0.394		2	22	41.569	-1.558	
	10	22	-45.626	1.655		22	9	44.351	-1.166		3	20	-41.468	0.184	
	11	21	45.523	-2.488		23	8	-44.239	1.961		4	19	41.460	-0.896	
	12	19	-45.622	0.953		24	6	44.214	-0.485		5	18	-41.371	1.618	
	13	18	45.601	-1.786		25	5	-44.189	1.277		6	16	41.271	-0.230	
	14	16	-45.536	0.253		26	4	44.061	-2.043		7	15	-41.268	0.957	
	15	15	45.602	-1.086		27	2	-44.061	0.597		8	14	41.163	-1.655	
	16	14	-45.581	1.934		28	1	44.019	-1.363		9	12	-41.088	0.296	
	17	12	45.525	-0.386		29	0	-43.873	2.142		10	11	41.066	-0.995	
	18	11	-45.591	1.237		29	22	43.896	-0.685		11	10	-40.967	1.714	
	19	10	45.525	-2.056		30	21	-43.842	1.461		12	8	40.894	-0.333	
	20	8	-45.521	0.539		Juill.	1	19	43.692		-0.008	13	7	-40.876	1.053
	21	7	45.543	-1.359			2	18	-43.729		0.785	14	6	40.765	-1.745
	22	6	-45.469	2.203		3	17	43.654	-1.543		15	4	-40.709	0.393	
23	4	45.481	-0.661	4	15	-43.536	0.110	16	3	40.683	-1.085				
24	3	-45.496	1.507	5	14	43.548	-0.868	17	2	-40.568	1.797				
25	2	45.388	-2.317	6	13	-43.468	1.635	18	0	40.523	-0.426				
26	0	-45.441	0.809	7	11	43.360	-0.190	18	23	-40.492	1.137				
26	23	45.423	-1.623	8	10	-43.371	0.960	19	22	40.378	-1.824				
27	21	-45.310	0.114	9	9	43.264	-1.705	20	20	-40.338	0.479				
28	20	45.377	-0.928	10	7	-43.195	0.287	21	19	40.308	-1.167				
29	19	-45.338	1.763	11	6	43.175	-1.033	22	18	-40.184	1.870				
30	17	45.253	-0.234	12	5	-43.072	1.792	23	16	40.157	-0.510				
Juin	31	16	-45.304	1.066	13	3	43.007	-0.358	24	15	-40.123	1.211			
	1	15	45.239	-1.875	14	2	-42.989	1.121	25	14	39.998	-1.896			
	2	13	-45.190	0.374	15	1	42.862	-1.853	26	12	-39.980	0.553			
	3	12	45.211	-1.182	15	23	-42.828	0.450	27	11	39.941	-1.240			
	4	11	-45.128	2.004	16	22	42.787	-1.182	28	10	-39.817	1.934			
	5	9	45.103	-0.493	17	21	-42.658	1.935	29	8	39.804	-0.584			
	6	8	-45.112	1.311	18	19	42.636	-0.511	30	7	-39.768	1.279			
	7	7	44.999	-2.111	19	18	-42.591	1.265	31	6	39.637	-1.956			
	8	5	-45.013	0.621	20	17	42.449	-1.988	Sept.	1	4	-39.637	0.623		
	9	4	44.988	-1.422	21	15	-42.445	0.596		2	3	39.589	-1.301		
	10	3	-44.868	2.231	22	14	42.390	-1.320	3	2	-39.468	1.994			
	11	1	44.896	-0.734	23	13	-42.234	2.062	4	0	39.463	-0.645			
	12	0	-44.868	1.545	24	11	42.252	-0.654	4	23	-39.428	1.340			
	12	22	44.723	-0.042	25	10	-42.185	1.392	5	22	39.297	-2.009			
	13	21	-44.785	0.858	26	8	42.033	0.011	6	20	-39.306	0.684			
	14	20	44.717	-1.643	27	7	-42.056	0.727	7	19	39.261	-1.355			
15	18	-44.624	0.172	28	6	41.982	-1.446	8	18	-39.134	2.046				
16	17	44.642	-0.957	29	4	-41.846	0.063	9	16	39.144	-0.699				
17	16	-44.575	1.762	30	3	41.857	-0.782	10	15	-39.103	1.393				
18	14	44.490	-0.270	31	2	-41.779	1.510	11	14	38.978	-2.057				

TÉTHYS 2014

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	12	-38.991	0.735	Oct.	20	7	-37.488	1.609	Nov.	27	2	-37.089	2.433	
	13	11	38.951	-1.404		21	6	37.389	-2.272		28	0	37.137	-1.060	
	14	10	-38.821	2.090		22	4	-37.437	0.948		28	23	-37.166	1.762	
	15	8	38.844	-0.748		23	3	37.419	-1.615		29	22	37.116	-2.436	
	16	7	-38.800	1.436		24	2	-37.327	2.288		30	20	-37.165	1.084	
	17	6	38.677	-2.101		25	0	37.369	-0.949		Déc.	1	19	37.196	-1.764
	18	4	-38.700	0.777		25	23	-37.360	1.631			2	18	-37.145	2.466
	19	3	38.659	-1.448		26	22	37.267	-2.291			3	16	37.199	-1.085
	20	2	-38.533	2.127		27	20	-37.316	0.968			4	15	-37.231	1.792
	21	0	38.563	-0.791		28	19	37.303	-1.632			5	14	37.187	-2.472
21	23	-38.520	1.474	29	18	-37.218	2.312	6	12	-37.238	1.109				
22	22	38.400	-2.140	30	16	37.262	-0.965	7	11	37.277	-1.798				
23	20	-38.432	0.817	31	15	-37.258	1.651	8	10	-37.228	2.501				
24	19	38.388	-1.484	Nov.	1	14	37.173	-2.311	9	8	37.289	-1.117			
25	18	-38.270	2.163		2	12	-37.222	0.986	10	7	-37.322	1.825			
26	16	38.301	-0.828	3	11	37.216	-1.650	11	6	37.287	-2.514				
27	15	-38.266	1.508	4	10	-37.136	2.334	12	4	-37.342	1.141				
28	14	38.144	-2.172	5	8	37.184	-0.982	13	3	37.383	-1.836				
29	12	-38.185	0.852	6	7	-37.181	1.670	14	2	-37.342	2.544				
30	11	38.144	-1.515	7	6	37.108	-2.332	15	0	37.403	-1.152				
Oct.	1	10	-38.029	2.194	8	4	-37.152	1.003	15	23	-37.446	1.865			
	2	8	38.065	-0.858	9	3	37.158	-1.669	16	22	37.409	-2.562			
	3	7	-38.034	1.541	10	2	-37.080	2.355	17	20	-37.475	1.179			
	4	6	37.916	-2.198	11	0	37.132	-1.001	18	19	37.515	-1.879			
	5	4	-37.960	0.884	11	23	-37.135	1.687	19	18	-37.483	2.594			
	6	3	37.926	-1.541	12	22	37.068	-2.357	20	16	37.546	-1.193			
	7	2	-37.812	2.223	13	20	-37.113	1.018	21	15	-37.596	1.913			
	8	0	37.855	-0.884	14	19	37.126	-1.691	22	14	37.560	-2.613			
	8	23	-37.825	1.568	15	18	-37.054	2.375	23	12	-37.634	1.226			
	9	22	37.716	-2.224	16	16	37.106	-1.022	24	11	37.678	-1.927			
10	20	-37.758	0.909	17	15	-37.120	1.708	25	10	-37.647	2.653				
11	19	37.733	-1.569	18	14	37.053	-2.381	26	8	37.720	-1.238				
12	18	-37.621	2.245	19	12	-37.105	1.037	27	7	-37.772	1.969				
13	16	37.670	-0.910	20	11	37.118	-1.713	28	6	37.739	-2.672				
14	15	-37.641	1.589	21	10	-37.060	2.402	29	4	-37.819	1.279				
15	14	37.542	-2.249	22	8	37.105	-1.040	30	3	37.870	-1.986				
16	12	-37.583	0.929	23	7	-37.131	1.734	31	2	-37.834	2.717				
17	11	37.564	-1.593	24	6	37.069	-2.406	Janv.	1	0	37.923	-1.295			
18	10	-37.461	2.266	25	4	-37.122	1.060		1	23	-37.970	2.030			
19	8	37.505	-0.932	26	3	37.142	-1.736		2	22	37.945	-2.742			

