


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

# ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

CONNAISSANCE  
DES TEMPS

2 0 0 6

  
EDP  
SCIENCES

**BUREAU DES LONGITUDES**

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

**OBSERVATOIRE DE PARIS**

**ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES 2006**

**CONNAISSANCE DES TEMPS**

## AUTRES PUBLICATIONS DU MÊME AUTEUR

### Publications éditées par EDP Sciences

*Annuaire du Bureau des longitudes*. Guide de données astronomiques 2006.

*Agenda astronomique pour 2006*.

*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*, IMCCE, à paraître, septembre 2005.

### Publication éditée par Edinautic, Paris

*Éphémérides Nautiques 2006*.

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

*Suppléments à la Connaissance des Temps*.

Éphémérides des satellites faibles de Jupiter (VI, VII, VIII, IX) et de Saturne (IX) pour 2006.

Phénomènes et configurations des satellites galiléens de Jupiter pour 2006.

Configurations des huit premiers satellites de Saturne pour 2006.

*Le Calendrier Républicain* (réédition en 1994).

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

*Encyclopédie scientifique de l'Univers*.

La physique (1981).

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

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

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

## AVANT-PROPOS

La *Connaissance des Temps* est, de toutes les éphémérides publiées de nos jours, la plus ancienne puisque son premier volume concerne l'année 1679. Il s'agit alors comme l'indique son auteur dans la dédicace AU ROY, de publier cet ouvrage « après l'avoir épuré de toutes les choses ridicules dont ces sortes d'Ouvrages ont esté remplis jusqu'à présent ». Il s'agit donc bien, et de décennie en décennie cela se confirmera, d'une éphéméride spécifiquement scientifique. L'évolution, au cours du temps, suivra les progrès de la science, fera place aux nouvelles découvertes, introduira des théories et des concepts nouveaux, fournira les éphémérides des corps célestes avec une précision toujours accrue.

La *Connoissance des Temps*, titre de ses débuts, éphéméride à parution annuelle, s'est trouvée placée sous des responsabilités diverses, puis pour une longue période sous l'autorité de l'Académie Royale des Sciences. Cette dernière désignait celui de ses membres qui devrait surveiller et réaliser la mise en œuvre. Quand, en 1795, le Bureau des longitudes est créé, la réalisation de la *Connaissance des Temps* lui est attribuée. L'éphéméride, qui a déjà été modifiée à plusieurs reprises, poursuit son évolution au XIX<sup>e</sup> siècle. Il en sera de même au XX<sup>e</sup> siècle où, par exemple, en 1979, sont introduits les développements en polynômes de Tchebychev.

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

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

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

S. Débarbat  
*Président du Bureau des longitudes*

## PRÉFACE

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

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

La première partie de cet ouvrage comprend six chapitres. Les quatre 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. Le cinquième chapitre traite des changements de coordonnées ; il contient, cette année, un paragraphe supplémentaire qui présente l'application des résolutions de l'UAI 2000 sur l'origine non-tournante aux transformations entre systèmes de référence céleste et terrestre. Le sixième 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 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 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. Dans cette partie figurent en outre maintenant 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  $s$ .

Le système de constantes astronomiques utilisé est celui que l'UAI a adopté en 1976. L'époque standard est l'époque J2000 et l'échelle de temps adoptée (TAI + 32.184s) est conforme aux décisions de l'UAI 1976. Les nouvelles résolutions de l'UAI adoptées en 2000, sont appliquées progressivement. Parallèlement, de nouvelles théories des mouvements des corps du système solaire ont été construites (satellites) ou sont en construction (planètes et Lune) à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides. Elles vont être introduites dans nos éphémérides.

Dans la version précédente, deux améliorations importantes avaient été effectuées par l'introduction des modèles de précession UAI 2000 et de nutation UAI 2000A, et, pour les éphémérides des satellites de Saturne, par l'usage de la théorie Tass 1.6 (Vienne et Duriez, 1995) pour Mimas, Encelade, Téthys, Dioné, Rhéa, Japet et de la théorie de Duriez et Vienne (1997) pour Hypérion.

La présente édition représente, elle, une nouvelle étape 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. Dans ce but, de nouveaux changements ont ainsi été effectués dans la *Connaissance des Temps* 2006 :

- Les nouvelles résolutions de l'UAI adoptées en 2000 et impliquant, en particulier, l'utilisation de l'origine non-tournante sont appliquées plus avant, puisque les valeurs des variables liées aux nouveaux concepts sont données pour l'année en cours.

– La représentation des coordonnées en développements polynomiaux est maintenant abandonnée dans les pages de l’ouvrage au profit d’une représentation tabulée mais reste en usage sous forme de fichiers électroniques accessibles à l’utilisateur.

– Des éphémérides électroniques accompagnent l’ouvrage et constituent maintenant les éphémérides de précision proprement dites. Les tabulations permettent une interpolation précise, pour le Temps sidéral, les nutations, les variables se référant aux nouveaux concepts définis par l’UAI et les coordonnées du Soleil, des planètes et de la Lune. Leur but principal, cependant, est de permettre la vérification du bon usage du logiciel ou de connaître l’allure annuelle des variations. Il faut noter que l’usage de ce logiciel permet le calcul de séries de positions pour plusieurs objets du système solaire, les calculs de coordonnées horizontales et celui de levers et de couchers. Il se trouve donc bien adapté à la préparation d’observations.

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

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

W. Thuillot

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

A. Fienga, J.-L. Simon

*Responsables de la publication*

*Comité de rédaction*

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

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

*Collaboration technique* : M. Birlan, S. Lemaitre-Pottier, J. Normand, V. Raoult, Ch. Ruatti.

*Remerciements.* Nous remercions vivement M. Chapront-Touzé qui nous a autorisé à reproduire de larges extraits du chapitre 4 qu’elle avait rédigé pour l’*Introduction aux éphémérides astronomiques* et P. Teyssandier qui nous a conseillé pour la traduction de la section 3.2.

## NOUVEAUTÉS DE L'ÉDITION 2006

### 1. Première partie : Introduction aux éphémérides

#### *Mise à jour des données sur les satellites des planètes*

La table I.15 a été actualisée. Nous avons, en particulier, introduit les données concernant dix-huit nouveaux satellites de Saturne.

#### *Application des résolutions de l'UAI 2001 aux changements de coordonnées*

Cette application fait l'objet d'un paragraphe entièrement nouveau du chapitre 5, le paragraphe 5.4 (pages I. 162 – I. 165). Nous présentons 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.

#### *Explications liées aux éphémérides*

Ces explications font l'objet du chapitre 6 qui a été profondément modifié. Il donne, en particulier, des formules d'interpolation permettant de calculer les coordonnées pour une date quelconque à partir des tables. Il décrit également les éphémérides électroniques qui accompagnent l'ouvrage.

### 2. Deuxième partie : Éphémérides pour l'année 2006

#### *Présentation*

Les éphémérides ne sont plus présentées sous forme de coefficients polynomiaux mais sont tabulées pour des dates données.

#### *Nouvelles variables*

De nouvelles variables liées à l'origine non-tournante sont tabulées :

- Angle de rotation de la Terre  $ERA$  et équation des origines  $o$  (pages II. 10 – II. 13)
- Coordonnées du CIP  $X$  et  $Y$ , variable  $s$  (pages II. 16 – II. 19)

### 3. Éphémérides électroniques

La publication est accompagnée d'un CDROM qui permet 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.