DIONÉ 2014

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	"	"
Déc.	31	5	49.596	-0.960	Mars	2	19	-54.574	0.824	Mai	3	9	58.382	-1.763
Janv.	1	14	-49.638	1.387		4	4	54.725	-0.962		4	17	-58.371	0.229
	2	23	49.727	-1.477		5	13	-54.819	1.473		6	2	58.460	-0.397
	4	7	-49.803	0.109		6	22	54.954	-1.614		7	11	-58.422	0.940
	5	16	49.922	-0.204		8	7	-55.007	2.131		8	20	58.488	-1.101
	7	1	-50.012	0.628		9	15	55.176	-0.250		10	5	-58.392	1.646
	8	10	50.122	-0.725		11	0	-55.299	0.768		11	13	58.434	0.259
	9	19	-50.194	1.157		12	9	55.453	-0.911		12	22	-58.406	0.284
	11	4	50.293	-1.252		13	18	-55.541	1.437		14	7	58.484	-0.447
	12	13	-50.343	1.696		15	3	55.671	-1.577		15	16	-58.406	0.983
	13	21	50.455	0.041		16	12	-55.720	2.111		17	1	58.451	-1.147
	15	6	-50.573	0.402		17	20	55.876	-0.208		18	10	-58.324	1.679
	16	15	50.699	-0.498		19	5	-55.991	0.742		19	18	58.372	0.205
	18	0	-50.792	0.943		20	14	56.148	-0.887		21	3	-58.313	0.324
	19	9	50.908	-1.046		21	23	-56.213	1.419		22	12	58.369	-0.487
	20	18	-50.979	1.495		23	8	56.351	-1.572		23	21	-58.255	1.014
	22	3	51.084	-1.599		24	17	-56.374	2.105		25	6	58.284	-1.177
	23	11	-51.177	0.188		26	1	56.535	-0.201		26	15	-58.123	1.699
	24	20	51.320	-0.286		27	10	-56.634	0.733		27	23	58.177	0.168
	26	5	-51.431	0.750		28	19	56.777	-0.888		29	8	-58.091	0.350
	27	14	51.568	-0.850		30	4	-56.836	1.429		30	17	58.117	-0.511
	28	23	-51.649	1.317		31	13	56.954	-1.584	Juin	1	2	-57.987	1.032
	30	8	51.776	-1.426	Avril	1	22	-56.966	2.128		2	11	57.986	-1.184
	31	17	-51.836	1.888		3	6	57.123	-0.210		3	19	-57.817	-0.308
Févr.	2	1	51.980	-0.103		4	15	-57.201	0.749		5	4	57.859	0.154
	3	10	-52.112	0.566		6	0	57.338	-0.913		6	13	-57.735	0.361
	4	19	52.252	-0.685		7	9	-57.371	1.455		7	22	57.761	-0.514
	6	4	-52.362	1.155		8	18	57.478	-1.618		9	7	-57.588	1.022
	7	13	52.491	-1.270		10	2	-57.482	0.080		10	16	57.586	-1.175
	8	22	-52.569	1.751		11	11	57.623	-0.238		12	0	-57.397	-0.311
	10	7	52.689	-1.868		12	20	-57.682	0.791		13	9	57.424	0.155
	11	15	-52.818	0.418		14	5	57.802	-0.946		14	18	-57.284	0.345
	13	0	52.973	-0.533		15	14	-57.807	1.501		16	3	57.286	-0.495
	14	9	-53.090	1.019		16	23	57.904	-1.658		17	12	-57.101	0.992
	15	18	53.229	-1.141		18	7	-57.892	0.121		18	21	57.082	-1.138
	17	3	-53.318	1.633		19	16	58.029	-0.289		20	5	-56.876	-0.334
	18	12	53.445	-1.759		21	1	-58.049	0.831		21	14	56.897	0.181
	19	20	-53.545	0.286		22	10	58.159	-1.002		22	23	-56.732	0.303
	21	5	53.709	-0.408		23	19	-58.131	1.544		24	8	56.728	-0.453
	22	14	-53.828	0.910		25	4	58.206	-1.710		25	17	-56.528	0.934
	23	23	53.984	-1.037		26	12	-58.196	0.175		27	2	56.492	-1.075
	25	8	-54.068	1.541		27	21	58.308	-0.340		28	10	-56.280	-0.379
	26	17	54.209	-1.673		29	6	-58.303	0.888		29	19	56.280	0.238
	28	1	-54.277	0.182		30	15	58.387	-1.053	Juill.	1	4	-56.111	0.244
Mars	1	10	54.446	-0.317	Mai	2	0	-58.331	1.596		2	13	56.097	-0.378

DIONÉ 2014

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	"	"
Juill.	3	22	-55.881	0.852	Sept.	3	12	50.675	-0.209	Nov.	4	3	-47.637	0.629
	5	7	55.851	-0.987		4	21	-50.475	0.612		5	12	47.708	-0.720
	6	15	-55.603	-0.455		6	6	50.474	-0.715		6	21	-47.608	1.114
	8	0	55.612	0.314		7	15	-50.252	1.114		8	6	47.675	-1.201
	9	9	-55.425	0.147		9	0	50.241	-1.215		9	15	-47.559	1.599
	10	18	55.412	-0.281		10	8	-50.042	-0.167		11	0	47.622	-1.687
	12	3	-55.192	0.743		11	17	50.056	0.063		12	8	-47.508	0.273
	13	12	55.156	-0.874		13	2	-49.892	0.332		13	17	47.599	-0.364
	14	21	-54.903	1.329		14	11	49.892	-0.433		15	2	-47.531	0.757
	16	5	54.889	0.421		15	20	-49.710	0.828		16	11	47.617	-0.850
	17	14	-54.704	0.027		17	5	49.705	-0.924		17	20	-47.533	1.248
	18	23	54.687	-0.162		18	14	-49.497	1.320		19	5	47.616	-1.335
	20	8	-54.472	0.607		19	23	49.491	-1.414		20	14	-47.512	1.739
	21	17	54.435	-0.737		21	7	-49.335	0.038		21	23	47.595	-1.825
	23	2	-54.187	1.179		22	16	49.361	-0.134		23	7	-47.500	0.401
	24	10	54.137	0.556		24	1	-49.197	0.529		24	16	47.614	-0.492
25	19	-53.958	-0.110	25	10	49.214	-0.620	26	1	-47.557	0.891			
27	4	53.944	-0.011	26	19	-49.034	1.015	27	10	47.661	-0.987			
28	13	-53.732	0.453	28	4	49.045	-1.105	28	19	-47.590	1.387			
29	22	53.701	-0.572	29	13	-48.848	1.499	30	4	47.688	-1.484			
Août	31	7	-53.459	1.006	Oct.	30	21	48.868	0.176	Déc.	1	13	-47.607	1.887
	1	16	53.414	-1.124		2	6	-48.729	0.209		2	22	47.700	-1.982
	3	0	-53.199	-0.280		3	15	48.768	-0.307		4	6	-47.633	0.536
	4	9	53.191	0.159		5	0	-48.614	0.692		5	15	47.757	-0.633
	5	18	-52.987	0.270		6	9	48.644	-0.790		7	0	-47.719	1.042
	7	3	52.968	-0.385		7	18	-48.480	1.176		8	9	47.836	-1.137
	8	12	-52.731	0.813		9	3	48.498	-1.267		9	18	-47.788	1.548
	9	21	52.703	-0.925		10	12	-48.318	1.659		11	3	47.895	-1.643
	11	6	-52.441	1.346		11	20	48.361	0.025		12	12	-47.831	2.063
	12	14	52.443	0.351		13	5	-48.243	0.365		13	21	47.935	-2.156
	13	23	-52.254	0.063		14	14	48.289	-0.455		15	5	-47.899	0.697
	15	8	52.236	-0.182		15	23	-48.154	0.842		16	14	48.040	-0.791
	16	17	-52.027	0.594		17	8	48.193	-0.936		17	23	-48.012	1.211
	18	2	51.995	-0.708		18	17	-48.042	1.324		19	8	48.153	-1.312
	19	11	-51.765	1.121		20	2	48.076	-1.414		20	17	-48.106	1.733
	20	20	51.726	-1.225		21	10	-47.916	0.023		22	2	48.239	-1.835
22	4	-51.532	-0.156	22	19	47.980	-0.109	23	11	-48.182	2.259			
23	13	51.531	0.050	24	4	-47.875	0.504	24	20	48.302	-2.362			
24	22	-51.331	0.364	25	13	47.937	-0.590	26	4	-48.301	0.880			
26	7	51.324	-0.467	26	22	-47.812	0.984	27	13	48.452	-0.984			
27	16	-51.105	0.874	28	7	47.871	-1.071	28	22	-48.443	1.415			
29	1	51.081	-0.979	29	16	-47.732	1.459	30	7	48.590	-1.519			
30	10	-50.844	1.385	31	1	47.785	-1.554	31	16	-48.561	1.950			
31	18	50.845	0.295	Nov.	1	9	-47.647	0.145	Janv.	2	1	48.705	-2.060	
Sept.	2	3	-50.672		0.108	2	18	47.725		-0.243	3	10	-48.659	2.494

RHÉA 2014

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	"	"
Déc.	31	20	-69.337	1.811	Avril	12	11	80.478	-0.948	Juill.	23	1	-75.839	0.394
Janv.	3	2	69.446	-1.409		14	17	-80.751	0.694		25	7	75.428	0.002
	5	8	-69.749	1.078		17	0	80.804	-2.080		27	14	-75.270	1.249
	7	14	69.833	-0.656		19	6	-81.053	1.833		29	20	74.882	-0.866
	9	21	-70.161	1.849		21	12	81.073	-1.472	Août	1	2	-74.705	0.565
	12	3	70.292	-1.438		23	18	-81.307	1.223		3	8	74.298	-0.165
	14	9	-70.606	1.109		26	0	81.258	-0.877		5	15	-74.120	1.400
	16	15	70.731	-0.694		28	6	-81.456	0.624		7	21	73.748	-1.001
	18	22	-71.079	1.915		30	13	81.419	-2.007		10	3	-73.569	0.689
	21	4	71.218	-1.505	Mai	2	19	-81.611	1.771		12	9	73.191	-0.293
	23	10	-71.578	1.184		5	1	81.534	-1.415		14	16	-72.995	1.497
	25	16	71.706	-0.767		7	7	-81.681	1.161		16	22	72.634	-1.089
	27	23	-72.076	2.030		9	13	81.578	-0.822		19	4	-72.482	0.778
	30	5	72.240	-1.619		11	19	-81.680	0.572		21	10	72.106	-0.367
Févr.	1	11	-72.618	1.296		14	2	81.543	-1.942		23	16	-71.920	0.061
	3	17	72.766	-0.900		16	8	-81.657	1.696		25	23	71.579	-1.140
	6	0	-73.144	2.182		18	14	81.511	-1.341		28	5	-71.442	0.817
	8	6	73.324	-1.781		20	20	-81.559	1.100		30	11	71.076	-0.413
	10	12	-73.726	1.473		23	2	81.374	-0.740	Sept.	1	18	-70.913	1.573
	12	18	73.886	-1.073		25	8	-81.407	0.493		4	0	70.592	-1.154
	15	1	-74.249	2.395		27	15	81.173	-1.844		6	6	-70.474	0.832
	17	7	74.461	-1.999		29	21	-81.202	1.587		8	12	70.128	-0.412
	19	13	-74.866	1.698	Juin	1	3	80.975	-1.225		10	19	-69.983	1.559
	21	19	75.023	-1.307		3	9	-80.965	0.983		13	1	69.701	-1.140
	24	1	-75.418	1.004		5	15	80.689	-0.623		15	7	-69.587	0.805
	26	8	75.593	-2.271		7	21	-80.636	0.363		17	13	69.253	-0.379
Mars	28	14	-76.007	1.989		10	4	80.357	-1.677		19	20	-69.165	1.519
	2	20	76.178	-1.598		12	10	-80.303	1.415		22	2	68.886	-1.087
	5	2	-76.572	1.299		14	16	80.004	-1.049		24	8	-68.792	0.756
	7	8	76.725	-0.927		16	22	-79.928	0.791		26	14	68.486	-0.318
	9	15	-77.124	2.325		19	4	79.602	-0.424		28	21	-68.437	1.445
	11	21	77.292	-1.946		21	10	-79.473	0.172	Oct.	1	3	68.176	-1.024
	14	3	-77.693	1.668		23	17	79.147	-1.425		3	9	-68.106	0.670
	16	9	77.841	-1.292		25	23	-79.048	1.156		5	16	67.840	-1.710
	18	15	-78.188	1.014		28	5	78.690	-0.794		7	22	-67.821	1.362
	20	22	78.342	-2.352		30	11	-78.555	0.519		10	4	67.580	-0.925
	23	4	-78.728	2.081	Juill.	2	17	78.173	-0.143		12	10	-67.518	0.566
	25	10	78.846	-1.717		5	0	-78.031	1.479		14	17	67.322	-1.609
	27	16	-79.207	1.445		7	6	77.669	-1.098		16	23	-67.313	1.252
	29	22	79.305	-1.075		9	12	-77.513	0.814		19	5	67.081	-0.809
Avril	1	4	-79.631	0.820		11	18	77.142	-0.442		21	12	-67.079	1.933
	3	11	79.734	-2.187		14	0	-76.958	0.161		23	18	66.904	-1.486
	5	17	-80.068	1.918		16	7	76.561	-1.347		26	0	-66.915	1.131
	7	23	80.152	-1.570		18	13	-76.413	1.064		28	6	66.710	-0.678
	10	5	-80.446	1.308		20	19	76.031	-0.672		30	13	-66.762	1.800