## LISTE DES ACRONYMES

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

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

## NOTATIONS

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

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

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

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

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

## ERRATA

### Connaissance des Temps 2006

– éphémérides électroniques sur CDROM, coordonnées rectangulaires du Soleil, *au lieu de* équinoxe et écliptique moyens J2000, *lire* équinoxe et équateur moyens J2000.

### Connaissance des Temps 2005

– page I. 16, troisième ligne, *au lieu de*  $k$  ( $e \sin \varpi$ ), *lire*  $h$  ( $e \sin \varpi$ ) ;

– page I. 16, table 1.12,  $q$  de Pluton, *au lieu de*  $-0.00517029$ , *lire*  $-0.0517029$  ;

– page I. 156, Deuxième méthode, *au lieu de* les quatre rotations  $R_3(-\chi_A)$ ,  $R_1(\omega_A)$ ,  $R_3(\psi_A)$  et  $R_1(\varepsilon_0)$ , *lire* les quatre rotations  $R_1(\varepsilon_0)$ ,  $R_3(-\psi_A)$ ,  $R_1(-\omega_A)$  et  $R_3(\chi_A)$ .

L'équation (5.17) s'écrit alors :

$$\begin{pmatrix} x_D^A \\ y_D^A \\ z_D^A \end{pmatrix} = R_3(\chi_A) R_1(-\omega_A) R_3(-\psi_A) R_1(\varepsilon_0) \begin{pmatrix} x_F^A \\ y_F^A \\ z_F^A \end{pmatrix}. \quad (5.17)$$

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

## Le serveur Minitel 3615 ou 3616 code BDL

Le serveur Minitel de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides met à la disposition des professionnels et des amateurs les informations suivantes :

- les heures du lever et du coucher du Soleil et de la Lune, les azimuts et hauteurs du Soleil en n'importe quel lieu, de -4000 à 2500 ;
- les phases de la Lune et les dates des saisons de -4000 à 2500 ;
- les éclipses du Soleil et de la Lune pour six années courantes ;
- les positions apparentes géocentriques, les hauteurs et azimuts, les heures du lever et du coucher du Soleil, de la Lune et des planètes de 1900 à 2020 ;
- les coordonnées héliocentriques moyennes des planètes de 1900 à 2020 dans le repère de la date ;
- les positions des satellites naturels, les phénomènes des satellites galiléens pour trois ans ;
- les définitions et les concordances des calendriers, les fêtes légales et religieuses, l'heure légale en France, les dates de changement d'heure et le calcul du jour de la semaine.

Il fournit également des informations régulières comme le ciel du mois et la visibilité des planètes et des informations ponctuelles comme les passages des comètes et des astéroïdes, les dates des essaims météoriques, etc.

## Le serveur sur Internet <http://www.imcce.fr>

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

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

Ce serveur est accessible à l'adresse <http://www.imcce.fr>.



# TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos . . . . .	I. iii
Préface . . . . .	I. v
Nouveautés de l'édition 2006 . . . . .	I. vii
Liste des acronymes . . . . .	I. viii
Notations . . . . .	I. x
Errata . . . . .	I. x
Les serveurs de l'IMCCE . . . . .	I. xi
Table des matières . . . . .	I. xiii

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

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

#### 1.1. Introduction . . . . . I. 3

#### 1.2. Systèmes d'unités . . . . . I. 4

#### 1.3. Le système UAI de constantes astronomiques . . . . . I. 8

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

#### 1.5. Autres constantes et unités . . . . . I. 30

#### 1.6 Bibliographie. . . . . I. 33

### **2. Échelles de temps . . . . . I. 37**

#### 2.1. Introduction. Le temps et les astronomes . . . . . I. 37

#### 2.2. Évolution des échelles de temps . . . . . I. 38

#### 2.3. Le temps universel (TU ou UT, Universal Time) . . . . . I. 40

#### 2.4. Le temps atomique international (TAI) . . . . . I. 41

#### 2.5. Le temps universel coordonné (UTC, Universal Time Coordinated) . . . . . I. 43

#### 2.6. Le temps des éphémérides (TE ou ET, Ephemeris Time) . . . . . I. 46

#### 2.7. Les échelles de temps relativistes . . . . . I. 47

#### 2.8. Bibliographie . . . . . I. 52

### **3. Systèmes de référence . . . . . I. 59**

#### 3.1. Introduction aux systèmes de référence . . . . . I. 59

3.2. Systèmes de référence relativistes . . . . .	I. 61
3.3. Systèmes de référence dynamiques . . . . .	I. 68
3.4. Le système de référence céleste international ICRS . . . . .	I. 76
3.5. Le système international de référence terrestre ITRS . . . . .	I. 82
3.6. Passage du système de référence céleste géocentrique au système de référence terrestre . . . . .	I. 92
3.7. Bibliographie . . . . .	I. 106
<b>4. Rotation de la Terre . . . . .</b>	<b>I. 113</b>
4.1. Introduction des phénomènes physiques et observations . . . . .	I. 113
4.2. La précession . . . . .	I. 118
4.3. Modèles de nutation . . . . .	I. 125
4.4. Détermination des paramètres d'orientation de la Terre . . . . .	I. 134
4.5. Bibliographie . . . . .	I. 143
<b>5. Changements de coordonnées . . . . .</b>	<b>I. 147</b>
5.1. Notions préliminaires . . . . .	I. 147
5.2. Coordonnées usuelles . . . . .	I. 149
5.3. Formules de changements de coordonnées . . . . .	I. 154
5.4. Application des résolutions de l'UAI 2001 aux changements de coordonnées . . . . .	I. 162
5.5. Bibliographie . . . . .	I. 166
<b>6. Explications liées aux éphémérides de la <i>Connaissance des Temps</i> . . . . .</b>	<b>I. 167</b>
6.1. Présentation des éphémérides . . . . .	I. 167
6.2. Sources des éphémérides . . . . .	I. 171
6.3. Utilisation des éphémérides tabulées . . . . .	I. 172
6.4. Utilisation des éphémérides électroniques . . . . .	I. 174
6.5. Précision des éphémérides . . . . .	I. 179
6.6. Bibliographie . . . . .	I. 180
<b>DEUXIÈME PARTIE : ÉPHÉMÉRIDES POUR 2006 . . . . .</b>	<b>II. 1</b>
<b>Temps sidéral, nutation . . . . .</b>	<b>II. 3</b>
Temps sidéral, nutation en longitude et obliquité . . . . .	II. 4
<b>Angle de rotation de la Terre . . . . .</b>	<b>II. 9</b>
Angle de rotation de la Terre, équation des origines . . . . .	II. 10
<b>Système céleste intermédiaire . . . . .</b>	<b>II. 15</b>
Coordonnées du CIP X et Y, Angle $s$ . . . . .	II. 16

<b>Soleil</b> . . . . .	II. 21
Longitude, latitude, rayon vecteur . . . . .	II. 22
Ascension droite, déclinaison, temps de passage . . . . .	II. 26
Coordonnées rectangulaires (X, Y, Z) . . . . .	II. 30
<b>Lune</b> . . . . .	II. 35
Ascension droite, déclinaison, distance . . . . .	II. 36
<b>Planètes principales</b> . . . . .	II. 53
Coordonnées héliocentriques . . . . .	II. 54
Mercure . . . . .	II. 54
Vénus . . . . .	II. 58
Mars . . . . .	II. 60
Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune . . . . .	II. 61
Coordonnées géocentriques . . . . .	II. 62
Mercure . . . . .	II. 62
Vénus . . . . .	II. 66
Mars . . . . .	II. 70
Jupiter . . . . .	II. 74
Saturne . . . . .	II. 78
Uranus . . . . .	II. 82
Neptune . . . . .	II. 86
<b>Pluton et petites planètes</b> . . . . .	II. 91
Coordonnées géocentriques . . . . .	II. 92
Pluton . . . . .	II. 92
Cérès . . . . .	II. 93
Pallas . . . . .	II. 94
Junon . . . . .	II. 95
Vesta . . . . .	II. 96
<b>Satellites de Mars</b> . . . . .	II. 97
Coordonnées différentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations est . . . . .	II. 98
Phobos . . . . .	II. 98
Déimos . . . . .	II. 106
<b>Satellites de Jupiter</b> . . . . .	II. 109
Coordonnées différentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . . . .	II. 110
Io . . . . .	II. 110



Europe . . . . .	II. 113
Ganymède . . . . .	II. 115
Callisto . . . . .	II. 116
<b>Satellites de Saturne</b> . . . . .	II. 117
Coordonnées différentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . .	II. 118
Mimas . . . . .	II. 118
Encelade . . . . .	II. 124
Téthys . . . . .	II. 128
Dioné . . . . .	II. 131
Rhéa . . . . .	II. 133
Titan . . . . .	II. 134
Hypériorion . . . . .	II. 135
Japet . . . . .	II. 135
<b>Satellites d'Uranus</b> . . . . .	II. 137
Coordonnées différentielles aux heures les plus proches des plus grandes élongations . . .	II. 138
Miranda . . . . .	II. 138
Ariel . . . . .	II. 142
Umbriel . . . . .	II. 145
Titania . . . . .	II. 147
Obéron . . . . .	II. 148
<b>Calendrier</b> . . . . .	II. 149
Composition de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides . . . . .	II. 153
Composition du Bureau des longitudes . . . . .	II. 155

# PREMIÈRE PARTIE

## INTRODUCTION AUX ÉPHÉMÉRIDES

Chapitre 1. Définitions et données astronomiques .....	I. 3
Chapitre 2. Échelles de temps .....	I. 37
Chapitre 3. Systèmes de référence .....	I. 59
Chapitre 4. Rotation de la Terre .....	I. 113
Chapitre 5. Changements de coordonnées .....	I. 147
Chapitre 6. Explications liées aux éphémérides de la <i>Connaissance des Temps</i> ...	I. 167



## CHAPITRE 1

# DÉFINITIONS ET DONNÉES ASTRONOMIQUES

---

A. BEC-BORSENBURGER AVEC LA COLLABORATION DE J.-L. SIMON ET D. HESTROFFER

### 1.1. INTRODUCTION

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

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

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

## 1.2. SYSTÈMES D'UNITÉS

### 1.2.1. Système fondamental

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 1.2.2. Système UAI d'unités astronomiques

#### *Unités de base*

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

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

Grandeur	Unité	Symbole
Longueur	unité astronomique	ua
Temps	jour	d
Masse	masse du Soleil	S

#### *Définitions*

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

L'unité de masse est la masse du Soleil.

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

*Unités auxiliaires*

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

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

*Unités en mécanique céleste relativiste*

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

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

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

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

On donne dans la table 1.6 les valeurs de  $L_B$  et  $L_G$ , cette dernière étant désormais classée par l'UAI comme constante de définition (UAI, 2000).

**1.2.3. Tables de correspondance**

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



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

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

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

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

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

### 1.3. LE SYSTÈME UAI DE CONSTANTES ASTRONOMIQUES

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

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

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

### 1.3.1. Origine des temps

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

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

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

### 1.3.2. Valeurs des constantes astronomiques

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

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

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

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

La table 1.7 donne les rapports de la masse du Soleil aux masses des planètes principales et de leurs satellites pour le système UAI 1976, le système IERS 1992 et les éphémérides DE405/LE405 (Standish, 1998). Notons que les masses IERS 1992 sont celles utilisées dans les théories planétaires VSOP200x (Moisson et Bretagnon, 2001 ; Bretagnon, 2002 ; Fienga et Simon, 2004).

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

### *Masses des astéroïdes*

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

$4.7 \times 10^{-10}$  pour Cérés

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

	UAI 1976, UAI 2000	IERS 2003
<b>Constantes de définition</b>		
Constante de Gauss, $k$	0.017 202 098 95 <sup>(1)</sup>	
Vitesse de la lumière, $c$		299 792 458 m s <sup>-1</sup>
1-d(TT)/d(TCG), $L_G$	6.969 290 134×10 <sup>-10</sup> <sup>(2)</sup>	6.969 290 134×10 <sup>-10</sup>
<b>Constantes primaires</b>		
Vitesse de la lumière, $c$	299 792 458 m s <sup>-1</sup>	
Temps de lumière pour l'unité de distance, $\tau_A$	499.004 782 s	499.004 783 8061 s ± 0.000 000 02 s
Rayon équatorial de la Terre, $R$	6 378 140 m	6 378 136.6 ± 0.1 m
Facteur d'ellipticité géopotential de la Terre, $J_2$	0.001 082 63	0.001 082 6359 ± 1.0 × 10 <sup>-10</sup>
Constante géocentrique de la gravitation, $GM$	3.986 005×10 <sup>14</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>	3.986 004 418×10 <sup>14</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup> ± 8 × 10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>
Constante de la gravitation, $G$	6.672×10 <sup>-11</sup> m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup>	6.673×10 <sup>-11</sup> m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> ± 1 × 10 <sup>-13</sup> m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup>
Rapport de la masse de la Lune à la masse de la Terre, $\mu$	0.012 300 02	0.012 300 0383 ± 5 × 10 <sup>-10</sup>
Constante de la précession par siècle julien pour J2000, $p$	5 029".0966	
Obliquité de l'écliptique pour J2000, $\varepsilon_0$	23° 26' 21".448	23° 26' 21".4059 ± 0.0003"
Potentiel de gravité à la surface du géoïde, $W$		62 636 856.0 m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> <sup>(3)</sup> ± 0.5 m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
Vitesse angulaire moyenne de rotation de la Terre, $\omega$		7.292 115×10 <sup>-5</sup> rad s <sup>-1</sup> (variable)
<b>Constantes dérivées et relations</b>		
Constante de la nutation pour J2000, $N_0$	9".2025 <sup>(4)</sup>	
Unité de distance (unité astronomique), $A = c\tau_A$	1.495 978 70×10 <sup>11</sup> m	1.495 978 706 91×10 <sup>11</sup> m ± 6 m
Parallaxe solaire, $\pi_0 = \arcsin(R/A)$	8".794 148	
Constante de l'aberration pour J2000, $\kappa$	20".495 52	