RHÉA 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Date	X	Y	Date	X	Y
Mois j h	"	"	Mois j h	"	"	Mois j h	"	"
Nov. 1 19	66.608	-1.363	Nov. 26 16	-66.536	1.394	Déc. 21 13	67.210	-1.406
4 1	-66.639	0.989	28 23	66.447	-2.471	23 20	-67.454	2.606
6 8	66.484	-2.040	Déc. 1 5	-66.611	2.083	26 2	67.485	-2.151
8 14	-66.569	1.670	3 11	66.563	-1.641	28 8	-67.722	1.775
10 20	66.433	-1.220	5 17	-66.703	1.252	30 15	67.739	-2.926
13 2	-66.475	0.845	8 0	66.670	-2.349	Janv. 1 21	-68.014	2.536
15 9	66.395	-1.904	10 6	-66.863	1.968	4 3	68.074	-2.096
17 15	-66.494	1.528	12 12	66.833	-1.512	6 9	-68.327	1.708
19 21	66.364	-1.077	14 19	-67.001	2.698	8 16	68.390	-2.888
22 4	-66.488	2.220	17 1	67.022	-2.242	10 22	-68.696	2.506
24 10	66.414	-1.764	19 7	-67.236	1.857	13 4	68.772	-2.058

TITAN 2014

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	"	"
Déc. 29 3	155.926	-2.836	Mai 5 16	184.189	-2.671	Sept. 10 4	158.114	-1.885
Janv. 6 1	-165.970	3.971	13 13	-194.165	4.031	18 2	-164.753	3.183
14 3	159.170	-3.235	21 14	183.964	-2.880	26 4	154.855	-2.124
22 1	-169.838	4.415	29 11	-193.031	4.260	Oct. 4 3	-161.794	4.147
30 3	163.079	-3.924	Juin 6 11	182.236	-1.818	12 4	152.344	-2.173
Févr. 7 1	-174.299	5.196	14 8	-190.415	3.216	20 3	-159.680	3.994
15 2	167.465	-3.876	22 9	179.229	-1.690	28 5	150.669	-3.091
23 0	-179.086	5.322	30 6	-186.660	2.989	Nov. 5 4	-158.471	4.687
Mars 3 1	172.027	-4.186	Juill. 8 7	175.308	-1.286	13 6	149.868	-3.945
10 23	-183.850	5.837	16 4	-182.183	2.457	21 5	-158.199	5.343
18 23	176.397	-3.714	24 6	170.880	-1.644	29 6	149.974	-3.766
26 21	-188.166	5.623	1 3	-177.425	2.613	Déc. 7 6	-158.881	6.039
Avril 3 21	180.151	-3.554	9 5	166.336	-1.675	15 7	150.995	-4.691
11 19	-191.569	5.698	17 3	-172.747	3.416	23 6	-160.506	5.840
19 19	182.858	-3.638	25 4	162.002	-1.409	31 8	152.904	-5.784
27 16	-193.664	4.834	Sept. 2 2	-168.454	2.948	Janv. 8 7	-163.045	6.848

HYPÉRION 2014**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	"	"
Déc.	28	20	-181.319	9.728	Mai	17	2	242.915	0.473	Oct.	2	11	-181.832	10.880
Janv.	9	0	208.429	-0.553		27	5	-214.885	11.681		13	18	196.501	0.940
	19	6	-187.391	11.261	Juin	7	9	239.624	1.214		23	20	-180.006	11.410
	30	10	214.538	-0.956		17	11	-211.312	10.309	Nov.	4	4	193.001	0.969
Févr.	9	14	-194.849	12.243		28	17	234.031	1.599		14	6	-179.167	12.502
	20	20	222.424	-0.999	Juill.	8	19	-204.728	9.484		25	15	192.094	-0.231
Mars	2	23	-201.715	12.606		20	1	226.842	2.012	Déc.	5	17	-180.743	13.970
	14	4	230.372	-0.821		30	5	-198.059	9.617		17	0	191.444	-0.410
	24	7	-208.766	12.613	Août	10	10	217.448	2.416		27	1	-184.808	15.131
Avril	4	12	236.767	-0.742		20	14	-191.927	10.077	Janv.	7	9	194.036	-1.211
	14	14	-214.257	13.061		31	21	209.438	1.533		17	9	-189.598	16.599
	25	19	241.482	0.387	Sept.	10	23	-185.863	9.575		28	16	199.092	-1.275
Mai	5	21	-215.786	12.000		22	7	203.060	1.580					

JAPET 2014**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	"	"
Déc.	20	2	429.821	-134.047	Mai	25	3	522.103	-132.395	Oct.	31	21	427.187	-107.952
Janv.	26	14	-476.817	129.824	Juill.	2	11	-518.012	135.503	Déc.	11	5	-444.984	117.933
Mars	8	2	492.568	-128.139	Août	11	20	470.766	-117.114	Janv.	21	12	445.120	-112.875
Avril	15	16	-535.829	144.511	Sept.	20	10	-457.582	119.936					

SATELLITES D'URANUS

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

MIRANDA	II. 140
ARIEL	II. 144
UMBRIEL	II. 147
TITANIA	II. 149
OBÉRON	II. 150

MIRANDA 2014

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	"	"
Déc.	31	20	-4.184	5.427	Févr.	1	15	4.127	-5.647	Mars	5	11	-4.171	4.725
	1	13	4.191	-5.366		2	8	-4.118	5.616		6	4	4.183	-4.668
Janv.	2	6	-4.180	5.330	3	1	4.130	-5.556	6	21	-4.173	4.629		
	2	23	4.186	-5.270	3	18	-4.122	5.525	7	14	4.185	-4.569		
	3	16	-4.175	5.232	4	11	4.134	-5.464	8	7	-4.176	4.531		
	4	9	4.182	-5.176	5	4	-4.126	5.434	9	0	4.188	-4.469		
	5	2	-4.169	5.133	5	21	4.136	-5.374	9	17	-4.178	4.434		
	5	19	4.176	-5.078	6	14	-4.129	5.340	10	10	4.189	-4.367		
	6	12	-4.163	5.034	7	7	4.139	-5.281	11	3	-4.180	4.334		
	7	5	4.171	-4.978	8	0	-4.131	5.245	11	20	4.190	-4.266		
	7	22	-4.157	4.936	8	17	4.142	-5.190	12	13	-4.182	4.232		
	8	15	4.164	-4.877	9	10	-4.132	5.150	13	6	4.190	-4.167		
	9	8	-4.150	4.837	10	3	4.143	-5.095	13	23	-4.182	4.128		
	10	1	4.157	-4.776	10	20	-4.134	5.054	14	16	4.191	-4.065		
	10	18	-4.143	4.739	11	13	4.145	-4.999	15	8	-4.183	5.254		
	11	10	4.148	-5.876	12	6	-4.134	4.961	16	1	4.197	-5.199		
	12	3	-4.139	5.846	12	23	4.146	-4.901	16	18	-4.191	5.162		
	12	20	4.150	-5.786	13	16	-4.135	4.864	17	11	4.207	-5.107		
	13	13	-4.141	5.755	14	9	4.146	-4.802	18	4	-4.200	5.070		
	14	6	4.151	-5.698	15	2	-4.136	4.769	18	21	4.215	-5.013		
	14	23	-4.142	5.663	15	19	4.145	-4.704	19	14	-4.208	4.979		
	15	16	4.152	-5.607	16	12	-4.136	4.670	20	7	4.223	-4.917		
	16	9	-4.142	5.570	17	5	4.144	-4.604	21	0	-4.216	4.885		
	17	2	4.152	-5.516	17	22	-4.135	4.569	21	17	4.230	-4.821		
	17	19	-4.142	5.476	18	15	4.143	-4.508	22	10	-4.224	4.791		
	18	12	4.152	-5.422	19	8	-4.134	4.467	23	3	4.237	-4.725		
	19	5	-4.141	5.382	20	1	4.141	-4.408	23	20	-4.231	4.694		
	19	22	4.152	-5.327	20	18	-4.132	4.365	24	13	4.243	-4.629		
	20	15	-4.140	5.291	21	11	4.140	-4.308	25	6	-4.237	4.595		
	21	8	4.150	-5.230	22	3	-4.129	5.475	25	23	4.249	-4.534		
	22	1	-4.139	5.195	22	20	4.144	-5.421	26	16	-4.242	4.495		
	22	18	4.148	-5.133	23	13	-4.135	5.385	27	9	4.254	-4.435		
	23	11	-4.137	5.100	24	6	4.150	-5.329	28	2	-4.247	4.395		
	24	4	4.145	-5.037	24	23	-4.142	5.297	28	19	4.260	-4.337		
	24	21	-4.135	5.002	25	16	4.156	-5.235	29	12	-4.251	4.295		
	25	14	4.142	-4.939	26	9	-4.148	5.205	30	5	4.264	-4.235		
	26	7	-4.132	4.903	27	2	4.161	-5.142	30	22	-4.255	4.195		
	27	0	4.139	-4.844	27	19	-4.154	5.112	31	15	4.268	-4.132		
	27	17	-4.128	4.803	28	12	4.166	-5.049	Avril	1	8	-4.259	4.096	
	28	10	4.136	-4.745	Mars	1	5	-4.159		5.017	2	1	4.271	-4.028
	29	3	-4.124	4.702	1	22	4.170	-4.955	2	18	-4.262	3.993		
	29	20	4.132	-4.646	2	15	-4.164	4.920	3	11	4.273	-3.924		
	30	13	-4.119	4.603	3	8	4.175	-4.862	4	4	-4.265	3.890		
	31	6	4.127	-4.544	4	1	-4.167	4.823	4	21	4.274	-3.822		
	31	23	-4.114	4.502	4	18	4.179	-4.766	5	13	-4.269	5.041		