**Table 1.6.** (fin).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		UAI 1976	Campbell et Synnot 1985 (a) Campbell et Anderson 1989 (b) Owen et al. 1991 (c)
Jupiter	Io	$4.70 \times 10^{-5}$	$4.705 \times 10^{-5}$ (a)
	Europe	$2.56 \times 10^{-5}$	$2.527 \times 10^{-5}$ (a)
	Ganymède	$7.84 \times 10^{-5}$	$7.804 \times 10^{-5}$ (a)
	Callisto	$5.6 \times 10^{-5}$	$5.668 \times 10^{-5}$ (a)
Saturne	Titan	$2.41 \times 10^{-4}$	$2.367 \times 10^{-4}$ (b)
Neptune	Triton	$2 \times 10^{-3}$	$2.09 \times 10^{-4}$ (c)

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

	UAI 1976	Seidelmann et al. 2002
Mercure	2 439	$2\,439.7 \pm 1.0$
Vénus	6 052	$6\,051.8 \pm 1.0$
Terre	6 378.140	$6\,378.14 \pm 0.01$
Mars	3 397.2	$3\,396.19 \pm 0.1$
Jupiter	71 398	$71\,492 \pm 4$ <sup>(1)</sup>
Saturne	60 000	$60\,268 \pm 4$ <sup>(1)</sup>
Uranus	25 400	$25\,559 \pm 4$ <sup>(1)</sup>
Neptune	24 300	$24\,764 \pm 15$ <sup>(1)</sup>
Pluton	2 500	$1\,195 \pm 5$
Lune	1 738	$1\,737.4 \pm 1$
Soleil	696 000	

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

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

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

UAI 1976		Fukushima 1990 (a) ; IERS 1992 (b) ; Campbell et Synnot 1985 (c) ; Campbell et Anderson 1989 (d) ; Owen et al. 1991 (e) ;	
<b>Vénus</b>			
$J_2$		+ 0.000 006	(a)
<b>Terre</b>			
$J_2$	+ 0.001 082 63	+ 0.001 082 6362	(b)
$J_3$	- 0.000 002 54	- 0.000 002 533	(b)
$J_4$	- 0.000 001 61	- 0.000 001 619	(b)
<b>Mars</b>			
$J_2$	+ 0.001 964	+ 0.001 960	(a)
$J_3$	+ 0.000 036	+ 0.000 036	(a)
$J_4$		- 0.000 032	(a)
$C_{22}$	- 0.000 055	- 0.000 055	(a)
$S_{22}$	+ 0.000 031	+ 0.000 031	(a)
$S_{31}$	+ 0.000 026	+ 0.000 026	(a)
<b>Jupiter</b>			
$J_2$	+ 0.014 75	+ 0.014 736	(c)
$J_3$		+ 0.000 001	(c)
$J_4$	- 0.000 58	- 0.000 587	(c)
$J_6$		+ 0.000 031	(c)
<b>Saturne</b>			
$J_2$	+ 0.016 45	+ 0.016 298	(d)
$J_4$	- 0.001 0	- 0.000 915	(d)
$J_6$		+ 0.000 103	(d)
<b>Uranus</b>			
$J_2$	+ 0.012	+ 0.003 339	(a)
$J_4$		- 0.000 032	(a)
<b>Neptune</b>			
$J_2$	+ 0.004	+ 0.003 41	(e)
$J_4$		- 0.000 03	(e)

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

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

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



## 1.4. DONNÉES CONCERNANT LES CORPS DU SYSTÈME SOLAIRE

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

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

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

Planète	$a$ (ua)	$\lambda$ (degrés)	$k$	$h$	$q$	$p$
Mercuré	0.387 098 31	252.250 905 52	0.044 660 60	0.200 723 31	0.040 615 63	0.045 635 50
Vénus	0.723 329 82	181.979 800 85	–0.004 492 82	0.005 066 85	0.006 824 10	0.028 822 86
Terre	1.000 001 02	100.466 456 83	–0.003 740 82	0.016 284 48	0	0
Mars	1.523 679 34	355.432 999 58	0.085 365 60	–0.037 899 73	0.010 470 43	0.012 284 49
Jupiter	5.202 603 21	34.351 518 74	0.046 985 75	0.012 003 88	–0.002 065 60	0.011 183 75
Saturne	9.554 909 19	50.077 444 30	–0.002 959 99	0.055 429 61	–0.008 717 47	0.019 891 48
Uranus	19.218 446 06	314.055 005 11	–0.045 951 32	0.005 637 91	0.001 859 15	0.006 486 17
Neptune	30.110 386 87	304.348 665 48	0.005 999 78	0.006 692 42	–0.010 291 48	0.011 516 84
Pluton	39.544 705 89	238.702 479 79	–0.178 724 68	–0.173 415 54	–0.05 170 290	0.139 779 69

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

Dans la table 1.14, on donne les paramètres moyens des orbites des satellites des planètes découverts avant 1990 :  $a$  (demi-grand axe de l'orbite),  $e$  (excentricité de l'orbite),  $P$  (période de révolution sidérale) ;  $I$  désigne l'inclinaison de l'orbite du corps soit par rapport à l'écliptique J2000 ( $E$ ), soit par rapport à l'équateur de la planète ( $e$ ). Dans cette table figurent en outre, les noms des découvreurs des satellites et des anneaux ainsi que la date de leur découverte : en particulier les découvertes par Voyager 1 des anneaux de Jupiter (Johnson et al., 1979) et de

l'anneau D de Saturne (Smith et al., 1981), et celles par Pioneer 11 des anneaux F et G (Gehrels et al., 1980).

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

Planètes	$P$ (jours)	$T$	
Mercure	87.969	58.646 225	( <sup>1</sup> )
Vénus	224.701	243.018 484	( <sup>1</sup> ) ( <sup>2</sup> )
Terre	365.256	23.934 471	( <sup>3</sup> )
Mars	686.980	24.622 962	( <sup>3</sup> )
Jupiter	4 332.59	9.924 912	( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> )
Saturne	10 759.2	10.656 222	( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> )
Uranus	30 688.5	17.240 000	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> )
Neptune	60 182.3	16.110 000	( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> )
Pluton	90 469.7	153.293 904	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> )

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

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

Les éléments moyens des satellites de Mars sont déduits de la théorie de leur mouvement (Chapront-Touzé, 1988 et 1990).

Pour Jupiter, les éléments publiés pour les anneaux et pour les nouveaux satellites JXVI et JXV sont donnés par Nicholson et Matthews (1991) et ceux de JXIV par Synnott (1984). Les éléments des quatre satellites galiléens sont dus à Lieske (1980, 1987) et à Thuillot et Vu (1986), ceux de JXIII sont dus à Aksnes (1978). Les éléments de JV, JX, JXI et JXII sont extraits de l'*Encyclopédie scientifique de l'univers* (Bureau des longitudes, 1986), le demi-grand axe de JV étant toutefois calculé à partir de la valeur de la période. Les éléments de JVI, JVII, JVIII et JIX proviennent d'intégrations numériques effectuées par Rocher (1996) dont les résultats sont publiés dans le *Supplément à la Connaissance des Temps* pour les satellites faibles (Bureau des longitudes, 1997).

Pour Saturne, les éléments publiés sont tirés de Esposito et al. (1984) pour les anneaux sauf l'anneau F dont les éléments sont tirés de Synnott et al. (1983). Ils sont tirés de Showalter et al. (1986) et Showalter (1990) pour SXVIII, de Synnott et al. (1981) pour SX, SXI, SXII, SXV, SXVI et SXVII, du *Supplément à la Connaissance des Temps* pour les satellites de Mars, Jupiter, Saturne et Uranus (Bureau des longitudes, 1995) pour SXIII et SXIV, de Dourneau (1993) pour les huit principaux satellites. Ils proviennent d'une intégration numérique effectuée par Arlot et al. (2003) pour SIX (Phœbé).

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

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

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

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

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

Table 1.14. (suite).

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

**Table 1.14.** (fin).

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

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

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

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

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

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

(<sup>6</sup>) Équateur céleste J2000. Éléments osculateurs pour l’époque 13 janvier 1993 à 13 h.

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

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

(<sup>9</sup>) Valeurs médianes ( $a$ ,  $P$ ) ou extremums ( $e$ ,  $I$ ) sur l’intervalle [1900, 2050].

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

On donne dans la table 1.15 les éléments osculateurs des satellites des grosses planètes découverts depuis 1990.

$a$  désigne le demi-grand axe de l’orbite,  $e$  l’excentricité,  $I$  l’inclinaison de l’orbite du satellite par rapport à l’écliptique J2000,  $\varpi$  la longitude du périhélie,  $\Omega$  la longitude du nœud de l’orbite sur l’écliptique J2000 et  $P$  la période de révolution sidérale.

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

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

Nom	N°	$a$ ( $10^3$ km)	$e$	$I$ (degrés)	$\varpi$ (degrés)	$\Omega$ (degrés)	$P$ (jours)	Année	Date (0h TT)	Référence
<b>Jupiter</b>										
Thémisto	XVIII	7 398	0.206	45.38	238.86	202.12	130.00	2000	1/04/01	M2000-Y16
Carpo	XLVI	17 056	0.295	55.15	83.28	45.26	455.07	2003	10/06/03	M2003-G67
Euporia	XXXIV	19 456	0.128	145.70	87.45	67.56	554.43	2001	22/11/02	M2003-C53
Jocaste	XXIV	20 424	0.389	150.37	80.01	271.32	596.29	2000	18/10/01	M2001-W07
Thyoné	XXIX	20 770	0.283	148.29	86.28	244.59	611.52	2001	22/11/02	M2002-V06
Mnémé	XL	20 823	0.223	148.51	62.18	19.66	613.88	2003	27/12/03	M2004-B42
Harpalycé	XXII	20 836	0.165	147.31	129.87	39.97	614.45	2000	18/10/01	M2001-U21
Hélicé	XLV	20 923	0.157	156.12	285.54	100.93	618.28	2003	10/06/03	M2003-E29
Euanthé	XXXIII	20 983	0.143	146.03	314.60	268.85	620.96	2001	22/11/02	M2003-A23
Hermippé	XXX	21 048	0.248	149.78	304.58	347.22	623.84	2001	22/11/02	M2002-V06
Orthosia	XXXV	21 263	0.240	141.95	223.56	222.85	633.44	2001	10/06/03	M2003-D36
Praxidicé	XXVII	21 342	0.096	146.76	209.67	285.15	636.96	2000	18/10/01	M2002-A27
Thelxinoé	XLII	21 317	0.238	150.96	318.61	192.31	635.82	2003	27/12/03	M2004-B82
Aetna	XXXI	22 274	0.311	164.34	129.90	21.51	679.15	2001	22/11/02	M2002-V18
Calé	XXXVII	22 301	0.325	164.79	37.55	65.33	680.35	2001	10/06/03	M2003-E14
Callichoré	XLIV	22 335	0.223	163.87	17.05	40.65	681.94	2003	10/06/03	M2003-E29
Taygète	XX	22 350	0.184	164.21	241.11	313.31	682.59	2000	18/10/01	M2001-T59
Chaldéné	XXI	22 452	0.266	166.59	282.54	148.71	687.29	2000	18/10/01	M2001-T59
Calycé	XXIII	22 623	0.377	165.14	216.58	38.72	695.16	2000	18/10/01	M2001-U21
Mégaclyté	XIX	23 464	0.601	151.81	302.27	304.61	734.26	2000	18/10/01	M2001-T59
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
Pasithéa	XXXVIII	23 780	0.280	165.57	266.26	339.05	749.17	2001	10/06/03	M2003-F59
Isoné	XXXI	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
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 14		24 974	0.222	140.89	124.42	339.81	806.29	2003	10/06/03	M2003-G10
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)	$\varpi$ (degrés)	$\Omega$ (degrés)	$P$ (jours)	Année	Date (0h TT)	Référence
<b>Jupiter</b>										
S/2003 J 17		22 511	0.187	163.74	333.48	306.80	689.98	2003	10/06/03	M2003-G19
S/2003 J 18		20 683	0.119	146.47	100.28	180.79	607.68	2003	10/06/03	M2003-G20
S/2003 J 19		22 746	0.334	162.90	180.53	38.84	700.83	2003	10/06/03	M2003-G64
S/2003 J 23		23 991	0.309	149.22	268.73	54.07	759.15	2003	27/12/03	M2004-B81
<b>Saturne</b>										
Méthonné	XXXII	194					1.01	2004		IAUC 8389
Palléné	XXXIII	211					1.14	2004		IAUC 8389
Kiviuq	XXIV	11 319	0.166	48.39	91.26	351.82	449.60	2000	18/10/01	M2001-T07
Ijiraq	XXII	11 359	0.359	49.18	70.73	150.97	452.00	2000	18/10/01	M2001-T06
Paaliaq	XX	14 985	0.462	45.86	241.98	350.03	684.86	2000	18/10/01	M2001-T06
Skathi	XXVII	15 472	0.212	148.71	207.65	285.51	718.51	2000	18/10/01	M2001-T23
Albiorix	XXVI	16 496	0.452	37.40	59.55	109.01	791.01	2000	18/10/01	M2001-T07
Erriapo	XXVIII	17 808	0.609	34.47	290.51	138.09	887.21	2000	18/10/01	M2001-T23
Tarvos	XXI	17 977	0.613	34.90	285.66	93.79	899.91	2000	18/10/01	M2001-T06
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
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
Thrymr	XXX	19 958	0.565	174.91	86.56	246.25	1 052.63	2000	18/10/01	M2001-X20
Ymir	XIX	23 306	0.375	172.75	42.43	207.07	1 328.35	2000	18/10/01	M2001-T06
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 8		23 609	0.186	168.05	359.96	270.40	1 354.34	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 9		20 291	0.209	157.79	336.17	145.59	1 079.10	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 10		19 618	0.237	167.05	281.09	196.48	1 025.91	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 11		16 898	0.333	40.75	9.71	193.15	820.13	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 14		20 303	0.291	162.76	25.04	322.95	1 080.10	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 15		19 372	0.152	157.46	144.64	215.26	1 006.66	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2004 S 16		22 611	0.131	163.13	133.49	239.04	1 269.36	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/2004 S 18		19 959	0.772	147.48	84.48	289.60	1 052.72	2004	30/01/05	M2005-J13
S/2005 S 1		136.5					0.594	2005		IAUC 8524
<b>Uranus</b>										
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
Prospero	XVIII	16 113	0.327	146.34	173.57	320.15	1 952.61	1999	13/09/00	IAUC 7447