MIRANDA 2014

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
Avril	6	6	4.284	-4.980	Mai	8	2	-4.462	4.037	Juin	8	21	4.663	-4.347
	6	23	-4.280	4.946		8	19	4.475	-3.965		9	14	-4.656	4.312
	7	16	4.296	-4.889		9	12	-4.469	3.932		10	7	4.674	-4.242
	8	9	-4.290	4.851		10	5	4.481	-3.863		11	0	-4.667	4.211
	9	2	4.306	-4.794		10	22	-4.475	3.826		11	17	4.683	-4.138
	9	19	-4.300	4.755		11	15	4.487	-3.758		12	10	-4.677	4.106
	10	12	4.316	-4.697		12	8	-4.480	3.718		13	3	4.691	-4.032
	11	5	-4.309	4.661		13	1	4.492	-3.654		13	20	-4.685	4.000
	11	22	4.326	-4.599		13	18	-4.484	3.610		14	13	4.699	-3.929
	12	15	-4.318	4.564		14	11	4.496	-3.546		15	6	-4.693	3.891
	13	8	4.334	-4.499		15	4	-4.487	3.502		15	23	4.706	-3.822
	14	1	-4.327	4.468		15	20	4.503	-4.753		16	16	-4.699	3.782
14	18	4.341	-4.400	16	13	-4.497	4.720	17	9	4.712	-3.716			
15	11	-4.335	4.368	17	6	4.517	-4.654	18	2	-4.703	3.673			
16	4	4.348	-4.300	17	23	-4.511	4.623	18	19	4.717	-3.606			
16	21	-4.343	4.267	18	16	4.529	-4.555	19	12	-4.707	3.563			
17	14	4.355	-4.202	19	9	-4.524	4.526	20	5	4.721	-3.495			
18	7	-4.349	4.164	20	2	4.540	-4.456	20	22	-4.711	3.455			
19	0	4.361	-4.101	20	19	-4.536	4.425	21	15	4.723	-3.381			
19	17	-4.355	4.060	21	12	4.551	-4.355	22	8	-4.713	3.344			
20	10	4.367	-3.999	22	5	-4.547	4.323	23	0	4.731	-4.647			
21	3	-4.359	3.957	22	22	4.562	-4.257	23	17	-4.725	4.620			
21	20	4.372	-3.895	23	15	-4.557	4.219	24	10	4.743	-4.547			
22	13	-4.363	3.853	24	8	4.572	-4.155	25	3	-4.738	4.517			
23	6	4.377	-3.789	25	1	-4.566	4.115	25	20	4.755	-4.445			
23	23	-4.368	3.751	25	18	4.581	-4.052	26	13	-4.750	4.413			
24	16	4.380	-3.682	26	11	-4.573	4.011	27	6	4.766	-4.346			
25	9	-4.371	3.645	27	4	4.589	-3.947	27	23	-4.760	4.308			
26	1	4.386	-4.860	27	21	-4.581	3.906	28	16	4.776	-4.242			
26	18	-4.382	4.832	28	14	4.596	-3.839	29	9	-4.769	4.202			
27	11	4.398	-4.766	29	7	-4.588	3.803	30	2	4.785	-4.137			
28	4	-4.394	4.736	30	0	4.602	-3.731	30	19	-4.777	4.098			
28	21	4.410	-4.670	30	17	-4.594	3.696	Juill.	1	12	4.793	-4.029		
29	14	-4.406	4.637	31	10	4.607	-3.622		2	5	-4.784	3.991		
30	7	4.422	-4.576	Juin	1	3	-4.599	3.588	2	22	4.800	-3.920		
Mai	1	0	-4.417		4.538	1	20	4.611	-3.515	3	15	-4.790	3.886	
	1	17	4.433	-4.477	2	13	-4.603	3.477	4	8	4.804	-3.809		
	2	10	-4.427	4.438	3	6	4.614	-3.405	5	1	-4.796	3.777		
	3	3	4.443	-4.378	3	22	-4.607	4.713	5	18	4.808	-3.699		
	3	20	-4.436	4.340	4	15	4.625	-4.650	6	11	-4.800	3.666		
	4	13	4.453	-4.276	5	8	-4.620	4.613	7	4	4.811	-3.591		
	5	6	-4.445	4.239	6	1	4.639	-4.551	7	21	-4.803	3.553		
5	23	4.461	-4.173	6	18	-4.633	4.513	8	14	4.813	-3.479			
6	16	-4.454	4.140	7	11	4.652	-4.450	9	7	-4.804	3.439			
7	9	4.468	-4.069	8	4	-4.645	4.414	10	0	4.814	-3.370			

MIRANDA 2014

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	"	"
Juill.	10	16	-4.804	4.728	Août	11	12	4.923	-3.709	Sept.	12	7	-4.907	4.172
	11	9	4.823	-4.663		12	5	-4.912	3.671		13	0	4.913	-4.090
	12	2	-4.816	4.626		12	22	4.919	-3.596		13	17	-4.900	4.060
	12	19	4.834	-4.560		13	15	-4.908	3.556		14	10	4.906	-3.978
	13	12	-4.826	4.526		14	8	4.916	-3.484		15	3	-4.893	3.947
	14	5	4.845	-4.455		15	0	-4.906	4.881		15	20	4.897	-3.870
	14	22	-4.836	4.422		15	17	4.923	-4.814		16	13	-4.883	3.832
	15	15	4.854	-4.349		16	10	-4.913	4.778		17	6	4.887	-3.757
	16	8	-4.846	4.319		17	3	4.930	-4.709		17	22	-4.877	5.160
	17	1	4.861	-4.243		17	20	-4.919	4.677		18	15	4.889	-5.092
	17	18	-4.853	4.213		18	13	4.935	-4.602		19	8	-4.878	5.058
	18	11	4.867	-4.136		19	6	-4.924	4.572		20	1	4.890	-4.988
	19	4	-4.860	4.104		19	23	4.938	-4.495		20	18	-4.878	4.955
	19	21	4.873	-4.031		20	16	-4.928	4.467		21	11	4.890	-4.882
	20	14	-4.865	3.993		21	9	4.940	-4.388		22	4	-4.878	4.854
	21	7	4.877	-3.923		22	2	-4.930	4.359		22	21	4.888	-4.776
	22	0	-4.868	3.883		22	19	4.941	-4.280		23	14	-4.876	4.748
22	17	4.881	-3.814	23	12	-4.931	4.249	24	7	4.885	-4.668			
23	10	-4.870	3.772	24	5	4.941	-4.175	25	0	-4.873	4.642			
24	3	4.883	-3.702	24	22	-4.930	4.137	25	17	4.880	-4.562			
24	20	-4.871	3.661	25	15	4.939	-4.065	26	10	-4.868	4.534			
25	13	4.883	-3.588	26	8	-4.927	4.025	27	3	4.874	-4.455			
26	6	-4.871	3.552	27	1	4.937	-3.955	27	20	-4.862	4.423			
26	23	4.882	-3.473	27	18	-4.923	3.915	28	13	4.867	-4.349			
27	16	-4.870	3.438	28	11	4.932	-3.841	29	6	-4.854	4.312			
28	8	4.882	-4.780	29	4	-4.918	3.803	29	23	4.859	-4.240			
29	1	-4.875	4.754	29	21	4.926	-3.727	30	16	-4.845	4.201			
29	18	4.891	-4.679	30	14	-4.912	3.693	Oct.	1	9	4.850	-4.129		
30	11	-4.885	4.650	31	7	4.919	-3.611		2	2	-4.834	4.092		
31	4	4.900	-4.576	31	23	-4.907	5.024		2	19	4.839	-4.016		
Août	31	21	-4.893	4.544	Sept.	1	16	4.922	-4.946	3	12	-4.822	3.980	
	1	14	4.907	-4.475		2	9	-4.913	4.921	4	5	4.826	-3.902	
	2	7	-4.900	4.437		3	2	4.925	-4.845	4	21	-4.814	5.302	
	3	0	4.914	-4.369		3	19	-4.916	4.815	5	14	4.825	-5.224	
	3	17	-4.905	4.330		4	12	4.928	-4.741	6	7	-4.814	5.200	
	4	10	4.919	-4.262		5	5	-4.918	4.709	7	0	4.824	-5.121	
	5	3	-4.909	4.224		5	22	4.929	-4.638	7	17	-4.813	5.097	
	5	20	4.923	-4.152		6	15	-4.918	4.601	8	10	4.821	-5.021	
	6	13	-4.912	4.116		7	8	4.929	-4.531	9	3	-4.810	4.991	
	7	6	4.925	-4.041		8	1	-4.917	4.494	9	20	4.817	-4.917	
	7	23	-4.914	4.009		8	18	4.928	-4.423	10	13	-4.806	4.885	
	8	16	4.925	-3.930		9	11	-4.914	4.389	11	6	4.813	-4.814	
	9	9	-4.915	3.898		10	4	4.925	-4.312	11	23	-4.799	4.779	
	10	2	4.925	-3.818		10	21	-4.911	4.280	12	16	4.807	-4.707	
	10	19	-4.914	3.786		11	14	4.920	-4.201	13	9	-4.792	4.672	