**Table 1.15.** (fin).

Nom	N°	$a$ ( $10^3$ km)	$e$	$I$ (degrés)	$\varpi$ (degrés)	$\Omega$ (degrés)	$P$ (jours)	Année	Date (0h TT)	Référence
<b>Uranus</b>										
Sétébos	XIX	18 205	0.494	148.83	2.19	249.85	2 344.89	1999	13/09/00	IAUC 7450
S/1986 U 10		76.416					0.638	1999		IAUC 7171
S/2001 U 2		20 598	0.426	167.28	164.88	225.13	2 824.28	2001	27/12/03	M2003-S105
S/2001 U 3		4 270	0.143	147.61	123.19	103.06	266.57	2001	27/12/03	M2003-T29
S/2003 U 3		14 649	0.783	50.65	77.97	18.01	1 693.88	2003	27/12/03	M2003-T58
<b>Neptune</b>										
S/2002 N 1		16 560	0.260	111.77	156.94	217.40	1 874.35	2002	10/06/03	M2003-R18
S/2002 N 2		22 277	0.137	52.74	63.92	61.84	2 924.44	2002	27/12/03	M2003-S67
S/2002 N 3		22 553	0.416	39.56	138.05	53.57	2 978.81	2002	27/12/03	M2003-S106
S/2002 N 4		47 153	0.605	139.31	89.77	52.17	9 005.57	2002	27/12/03	M2003-S107
S/2003 N 1		49 281	0.268	124.23	126.76	319.63	9 622.07	2003	10/06/03	M2003-R19

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

Planètes, Systèmes planétaires et petites planètes	$m$		$Gm$ ( $m^3 s^{-2}$ )	$\rho$ ( $10^3$ 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	$7.3964 \times 10^{-9}$	0.014 71	$9.816 \times 10^{11}$			0.145	0.3
Pluton	$6.663 \times 10^{-9}$	0.013 25	$8.843 \times 10^{11}$	1.9			



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

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

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

### 1.4.3. Paramètres physiques

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

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

L'albédo de Bond est le rapport du flux total réfléchi par le corps au flux total incident.

L'albédo 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 ;
- Duxbury et Callahan (1989) pour Phobos et Déimos ;
- Campbell et Synnott (1985) pour les satellites galiléens ;
- Fukushima 1990 pour les autres satellites de Jupiter, les anneaux de Saturne, Hypérior, 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)	
<b>Terre</b>				
Lune		$3.694\ 3037 \times 10^{-8}$	$1.230\ 0038 \times 10^{-2}$	$4.902\ 8006 \times 10^{12}$
<b>Mars</b>				
Phobos		$6.39 \times 10^{-15}$	$1.98 \times 10^{-8}$	$8.47 \times 10^5$
Déimos		$9.1 \times 10^{-16}$	$2.8 \times 10^{-9}$	$1.20 \times 10^5$
<b>Jupiter</b>				
Métis	XVI	$4.8 \times 10^{-14}$	$5 \times 10^{-11}$	$6.3 \times 10^6$
Adrastéia	XV	$9.5 \times 10^{-15}$	$1 \times 10^{-11}$	$1.3 \times 10^6$
Amalthée	V	$3.6 \times 10^{-12}$	$3.8 \times 10^{-9}$	$4.8 \times 10^8$
Thébé	XIV	$3.8 \times 10^{-13}$	$4 \times 10^{-10}$	$5.1 \times 10^7$
Io	I	$4.49 \times 10^{-8}$	$4.705 \times 10^{-5}$	$5.96 \times 10^{12}$
Europe	II	$2.41 \times 10^{-8}$	$2.527 \times 10^{-5}$	$3.20 \times 10^{12}$
Ganymède	III	$7.45 \times 10^{-8}$	$7.804 \times 10^{-5}$	$9.89 \times 10^{12}$
Callisto	IV	$5.41 \times 10^{-8}$	$5.668 \times 10^{-5}$	$7.18 \times 10^{12}$
Léda	XIII	$2.9 \times 10^{-15}$	$3 \times 10^{-12}$	$3.8 \times 10^5$
Himalia	VI	$4.8 \times 10^{-12}$	$5.0 \times 10^{-9}$	$6.3 \times 10^8$
Lysithéa	X	$3.8 \times 10^{-14}$	$4 \times 10^{-11}$	$5.1 \times 10^6$
Elara	VII	$3.8 \times 10^{-13}$	$4 \times 10^{-10}$	$5.1 \times 10^7$
Ananké	XII	$1.9 \times 10^{-14}$	$2 \times 10^{-11}$	$2.5 \times 10^6$
Carmé	XI	$4.8 \times 10^{-14}$	$5 \times 10^{-11}$	$6.3 \times 10^6$
Pasiphaé	VIII	$9.5 \times 10^{-14}$	$1 \times 10^{-10}$	$1.3 \times 10^7$
Sinopé	IX	$3.8 \times 10^{-14}$	$4 \times 10^{-11}$	$5.1 \times 10^6$
<b>Saturne</b>				
Anneaux C		$4.9 \times 10^{-13}$	$1.7 \times 10^{-9}$	$6.4 \times 10^7$
Anneaux B		$1.2 \times 10^{-11}$	$4.2 \times 10^{-8}$	$1.6 \times 10^9$
Anneaux A		$3.1 \times 10^{-12}$	$1.1 \times 10^{-8}$	$4.2 \times 10^8$

Table 1.18. (fin).

Nom	N°	<i>m</i>		<i>Gm</i> (m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup> )
		(masse solaire)	(masse planète)	
<b>Saturne</b>				
Mimas	I	2.29 × 10 <sup>-11</sup>	8.00 × 10 <sup>-8</sup>	3.04 × 10 <sup>9</sup>
Encelade	II	3.7 × 10 <sup>-11</sup>	1.3 × 10 <sup>-7</sup>	4.9 × 10 <sup>9</sup>
Téthys	III	3.4 × 10 <sup>-10</sup>	1.2 × 10 <sup>-6</sup>	4.5 × 10 <sup>10</sup>
Dioné	IV	5.29 × 10 <sup>-10</sup>	1.85 × 10 <sup>-6</sup>	7.0 × 10 <sup>10</sup>
Rhéa	V	1.16 × 10 <sup>-9</sup>	4.06 × 10 <sup>-6</sup>	1.54 × 10 <sup>11</sup>
Titan	VI	6.7652 × 10 <sup>-8</sup>	2.3670 × 10 <sup>-4</sup>	8.9782 × 10 <sup>12</sup>
Hypérior	VII	8.6 × 10 <sup>-12</sup>	3 × 10 <sup>-8</sup>	1.1 × 10 <sup>9</sup>
Japet	VIII	7.99 × 10 <sup>-10</sup>	2.79 × 10 <sup>-6</sup>	1.06 × 10 <sup>11</sup>
Phœbé	IX	2 × 10 <sup>-13</sup>	7 × 10 <sup>-10</sup>	2.7 × 10 <sup>7</sup>
<b>Uranus</b>				
Cordélia	VI	7.0 × 10 <sup>-15</sup>	1.6 × 10 <sup>-10</sup>	9.3 × 10 <sup>5</sup>
Ophélie	VII	1.3 × 10 <sup>-14</sup>	2.9 × 10 <sup>-10</sup>	1.7 × 10 <sup>6</sup>
Miranda	V	0.33 × 10 <sup>-10</sup>	0.76 × 10 <sup>-6</sup>	4.4 × 10 <sup>9</sup>
Ariel	I	6.80 × 10 <sup>-10</sup>	1.56 × 10 <sup>-5</sup>	90.3 × 10 <sup>9</sup>
Umbriel	II	5.89 × 10 <sup>-10</sup>	1.35 × 10 <sup>-5</sup>	78.2 × 10 <sup>9</sup>
Titania	III	17.73 × 10 <sup>-10</sup>	4.061 × 10 <sup>-5</sup>	235.3 × 10 <sup>9</sup>
Obéron	IV	15.15 × 10 <sup>-10</sup>	3.471 × 10 <sup>-5</sup>	201.1 × 10 <sup>9</sup>
<b>Neptune</b>				
Naiïade	III	5.0 × 10 <sup>-14</sup>	9.7 × 10 <sup>-10</sup>	6.6 × 10 <sup>6</sup>
Thalassa	IV	1.6 × 10 <sup>-13</sup>	3.1 × 10 <sup>-9</sup>	2.1 × 10 <sup>7</sup>
Despina	V	1.1 × 10 <sup>-12</sup>	2.1 × 10 <sup>-8</sup>	1.4 × 10 <sup>8</sup>
Galatée	VI	1.9 × 10 <sup>-12</sup>	3.6 × 10 <sup>-8</sup>	2.5 × 10 <sup>8</sup>
Larissa	VII	2.2 × 10 <sup>-12</sup>	4.2 × 10 <sup>-8</sup>	2.9 × 10 <sup>8</sup>
Protée	VIII	2.0 × 10 <sup>-11</sup>	3.9 × 10 <sup>-7</sup>	2.7 × 10 <sup>9</sup>
Triton	I	1.08 × 10 <sup>-8</sup>	2.09 × 10 <sup>-4</sup>	1.428 × 10 <sup>12</sup>
Néréïde	II	1 × 10 <sup>-11</sup>	2 × 10 <sup>-7</sup>	1.4 × 10 <sup>9</sup>
<b>Pluton</b>				
Charon	I	0.733 × 10 <sup>-9</sup>	0.110	9.73 × 10 <sup>10</sup>