MIRANDA 2014

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.	14	2	4.799	-4.599	Nov.	10	15	-4.623	5.345	Déc.	8	5	4.479	-4.653
	14	19	-4.784	4.568		11	8	4.630	-5.266		8	22	-4.466	4.620
	15	12	4.790	-4.489		12	1	-4.619	5.242		9	15	4.469	-4.547
	16	5	-4.775	4.460		12	18	4.624	-5.167		10	8	-4.455	4.513
	16	22	4.780	-4.379		13	11	-4.613	5.138		11	1	4.458	-4.440
	17	15	-4.765	4.352		14	4	4.618	-5.065		11	18	-4.444	4.410
	18	8	4.767	-4.270		14	21	-4.606	5.034		12	11	4.447	-4.331
	19	1	-4.753	4.241		15	14	4.611	-4.963		13	4	-4.432	4.303
	19	18	4.755	-4.159		16	7	-4.597	4.930		13	20	4.435	-5.548
	20	11	-4.740	4.129		17	0	4.603	-4.858		14	13	-4.424	5.528
21	4	4.741	-4.052	17	17	-4.589	4.825	15	6	4.432	-5.451			
21	20	-4.730	5.426	18	10	4.594	-4.751	15	23	-4.423	5.429			
22	13	4.739	-5.356	19	3	-4.579	4.723	16	16	4.430	-5.352			
23	6	-4.727	5.324	19	20	4.583	-4.644	17	9	-4.421	5.329			
23	23	4.736	-5.256	20	13	-4.569	4.617	18	2	4.427	-5.256			
24	16	-4.723	5.224	21	6	4.572	-4.536	18	19	-4.417	5.227			
25	9	4.733	-5.152	21	23	-4.558	4.511	19	12	4.423	-5.157			
26	2	-4.719	5.121	22	16	4.559	-4.429	20	5	-4.413	5.126			
26	19	4.727	-5.048	23	9	-4.546	4.402	20	22	4.419	-5.056			
27	12	-4.714	5.021	24	2	4.546	-4.322	21	15	-4.407	5.026			
28	5	4.721	-4.942	24	19	-4.532	4.292	22	8	4.414	-4.954			
28	22	-4.707	4.917	25	11	4.533	-5.569	23	1	-4.402	4.924			
29	15	4.713	-4.836	26	4	-4.523	5.540	23	18	4.408	-4.850			
30	8	-4.700	4.811	26	21	4.531	-5.471	24	11	-4.396	4.825			
31	1	4.703	-4.732	27	14	-4.520	5.440	25	4	4.401	-4.745			
31	18	-4.691	4.704	28	7	4.528	-5.371	25	21	-4.390	4.721			
Nov.	1	11	4.694	-4.626	29	0	-4.515	5.342	26	14	4.394	-4.641		
	2	4	-4.681	4.595	29	17	4.524	-5.270	27	7	-4.383	4.617		
	2	21	4.683	-4.521	30	10	-4.511	5.242	28	0	4.385	-4.538		
	3	14	-4.669	4.486	Déc.	1	3	4.518	-5.167	28	17	-4.375	4.511	
	4	7	4.672	-4.413		1	20	-4.506	5.143	29	10	4.377	-4.433	
	5	0	-4.656	4.377		2	13	4.511	-5.064	30	3	-4.366	4.404	
	5	17	4.659	-4.304		3	6	-4.500	5.041	30	20	4.369	-4.330	
	6	10	-4.642	4.270		3	23	4.504	-4.961	31	13	-4.357	4.297	
	7	3	4.645	-4.192		4	16	-4.493	4.937	Janv.	1	6	4.359	-4.224
	7	19	-4.628	5.543		5	9	4.496	-4.860		1	23	-4.347	4.190
8	12	4.639	-5.468	6		2	-4.485	4.832	2		15	4.354	-5.425	
9	5	-4.626	5.446	6		19	4.488	-4.756	3		8	-4.344	5.399	
9	22	4.634	-5.367	7		12	-4.476	4.725	4		1	4.354	-5.326	

ARIEL 2014

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	"	"
Déc.	30 19	5.668	-7.004	Févr.	25 13	-5.702	5.615	Avril	23 6	6.141	-5.451
	1 1	-5.649	7.237		26 19	5.720	-5.914		24 13	-6.141	4.546
Janv.	2 8	5.659	-6.418	28 1	-5.715	6.150	25 19	6.168	-4.856		
	3 14	-5.648	6.667	Mars	1 7	5.726	-6.439	27 1	-6.172	5.108	
	4 20	5.654	-6.954		2 14	-5.727	5.575	28 7	6.191	-5.414	
	6 2	-5.635	7.196	3 20	5.747	-5.863	29 14	-6.190	4.509		
7 9	5.646	-6.369	5 2	-5.741	6.110	30 20	6.220	-4.814			
8 15	-5.636	6.619	6 9	5.754	-5.275	Mai	2 2	-6.221	5.076		
9 21	5.643	-6.913	7 15	-5.757	5.526		3 8	6.241	-5.373		
11 3	-5.625	7.143	8 21	5.775	-5.824		4 15	-6.242	4.468		
12 10	5.638	-6.332	10 3	-5.770	6.060		5 21	6.270	-4.782		
13 16	-5.628	6.569	11 10	5.785	-5.237	7 3	-6.273	5.034			
14 22	5.636	-6.863	12 16	-5.788	5.479	8 9	6.292	-5.346			
16 4	-5.618	7.102	13 22	5.807	-5.777	9 16	-6.294	4.425			
17 11	5.632	-6.280	15 4	-5.802	6.023	10 22	6.323	-4.743			
18 17	-5.624	6.530	16 11	5.819	-5.186	12 4	-6.324	5.006			
19 23	5.631	-6.812	17 17	-5.822	5.441	13 10	6.344	-5.305			
21 6	-5.616	5.939	18 23	5.841	-5.730	14 17	-6.346	4.395			
22 12	5.632	-6.240	20 5	-5.836	5.977	15 23	6.374	-4.703			
23 18	-5.622	6.477	21 12	5.856	-5.148	17 5	-6.376	4.967			
25 0	5.632	-6.770	22 18	-5.858	5.392	18 11	6.396	-5.279			
26 7	-5.616	5.891	24 0	5.879	-5.693	19 18	-6.398	4.352			
27 13	5.634	-6.189	25 6	-5.872	5.930	21 0	6.427	-4.674			
28 19	-5.626	6.436	26 13	5.895	-5.101	22 6	-6.428	4.930			
30 1	5.634	-6.718	27 19	-5.898	5.356	23 12	6.448	-5.244			
31 8	-5.623	5.850	29 1	5.917	-5.645	24 19	-6.451	4.323			
Févr.	1 14	5.639	-6.142	30 7	-5.913	5.895	26 1	6.478	-4.633		
	2 20	-5.632	6.385	31 14	5.935	-5.056	27 7	-6.481	4.905		
	4 2	5.642	-6.674	Avril	1 20	-5.939	5.310	28 13	6.499	-5.210	
	5 9	-5.631	5.800		3 2	5.959	-5.609	29 20	-6.503	4.284	
	6 15	5.649	-6.097		4 8	-5.952	5.850	Juin	31 2	6.531	-4.606
7 21	-5.641	6.338	5 15	5.980	-5.018	1 8	-6.531		4.868		
9 3	5.652	-6.623	6 21	-5.981	5.267	2 14	6.552		-5.185		
10 10	-5.644	5.757	8 3	6.002	-5.564	3 21	-6.553		4.246		
11 16	5.661	-6.050	9 9	-5.997	5.815	5 3	6.582		-4.569		
12 22	-5.656	6.292	10 16	6.024	-4.974	6 9	-6.583	4.842			
14 4	5.664	-6.577	11 22	-6.028	5.229	7 15	6.601	-5.152			
15 11	-5.660	5.707	13 4	6.046	-5.525	8 22	-6.605	4.217			
16 17	5.678	-6.005	14 11	-6.043	4.627	10 4	6.631	-4.538			
17 23	-5.671	6.246	15 17	6.072	-4.936	11 10	-6.633	4.808			
19 5	5.683	-6.529	16 23	-6.073	5.188	12 16	6.652	-5.128			
20 12	-5.679	5.664	18 5	6.094	-5.487	13 23	-6.651	4.183			
21 18	5.698	-5.954	19 12	-6.090	4.587	15 5	6.682	-4.508			
23 0	-5.692	6.199	20 18	6.120	-4.892	16 11	-6.680	4.780			
24 6	5.702	-6.485	22 0	-6.122	5.150	17 17	6.700	-5.096			

ARIEL 2014

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	"	"
Juin	19	0	-6.700	4.153	Août	14	17	7.059	-4.206	Oct.	10	9	-6.890	5.627
	20	6	6.727	-4.479		15	23	-7.056	4.504		11	15	6.890	-5.963
	21	12	-6.729	4.751		17	5	7.070	-4.845		12	22	-6.870	4.979
	22	18	6.746	-5.075		18	11	-7.060	5.135		14	4	6.876	-5.321
	24	1	-6.746	4.117		19	17	7.065	-5.474		15	10	-6.856	5.614
	25	7	6.774	-4.450		21	0	-7.061	4.481		16	16	6.852	-5.948
	26	13	-6.772	4.726		22	6	7.077	-4.831		17	23	-6.831	4.958
	27	19	6.792	-5.047		23	12	-7.063	5.122		19	5	6.838	-5.307
	29	2	-6.788	4.091		24	18	7.072	-5.457		20	11	-6.816	5.596
	30	8	6.817	-4.417		26	1	-7.061	4.468		21	17	6.816	-5.930
Juill.	1	14	-6.816	4.699	27	7	7.078	-4.810	23	0	-6.788	4.944		
	2	20	6.834	-5.027	28	13	-7.065	5.106	24	6	6.797	-5.283		
	4	3	-6.830	4.057	29	19	7.070	-5.448	25	12	-6.777	5.578		
	5	9	6.856	-4.397	31	2	-7.058	4.447	26	18	6.774	-5.913		
	6	15	-6.856	4.669	Sept.	1	8	7.073	-4.801	28	0	-6.747	6.193	
	7	21	6.875	-5.002	2	14	-7.061	5.088	29	7	6.754	-5.270		
	9	4	-6.867	4.035	3	20	7.067	-5.434	30	13	-6.735	5.554		
	10	10	6.895	-4.364	5	3	-7.049	4.437	31	19	6.734	-5.892		
	11	16	-6.894	4.653	6	9	7.065	-4.780	Nov.	2	1	-6.705	6.177	
	12	22	6.912	-4.974	7	15	-7.051	5.080	3	8	6.711	-5.245		
14	5	-6.903	4.004	8	21	7.057	-5.416	4	14	-6.691	5.539			
15	11	6.930	-4.346	10	4	-7.036	4.418	5	20	6.692	-5.866			
16	17	-6.928	4.621	11	10	7.051	-4.772	7	2	-6.665	6.150			
17	23	6.946	-4.961	12	16	-7.037	5.060	8	9	6.667	-5.230			
19	5	-6.935	5.234	13	22	7.044	-5.411	9	15	-6.648	5.511			
20	12	6.962	-4.318	15	4	-7.021	5.693	10	21	6.649	-5.849			
21	18	-6.959	4.607	16	11	7.034	-4.754	12	3	-6.623	6.122			
23	0	6.976	-4.934	17	17	-7.019	5.055	13	10	6.623	-5.204			
24	6	-6.966	5.222	18	23	7.025	-5.390	14	16	-6.605	5.494			
25	13	6.988	-4.290	20	5	-7.003	5.689	15	22	6.607	-5.817			
26	19	-6.987	4.580	21	12	7.010	-4.735	17	4	-6.581	6.103			
28	1	7.005	-4.921	22	18	-6.997	5.036	18	11	6.579	-5.175			
29	7	-6.992	5.198	24	0	7.004	-5.385	19	17	-6.563	5.465			
30	14	7.014	-4.273	25	6	-6.980	5.668	20	23	6.565	-5.797			
31	20	-7.009	4.557	26	13	6.985	-4.728	22	5	-6.540	6.068			
Août	2	2	7.028	-4.898	27	19	-6.970	5.019	23	12	6.538	-5.157		
	3	8	-7.016	5.187	29	1	6.977	-5.366	24	18	-6.520	5.434		
	4	15	7.032	-4.247	30	7	-6.954	5.662	26	0	6.525	-5.765		
	5	21	-7.030	4.542	Oct.	1	14	6.953	-4.707	27	6	-6.501	6.047	
	7	3	7.046	-4.878	2	20	-6.941	5.010	28	12	6.495	-6.356		
	8	9	-7.035	5.166	4	2	6.946	-5.349	Déc.	29	19	-6.482	5.413	
	9	16	7.048	-4.231	5	8	-6.925	5.644	1	1	6.484	-5.733		
	10	22	-7.044	4.519	6	14	6.922	-5.983	2	7	-6.463	6.011		
	12	4	7.062	-4.863	7	21	-6.905	4.990	3	13	6.459	-6.330		
	13	10	-7.048	5.150	9	3	6.914	-5.338	4	20	-6.442	5.377		

ARIEL 2014

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	"	"
Déc.	6 2	6.449	-5.706	Déc.	17 10	-6.360	5.908	Déc.	28 18	6.308	-6.142
	7 8	-6.426	5.976		18 16	6.361	-6.219		30 1	-6.292	5.211
	8 14	6.424	-6.290		19 23	-6.343	5.281		31 7	6.302	-5.523
	9 21	-6.408	5.352		21 5	6.352	-5.598	Janv.	1 13	-6.285	5.796
	11 3	6.412	-5.670		22 11	-6.333	5.873		2 19	6.287	-6.095
	12 9	-6.393	5.945		23 17	6.332	-6.181		4 2	-6.272	5.171
	13 15	6.389	-6.255		25 0	-6.317	5.245		5 8	6.282	-5.489
	14 22	-6.374	5.315		26 6	6.324	-5.565				
	16 4	6.381	-5.638		27 12	-6.308	5.830				

UMBRIEL 2014

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	"	"
Déc.	31	7	-7.892	9.775	Avril	3	15	8.277	-7.253	Juill.	5	21	-9.553	6.852
	Janv.	2	9	7.858		-9.647	5	16	-8.329		7.798	7	23	9.548
	4	11	-7.877	9.230		7	18	8.327	-7.681		10	1	-9.599	6.282
	6	13	7.844	-9.111		9	20	-8.380	7.258		12	3	9.589	-6.191
	8	14	-7.861	9.634		11	22	8.382	-7.150		14	4	-9.639	6.779
	10	16	7.833	-9.511		13	23	-8.428	7.680		16	6	9.629	-6.692
	12	18	-7.852	9.097		16	1	8.433	-7.583		18	8	-9.677	6.216
	14	20	7.827	-8.980		18	3	-8.487	7.140		20	10	9.664	-6.132
	16	21	-7.842	9.485		20	5	8.489	-7.053		22	11	-9.712	6.704
	18	23	7.823	-9.389		22	7	-8.537	6.593		24	13	9.699	-6.651
	21	1	-7.841	8.947		24	8	8.545	-7.486		26	15	-9.743	6.141
	23	3	7.821	-8.851		26	10	-8.598	7.028		28	17	9.722	-6.074
	25	4	-7.840	9.344		28	12	8.602	-6.957		30	18	-9.775	6.651
	27	6	7.824	-9.256		30	14	-8.654	6.475	Août	1	20	9.751	-6.593
	29	8	-7.845	8.798	Mai	2	15	8.656	-7.399		3	22	-9.795	6.074
Févr.	31	10	7.830	-8.727			4	17	-8.717	6.922		5	23	9.770
	2	11	-7.850	9.193		6	19	8.717	-6.855		8	1	-9.821	6.592
	4	13	7.837	-9.124		8	21	-8.774	6.375		10	3	9.787	-6.534
	6	15	-7.866	8.658		10	22	8.772	-7.304		12	4	-9.836	7.104
	8	17	7.849	-8.592		13	0	-8.838	6.819		14	6	9.799	-7.049
	10	18	-7.876	9.051		15	2	8.832	-6.763		16	8	-9.851	6.545
	12	20	7.864	-8.990		17	4	-8.897	6.274		18	10	9.809	-6.472
	14	22	-7.899	8.520		19	5	8.887	-7.206		20	11	-9.857	7.063
	17	0	7.882	-8.453		21	7	-8.961	6.740		22	13	9.814	-6.989
	19	2	-7.918	7.977		23	9	8.949	-6.659		24	15	-9.864	6.502
	21	3	7.900	-8.854		25	11	-9.017	6.182		26	17	9.811	-6.411
	23	5	-7.947	8.391		27	12	9.004	-7.119		28	18	-9.863	7.026
	25	7	7.927	-8.310		29	14	-9.081	6.654		30	20	9.813	-6.925
	27	9	-7.971	7.854		31	16	9.065	-6.560	Sept.	1	22	-9.854	6.465
Mars	1	10	7.951	-8.712	Juin	2	18	-9.138	6.108		3	23	9.803	-7.446
	3	12	-8.005	8.263			4	19	9.120	-7.023		6	1	-9.849
	5	14	7.984	-8.176		6	21	-9.197	6.580		8	3	9.794	-6.874
	7	16	-8.037	7.730		8	23	9.182	-6.471		10	4	-9.830	7.513
	9	18	8.015	-7.621		11	1	-9.251	6.027		12	6	9.780	-7.388
	11	19	-8.073	8.151		13	2	9.235	-6.939		14	8	-9.814	6.947
	13	21	8.055	-8.036		15	4	-9.311	6.511		16	10	9.761	-6.819
	15	23	-8.110	7.607		17	6	9.293	-6.384		18	11	-9.789	7.462
	18	1	8.092	-7.495		19	8	-9.359	5.953		20	13	9.741	-7.347
	20	2	-8.150	8.030		21	9	9.348	-6.865		22	15	-9.762	6.891
	22	4	8.136	-7.904		23	11	-9.413	6.438		24	16	9.711	-7.866
	24	6	-8.193	7.498		25	13	9.401	-6.309		26	18	-9.733	7.414
	26	8	8.181	-7.367		27	14	-9.460	6.915		28	20	9.685	-7.298
	28	9	-8.234	7.911		29	16	9.452	-6.805		30	21	-9.693	7.919
	30	11	8.229	-7.791	Juill.	1	18	-9.511	6.364	Oct.	2	23	9.652	-7.830
Avril	1	13	-8.283	7.376		3	20	9.501	-6.240		5	1	-9.661	7.347

UMBRIEL 2014

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.	7 3	9.614	-7.254	Nov.	9 6	9.244	-8.067	Déc.	12 10	8.886	-7.651
	9 4	-9.622	7.858		11 8	-9.257	7.569		14 11	-8.898	8.235
	11 6	9.576	-7.781		13 10	9.190	-7.487		16 13	8.851	-8.111
	13 8	-9.579	7.279		15 11	-9.210	8.047		18 15	-8.863	7.663
	15 10	9.532	-7.207		17 13	9.145	-7.977		20 17	8.816	-7.544
	17 11	-9.537	7.785		19 15	-9.160	7.485		22 18	-8.829	8.116
	19 13	9.489	-7.727		21 16	9.094	-8.442		24 20	8.791	-7.997
	21 15	-9.491	7.207		23 18	-9.116	7.972		26 22	-8.797	7.542
	23 16	9.440	-8.232		25 20	9.051	-7.865		28 23	8.760	-8.455
	25 18	-9.448	7.714		27 21	-9.065	8.441		31 1	-8.773	7.981
Nov.	27 20	9.394	-7.658	Déc.	29 23	9.006	-8.339	Janv.	2 3	8.739	-7.890
	29 21	-9.398	8.210		2 1	-9.024	7.874		4 5	-8.747	7.412
	31 23	9.344	-8.158		4 3	8.962	-7.755		6 6	8.715	-8.332
	3 1	-9.354	7.636		6 4	-8.979	8.349		8 8	-8.730	7.852
	5 3	9.292	-7.584		8 6	8.924	-8.222		10 10	8.701	-7.772
	7 4	-9.306	8.132		10 8	-8.938	7.774		12 12	-8.712	7.271