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

Nom	N°	$a_s$ (km)	$a_1$ $a_2$ $a_3$ (km)	Masse ( $10^{21}$ kg)	$\rho$ ( $10^3$ kg/m <sup>3</sup> )	$m_v$	Albédo géométrique
<b>Terre</b>							
Lune		1737.4±1	1737.4 - 1737.4 - 1737.4	73.476	3.34	-12.7	0.12
<b>Mars</b>							
Phobos	I	11.1±0.15	13.4 - 11.2 - 9.2	$1.27 \times 10^{-5}$	2.22	11.6	0.06
Déimos	II	6.2±0.18	7.5 - 6.1 - 5.2	$1.8 \times 10^{-6}$	1.8	12.7	0.06
<b>Jupiter</b>							
Métis	XVI	21.5±4	30 - - 20	$9.5 \times 10^{-5}$	2.3	17.5	0.05
Adrastéia	XV	8.2±4	10 - 8 - 7	$1.9 \times 10^{-5}$	8.2	18.9	0.05
Amalthée	V	83.5±3	125 - 73 - 64	$7.2 \times 10^{-3}$	3.0	14.1	0.05
Thébé	XIV	49.3±4	58 - 49 - 42	$7.6 \times 10^{-4}$	1.5	15.7	0.04
Io	I	1821.46	1829.4 - 1819.3 - 1815.7	89.3	3.53	5.02	0.61
Europe	II	1562.09	1564.13 - 1561.23 - 1560.93	48.0	3.00	5.29	0.64
Ganymède	III	2632.345	2632.4 - 2632.29 - 2632.35	148.2	1.94	4.61	0.42
Callisto	IV	2409.3	2409.4 - 2409.2 - 2409.3	107.6	1.84	5.65	0.20
Léda	XIII	5		$5.7 \times 10^{-6}$	11	20	
Himalia	VI	85±10		$9.5 \times 10^{-3}$	3.7	14.8	0.03
Lysithéa	X	12		$7.6 \times 10^{-5}$	10.5	18.4	
Elara	VII	40±10		$7.6 \times 10^{-4}$	2.8	16.8	0.03
Ananké	XII	10		$3.8 \times 10^{-5}$	9.1	18.9	
Carmé	XI	15		$9.5 \times 10^{-5}$	6.7	18.0	
Pasiphaé	VIII	18		$1.9 \times 10^{-4}$	7.8	17.0	
Sinopé	IX	14		$7.6 \times 10^{-5}$	6.6	18.3	
<b>Saturne</b>							
Anneau C				$9.7 \times 10^{-4}$			
Anneau B				$2.4 \times 10^{-2}$			
Anneau A				$6.3 \times 10^{-3}$			
Pan	XVIII	10±3					0.4-0.7
Atlas	XV	16±4	18.5 - 17.2 - 13.5			18	0.4
Prométhée	XVI	50.1±3	74.0 - 50.0 - 34.0			15	0.6
Pandore	XVII	41.9±2	55.0 - 44.0 - 31.0			15.5	0.6
Épiméthée	XI	59.5±3	69.0 - 55.0 - 55.0			15	0.4
Janus	X	88.8±4	97.0 - 95.0 - 77.0			14	0.4
Mimas	I	198.6±0.6	209.1 - 196.2 - 191.4	0.0455	1.4	12.9	0.77
Encelade	II	249.4±0.3	256.3 - 247.3 - 244.6	0.074	1.1	11.7	1.04
Téthys	III	529.8±1.5	535.6 - 528.2 - 525.8	0.674	1.1	10.3	0.8
Télesto	XIII	11±4	15 - 12.5 - 7.5			18	0.6

Table 1.19. (fin).

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

<sup>(1)</sup> Côté brillant 0.5 ; côté non brillant 0.07.

<sup>(2)</sup> Calculée en supposant que le satellite a le même albédo que Puck.

## 1.5. AUTRES CONSTANTES ET UNITÉS

### 1.5.1. Système de référence galactique

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

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

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

Les coordonnées équatoriales héliocentriques du centre galactique sont :

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

et la longitude galactique du pôle céleste nord est :

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

### 1.5.2. Situation du Soleil dans la galaxie

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

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

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

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

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

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

### 1.5.3. Système de référence extragalactique

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

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

### 1.5.4. Valeurs estimées de quantités dynamiques

Paramètres post-newtoniens (PPN) :

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

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

Pour la relativité générale d'Einstein, on a :