TITANIA 2014

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	"	"
Déc.	30 1	12.918	-15.001	Mai	5 10	-14.289	11.284	Sept.	8 16	16.119	-11.508
Janv.	3 9	-12.907	15.425		9 19	14.396	-10.756		13 1	-16.060	11.242
	7 18	12.865	-14.840		14 3	-14.491	11.217		17 9	16.052	-11.512
	12 2	-12.864	15.251		18 12	14.602	-10.671		21 17	-15.994	12.125
	16 11	12.837	-14.651		22 20	-14.707	11.206		26 2	15.947	-11.573
	20 19	-12.852	15.144		27 5	14.796	-10.620		30 10	-15.892	12.113
	25 4	12.828	-14.458		31 14	-14.914	10.353	Oct.	4 18	15.832	-12.432
	29 13	-12.861	14.230	Juin	4 22	15.000	-10.581		9 3	-15.763	12.115
Févr.	2 21	12.849	-14.291		9 7	-15.112	10.303		13 11	15.695	-12.402
	7 6	-12.893	14.051		13 15	15.198	-10.527		17 20	-15.628	12.160
	11 14	12.901	-14.124		18 0	-15.307	10.341		22 4	15.529	-12.380
	15 23	-12.943	13.934		22 8	15.379	-10.478		26 12	-15.471	12.964
	20 7	12.970	-13.942		26 17	-15.490	10.312		30 21	15.365	-12.350
	24 16	-13.024	13.776	Juill.	1 1	15.551	-10.464	Nov.	4 5	-15.302	12.912
Mars	1 1	13.061	-13.051		5 10	-15.653	10.284		8 13	15.200	-13.117
	5 9	-13.124	13.605		9 18	15.717	-10.460		12 22	-15.133	12.923
	9 18	13.186	-12.947		14 3	-15.790	10.328		17 6	15.029	-13.024
	14 3	-13.235	12.727		18 11	15.854	-10.437		21 15	-14.969	12.841
	18 11	13.319	-12.799		22 20	-15.915	10.333		25 23	14.866	-12.945
	22 20	-13.377	12.598		27 4	15.966	-10.444		30 7	-14.808	13.547
	27 4	13.465	-12.666		31 12	-16.013	11.162	Déc.	4 16	14.724	-12.854
	31 13	-13.536	12.456	Août	4 21	16.065	-10.510		9 0	-14.654	13.477
Avril	4 22	13.634	-11.864		9 5	-16.073	11.184		13 9	14.587	-12.719
	9 6	-13.701	12.325		13 14	16.125	-10.515		17 17	-14.529	13.353
	13 15	13.815	-11.750		17 22	-16.118	11.213		22 2	14.467	-12.590
	18 0	-13.886	11.470		22 6	16.151	-11.383		26 10	-14.421	13.196
	22 8	14.002	-11.640		26 15	-16.134	11.217		30 19	14.381	-12.508
	26 17	-14.088	11.384		30 23	16.150	-11.487	Janv.	4 3	-14.326	13.051
Mai	1 1	14.190	-11.604	Sept.	4 8	-16.110	11.217		8 12	14.310	-12.351

OBÉRON 2014

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	"	"
Déc.	26	22	-17.193	20.523	Mai	4	1	18.996	-15.005	Sept.	9	0	-21.423	15.156
Janv.	2	15	17.183	-20.611		10	19	-19.166	14.894		15	17	21.382	-15.496
	9	9	-17.075	20.350		17	13	19.427	-14.395		22	10	-21.262	16.148
	16	3	17.113	-19.817		24	7	-19.577	14.237		29	4	21.200	-15.680
	22	21	-17.034	19.452		31	0	19.866	-14.495	Oct.	5	21	-21.022	16.377
	29	14	17.120	-19.664	Juin	6	18	-19.992	14.347		12	14	20.937	-16.633
Févr.	5	8	-17.079	19.273		13	12	20.281	-13.962		19	8	-20.709	16.498
	12	2	17.200	-18.870		20	6	-20.384	13.713		26	1	20.628	-16.806
	18	20	-17.210	18.417		26	23	20.659	-14.157	Nov.	1	18	-20.370	17.357
	25	14	17.354	-18.089	Juill.	3	17	-20.741	13.893		8	12	20.283	-16.942
Mars	4	8	-17.409	17.645		10	11	20.979	-13.653		15	5	-20.021	17.346
	11	2	17.570	-17.278		17	4	-21.052	14.055		21	22	19.937	-17.733
	17	20	-17.681	16.890		23	22	21.237	-13.885		28	16	-19.689	17.365
	24	14	17.856	-16.533		30	15	-21.283	14.307	Déc.	5	9	19.608	-17.724
	31	8	-18.001	16.188	Août	6	9	21.405	-14.074		12	3	-19.407	17.287
Avril	7	2	18.192	-15.737		13	2	-21.435	14.572		18	20	19.334	-17.669
	13	20	-18.365	15.514		19	20	21.493	-14.329		25	14	-19.176	17.224
	20	13	18.575	-15.710		26	13	-21.481	14.866	Janv.	1	8	19.116	-16.820
	27	7	-18.753	15.518	Sept.	2	6	21.485	-15.240		8	1	-19.022	17.123

CALENDRIER

Notations :

D : Date, jour du mois.

JOUR : Jour de la semaine.

JJ : Jour Julien à 12h.

JDA : Jour de l'année.

CALENDRIER 2014

JANVIER				FÉVRIER				MARS			
D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA
0			0	0			31	0			59
1	Mer	2456659	1	1	Sam	2456690	32	1	Sam	2456718	60
2	Jeu	6660	2	2	Dim	6691	33	2	Dim	6719	61
3	Ven	6661	3	3	Lun	6692	34	3	Lun	6720	62
4	Sam	6662	4	4	Mar	6693	35	4	Mar	6721	63
5	Dim	6663	5	5	Mer	6694	36	5	Mer	6722	64
6	Lun	6664	6	6	Jeu	6695	37	6	Jeu	6723	65
7	Mar	6665	7	7	Ven	6696	38	7	Ven	6724	66
8	Mer	6666	8	8	Sam	6697	39	8	Sam	6725	67
9	Jeu	6667	9	9	Dim	6698	40	9	Dim	6726	68
10	Ven	6668	10	10	Lun	6699	41	10	Lun	6727	69
11	Sam	6669	11	11	Mar	6700	42	11	Mar	6728	70
12	Dim	6670	12	12	Mer	6701	43	12	Mer	6729	71
13	Lun	6671	13	13	Jeu	6702	44	13	Jeu	6730	72
14	Mar	6672	14	14	Ven	6703	45	14	Ven	6731	73
15	Mer	6673	15	15	Sam	6704	46	15	Sam	6732	74
16	Jeu	6674	16	16	Dim	6705	47	16	Dim	6733	75
17	Ven	6675	17	17	Lun	6706	48	17	Lun	6734	76
18	Sam	6676	18	18	Mar	6707	49	18	Mar	6735	77
19	Dim	6677	19	19	Mer	6708	50	19	Mer	6736	78
20	Lun	6678	20	20	Jeu	6709	51	20	Jeu	6737	79
21	Mar	6679	21	21	Ven	6710	52	21	Ven	6738	80
22	Mer	6680	22	22	Sam	6711	53	22	Sam	6739	81
23	Jeu	6681	23	23	Dim	6712	54	23	Dim	6740	82
24	Ven	6682	24	24	Lun	6713	55	24	Lun	6741	83
25	Sam	6683	25	25	Mar	6714	56	25	Mar	6742	84
26	Dim	6684	26	26	Mer	6715	57	26	Mer	6743	85
27	Lun	6685	27	27	Jeu	6716	58	27	Jeu	6744	86
28	Mar	6686	28	28	Ven	6717	59	28	Ven	6745	87
29	Mer	6687	29					29	Sam	6746	88
30	Jeu	6688	30					30	Dim	6747	89
31	Ven	6689	31					31	Lun	6748	90

AVRIL				MAI				JUIN			
D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA
0			90	0			120	0			151
1	Mar	2456749	91	1	Jeu	2456779	121	1	Dim	2456810	152
2	Mer	6750	92	2	Ven	6780	122	2	Lun	6811	153
3	Jeu	6751	93	3	Sam	6781	123	3	Mar	6812	154
4	Ven	6752	94	4	Dim	6782	124	4	Mer	6813	155
5	Sam	6753	95	5	Lun	6783	125	5	Jeu	6814	156
6	Dim	6754	96	6	Mar	6784	126	6	Ven	6815	157
7	Lun	6755	97	7	Mer	6785	127	7	Sam	6816	158
8	Mar	6756	98	8	Jeu	6786	128	8	Dim	6817	159
9	Mer	6757	99	9	Ven	6787	129	9	Lun	6818	160
10	Jeu	6758	100	10	Sam	6788	130	10	Mar	6819	161
11	Ven	6759	101	11	Dim	6789	131	11	Mer	6820	162
12	Sam	6760	102	12	Lun	6790	132	12	Jeu	6821	163
13	Dim	6761	103	13	Mar	6791	133	13	Ven	6822	164
14	Lun	6762	104	14	Mer	6792	134	14	Sam	6823	165
15	Mar	6763	105	15	Jeu	6793	135	15	Dim	6824	166
16	Mer	6764	106	16	Ven	6794	136	16	Lun	6825	167
17	Jeu	6765	107	17	Sam	6795	137	17	Mar	6826	168
18	Ven	6766	108	18	Dim	6796	138	18	Mer	6827	169
19	Sam	6767	109	19	Lun	6797	139	19	Jeu	6828	170
20	Dim	6768	110	20	Mar	6798	140	20	Ven	6829	171
21	Lun	6769	111	21	Mer	6799	141	21	Sam	6830	172
22	Mar	6770	112	22	Jeu	6800	142	22	Dim	6831	173
23	Mer	6771	113	23	Ven	6801	143	23	Lun	6832	174
24	Jeu	6772	114	24	Sam	6802	144	24	Mar	6833	175
25	Ven	6773	115	25	Dim	6803	145	25	Mer	6834	176
26	Sam	6774	116	26	Lun	6804	146	26	Jeu	6835	177
27	Dim	6775	117	27	Mar	6805	147	27	Ven	6836	178
28	Lun	6776	118	28	Mer	6806	148	28	Sam	6837	179
29	Mar	6777	119	29	Jeu	6807	149	29	Dim	6838	180
30	Mer	6778	120	30	Ven	6808	150	30	Lun	6839	181
				31	Sam	6809	151				

INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

OBSERVATOIRE DE PARIS

77, AVENUE DENFERT-ROCHEREAU, 75014 PARIS

Secrétariat : 01-40-51-21-28

Renseignements : 01-40-51-22-70

Directeur : Daniel HESTROFFER

Directeur adjoint : Valéry LAINEY

CORPS DES ASTRONOMES ET DES ASTRONOMES ADJOINTS

Astronomes : Jean-Eudes ARLOT,
Daniel HESTROFFER,
Patrick ROCHER,
William THUILLOT.

Astronomes adjoints : Benoît CARRY,
Florent DELEFLIE,
Pascal DESCAMPS,
Valéry LAINEY,
Jérémie VAUBAILLON.

CORPS DES CHERCHEURS DU CNRS

Directeurs de recherche : Jacques LASKAR.

Chargés de recherche : Alain ALBOUY,
François COLAS,
Philippe ROBUTEL.

CORPS DES ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DES UNIVERSITÉS

Professeurs : Alain CHENCINER,
Jacques FEJOZ,
Alain VIENNE.

Maîtres de conférences : Gwenaël BOUÉ,
Marc FOUCHARD,
Laurent NIEDERMAN,
Nicolas RAMBAUX,

Stéfan RENNER,
Radu STOICA (DÉLÉGATION).

CORPS DES INGÉNIEURS ET TECHNICIENS DU CNRS

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

Ingénieurs d'études : Mirel BIRLAN,
Hervé MANCHE,
Zhiqiang QIN,
Christian RUATTI,
Mokhtar SADJI.

Assistants ingénieurs : Rachida AMHIDEZ.

CORPS DES INGÉNIEURS ET TECHNICIENS DE RECHERCHE ET DE FORMATION

Ingénieurs de recherche : Frédéric DAUVERGNE.

Ingénieurs d'études : Romain DECOSTA,
Sylvie LEMAÎTRE-POTTIER,
Louis-Étienne MEUNIER,
Jonathan NORMAND,
Nicolas THOUVENIN.

Assistants ingénieurs : François NOCTULLE.

Techniciens : Philippe DUHAMEL,
Yohann GOMINET,
Kamel MESLOUG,
Agnès PATU.

ÉTUDIANTS pour l'année 2013

Thésitifs : Farida BAIDOLDA,
Jérôme DAQUIN,
Jean-Baptiste DELISLE,
Yann DUCHEMIN,
Maryame EL MOUTAMID,
Fatoumata KEBE,

Shan-Na LI,
Jessica MASSETTI,
Alexandre POUSSE,
Françoise REMUS,
Andy RICHARD,
Radwan TAJEDDINE,
Xu XINGBO,
Lei ZHAO.
Thierry COMBOT,
Siegfried EGGL,
Anatoliy IVANTSOV.

Post doctorants :

BUREAU DES LONGITUDES

23, QUAI DE CONTI, 75006 PARIS

Bureau pour l'année 2013

<i>Président :</i>	Pierre BAÜER
<i>Vice-Président :</i>	François BARLIER
<i>Secrétaire :</i>	Pascal WILLIS

MEMBRES TITULAIRES

Jean KOVALEVSKY, membre de l'Académie des sciences, observatoire de la Côte d'Azur.

Roger CAYREL, astronome, observatoire de Paris.

Nicole CAPITAINE, astronome, observatoire de Paris.

Jean-Louis LE MOUËL(*), membre de l'Académie des sciences, institut de physique du globe de Paris.

Suzanne DÉBARBAT, astronome titulaire honoraire, observatoire de Paris.

Jean-Paul POIRIER(*), membre de l'Académie des sciences, institut de physique du globe de Paris.

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

Pierre BAÜER, directeur de recherche au CNRS, centre national de recherches météorologiques.

Noël DIMARCQ, directeur de recherche au CNRS, directeur du SYRTE.

Jacques LASKAR, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

Claude BOUCHER, ingénieur des Ponts, Eaux et Forêts.

François MIGNARD, directeur de recherche au CNRS, observatoire de la Côte d'Azur.

MEMBRES TITULAIRES HONORAIRES

Jean-François DENISSE, membre de l'Académie des sciences, ancien président du CNES.

Bernard GUINOT, astronome honoraire, observatoire de Paris.

Claude AUDOIN, directeur de recherche au CNRS, chercheur associé à l'observatoire de Paris.

MEMBRES EN SERVICE EXTRAORDINAIRE

Bruno FRACHON, directeur général du Service hydrographique et océanographique de la Marine.

Jean-Philippe LAGRANGE, directeur technique adjoint de l'Institut géographique national.

Pascale DELÉCLUSE, directrice adjointe de la recherche à Météo France.

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

Daniel HESTROFFER ([°]), astronome, directeur de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

Richard BONNEVILLE, directeur adjoint au CNES.

MEMBRES CORRESPONDANTS

Marcel GOLAY, professeur, ancien directeur de l'observatoire de Genève.

Jean CHAPRONT, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

Jean-Claude DUPLESSY, directeur de recherche au CNRS, laboratoire des sciences du climat et de l'environnement.

Jean-Eudes ARLOT, directeur de recherche au CNRS, IMCCE.

Victor BRUMBERG, professeur, Institut d'astronomie appliquée, Saint-Pétersbourg.

Jean-Claude HUSSON, membre de l'Académie de l'air et de l'espace, ancien président directeur général d'Alcatel Espace.

Jean-Louis SIMON, astronome, Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

Georges BALMINO, ingénieur émérite CNES, ancien directeur exécutif du GRGS, observatoire Midi-Pyrénées.

Michel CRÉPON, directeur de recherche au CNRS, institut Pierre Simon Laplace.

Pascal WILLIS, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, IPGP.

Sylvio FERRAZ-MELLO, professeur, université de São Paulo.

Elisa Felicitas ARIAS, physicien chercheur principal, Bureau international des poids et mesures.

Catherine TURON, astronome, observatoire de Paris.

Christophe SOTIN, professeur, université de Nantes.

José ACHACHE, professeur, directeur du secrétariat du "Group on Earth observation".

Catherine DE BERGH, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

Yves DESNOËS, ingénieur général de l'Armement, ancien directeur général du Service hydrographique et océanographique de la Marine.

Frédérique RÉMY, directeur de recherche au CNRS, observatoire Midi-Pyrénées.

Chantal BALKOWSKI, astronome, observatoire de Paris.

Anny CAZENAVE, directrice-adjointe du LEGOS, observatoire Midi-Pyrénées.

Véronique DEHANT, chef de section, observatoire royal de Belgique.

Annie SOURIAU, sismologue émérite l'observatoire Midi-Pyrénées.

Michel DIAMENT, institut de physique du globe de Paris.

Alessandro MORBIDELLI, astronome à l'observatoire de la Côte d'Azur.

Patrick CHARLOT, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Bordeaux .

Terry QUINN, directeur émérite du BIPM.

Luc BLANCHET, directeur de recherche au CNRS, Institut d'astrophysique de Paris.

Pierre BRIOLE, directeur de recherche au CNRS, École normale supérieure.

Marie-Françoise LALANCETTE-LEQUENTREC, Chef du Bureau géophysique marine au SHOM.

Jean PAILLEUX, Météo-France.

([°]) Au titre de l'Observatoire de Paris

MEMBRES CORRESPONDANTS HONORAIRES

Jean-Claude PECKER, membre de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France.
Raymond MICHARD, astronome titulaire honoraire, ancien président de l'observatoire de Paris.
Gilbert AMAT, professeur honoraire, université de Paris VI.
Michel LEFEBVRE, ingénieur honoraire CNES, Groupe de recherches de géodésie spatiale,
observatoire Midi-Pyrénées.

Secrétaire administratif : Michel TELLIER

ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

2 0 1 4

Cet ouvrage d'éphémérides destiné aux astronomes, aux professeurs et aux étudiants est divisé en deux parties.

La première partie donne l'état actuel des connaissances sur les constantes astronomiques fondamentales, les échelles de temps, les systèmes de référence, la rotation de la Terre, les changements de coordonnées. On y trouve aussi les explications nécessaires au calcul des éphémérides à partir des tables numériques fournies dans la deuxième partie et à l'usage du logiciel accompagnant l'ouvrage.

La deuxième partie donne pour l'année en cours, sous forme d'éphémérides tabulées, le Temps sidéral, les nutations en longitude et en obliquité, les variables se référant aux nouveaux concepts définis par l'UAI (angle de rotation de la Terre, équation des origines, coordonnées du pôle céleste intermédiaire, angle s) et les coordonnées du Soleil, de la Lune et des planètes. Elle donne aussi les coordonnées tangentielles aux heures les plus proches des élongations des satellites de Mars, des satellites galiléens de Jupiter, des huit premiers satellites de Saturne et des cinq principaux satellites d'Uranus.

À partir de 2008, les éphémérides utilisées pour le calcul des positions des satellites des planètes Mars, Jupiter et Uranus sont désormais calculées à partir d'une nouvelle approche entièrement numérique basée sur le logiciel NOE (Numerical Orbit and Ephemerides) développé à l'IMCCE. Ce nouveau modèle dynamique et les éphémérides associées font l'objet du chapitre 7.

Des éphémérides électroniques accompagnent l'ouvrage et constituent maintenant les éphémérides de précision proprement dites. Elles permettent de calculer, d'une manière interactive, non seulement toutes les variables tabulées dans la *Connaissance des Temps* mais aussi les coordonnées horizontales et les levers et couchers des astres. Elles sont donc bien adaptées à la préparation d'observations.

La *Connaissance des Temps* a été créée en 1679 par Joachim Dalancé. Cette édition, publiée sous la responsabilité du Bureau des longitudes depuis 1795, est la 336^e d'une éphéméride qui a paru sans interruption depuis sa création.



38 euros

978-2-7598-1049-9

www.edpsciences.org

edp sciences