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

### 1.5.5. Autres unités

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

#### *L'électronvolt*

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

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



*L'angström*

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

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

*Le gauss*

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

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

*Le gamma*

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

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

*L'atmosphère*

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

*L'inch*

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

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

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

*Le jansky*

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

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

## 1.6. BIBLIOGRAPHIE

- Arlot, J.-E., Bec-Borsenberger, A., Fienga, A., Baron, N. : 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., Pawsey, J.L., Westerhout, G. : 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.
- Duxbury, T.C., Callahan, J.D. : 1989, Phobos and Deimos control networks, *Icarus* **77**, 275.
- Elliot, J.L., Dunham, E., Millis, R.L. : 1977, Discovering the rings of Uranus, *Sky and Telescope* **53**, 412.
- Esposito, L.W., Dilley, J.P., Fountain, J.W. : 1980, Photometry and polarimetry of Saturn's rings from Pioneer Saturn, *J. Geophys. Res.* **85**, 5948.
- Esposito, L.W., Cuzzi, J.N., Holberg, J.B., Marouf, E.A., Tyler, G.L., Porco, C.C. : 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., French, L.M., Kangas, J.A., Meech, K.J., Ressler, M.E., Buie, M.W., Frogel, J.A., Holberg, J.B., Fuensalida, J.J., Joy, M. : 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., Beshore, E., Blenman, C., Burke, J.J., Castillo, N.D., Da Costa, B., Degewij, J., Doose, L.R., Fountain, J.W., Gotobed, J., Kenknight, C.E., Kingston, R., McLaughlin, G., McMillan, R., Murphy, R., Smith, P.H., Stoll, C.P., Strickland, R.N., Tomasko, M.G., Wijesinghe, M.P., Coffeen, D.L., Esposito, L.W. : 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., Sicardy, B., Elicer, L.A., Roques, F., Vilas, F. : 1986, Occultation detection of a Neptunian ring-like arc, *Nature* **319**, 636.
- IERS : 1992, IERS Standards (1992), *IERS Technical note* **13**, D.D. McCarthy ed., observatoire de Paris.
- IERS : 2003, IERS Conventions (2003), *IERS Technical note* **32**, D.D. McCarthy ed., U. S. naval observatory, G. Petit ed., BIPM.
- Jacobson, R.A. : 1990, The orbits of the satellites of Neptune, *Astron. Astrophys.* **231**, 241.
- Jacobson, R.A., Campbell, J.K., Taylor, A.H., Synnott, S.P. : 1992, The masses of Uranus and its major satellites from Voyager tracking data and Earth-based Uranian satellite data, *Astron. J.* **103**, 2068.
- Jacobson, R.A., Riedel, J.E., Taylor, A.H. : 1991, The orbits of Triton and Nereid from spacecraft and Earth-based observations, *Astron. Astrophys.* **247**, 565.

- Johnson, T., Becklin, E.E., Wynn-Williams, C.G., Pilcher, C.B., Morgan, J.S. : 1979, Jupiter, *Circ. UAI* **3338**.
- Kerr, F.J., Lynden-Bell, D. : 1986, Review of galactic constants, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **221**, 1023.
- Laskar, J., Jacobson, R.A. : 1987, GUST86. An analytical ephemeris of the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.* **188**, 212.
- Lieske, J.H. : 1980, Improved ephemerides of the Galilean satellites, *Astron. Astrophys.* **82**, 340.
- Lieske, J.H. : 1987, Galilean satellites evolution : observational evidence for secular changes in mean motions, *Astron. Astrophys.* **176**, 146.
- Melbourne, W., Anderle, R., Feissel, M., King, R., McCarthy, D.D., Smith, D., Tapley, B., Vicente, R. : 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., Matthews, K., Elias, J.H., Gilmore, G. : 1990, Five stellar occultations by Neptune : further observations of ring arcs, *Icarus* **87**, 1.
- Nicholson, P.D., Matthews, K. : 1991, Near-infrared observations of the Jovian ring and small satellites, *Icarus* **93**, 331.
- Null, G.W., Owen, W.M., Synnott, S.P. : 1993, Masses and densities of Pluto and Charon, *Astron. J.* **105**, 2319.
- Owen, W.M., Synnott, S.P. : 1987, Orbits of the ten small satellites of Uranus, *Astron. J.* **93**, 1268.
- Owen, W.M., Vaughan, R.M., Synnott, S.P. : 1991, Orbits of the six new satellites of Neptune, *Astron. J.* **101**, 1511.
- Pascu, D., Panossian, S.P., Schmidt, R.E., Seidelmann, P.K., Hershey, J.L. : 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., Bursa, M., Davies, M. E., De Bergh, C., Lieske, J.H., Oberst, J., Simon, J.-L., Standish, E. M., Stooke, P., Thomas, P. C. : Report of the IAU/IAG working group on cartographic coordinates and rotational elements of the planets and satellites : 2002, *Celest. Mech.* **82**, 83.
- Showalter, M.R., Cuzzi, J.N., Marouf, E.A., Esposito, L.W. : 1986, Satellite “wakes” and the orbit of the Encke gap moonlet, *Icarus* **66**, 297.
- Showalter, M.R. : 1990, Saturn, *Circ. UAI* **5052**.
- Simon, J.-L. : 2004, Communication privée.
- Simon, J.-L., Bretagnon, P., Chapront, J., Chapront-Touzé, M., Francou, G., Laskar, J. : 1994, Numerical expressions for precession formulae and mean elements for the Moon and the planets, *Astron. Astrophys.* **282**, 663.
- Smith, B.A., Soderblom, L., Beebe, R., Boyce, J., Briggs, G., Bunker, A., Collins, S.A., Hansen, C.J., Johnson, T.V., Mitchell, J.L., Terrile, R.J., Carr, M., Cook II, A.F., Cuzzi, J.N., Pollack,

- J.B., Danielson, G.E., Ingersoll, A., Davies, M.E., Hunt, G.E., Masursky, H., Shoemaker, E., Morrison, D., Owen, T., Sagan, C., Veverka, J., Strom, R., Suomi, V.E. : 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, C.F., Smith, B.A., Morabito, L.A. : 1981, Orbits of the small satellites of Saturn, *Science* **212**, 191.
- Synnott, S.P., Terrile, R.J., Jacobson, R.A., Smith, B.A. : 1983, Orbits of Saturn's F ring and its shepherding satellites, *Icarus* **53**, 156.
- Tholen, D.J., Buie, M.W. : 1990, Further analysis of Pluto-Charon mutual event observations - 1990, *BAAS* **22**, 1129.
- Tholen, D.J., Buie, M.W. : 1997, The orbit of Charon.I. New Hubble Space telescope observations, *Icarus* **125**, 245.
- Tholen, D.J., Zellner, B. : 1983, Eight-color photometry of Hyperion, Iapetus and Phoebe, *Icarus* **53**, 341.
- Thomas, P., Weitz, C., Veverka, J. : 1989, Small satellites of Uranus : disk integrated photometry and estimated radii, *Icarus* **81**, 92.
- Thuillot, W., Vu, D.T. : 1986, Excentricités et inclinaisons moyennes des orbites des satellites galiléens de Jupiter, *Notes scientifiques et techniques du Bureau des longitudes* **S009**.
- Tyler, G.L., Eshleman, V.R., Anderson, J.D., Levy, G.S., Lindal, G.F., Wood, G.E., Croft, T.A. : 1982, Radio science with Voyager 2 at Saturn : atmosphere and ionosphere and the masses of Mimas, Tethys and Iapetus, *Science* **215**, 553.
- UAI : 1966, Proceedings of the XIIth general assembly, Hambourg 1964, *Trans. IAU XII B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 1977, Proceedings of the XVIth general assembly, Grenoble 1976, *Trans. IAU XVI B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 1982, Proceedings of the XVIIIth general assembly, Patras 1982, *Trans. IAU XVIII B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 1985, Proceedings of the XIXth general assembly, Delhi 1985, *Trans. IAU XIX B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 1992, Proceedings of the XXIst general assembly, Buenos Aires 1991, *Trans. IAU XXI B*, Reidel, Dordrecht.
- UAI : 2000, Proceedings of the XXIVst general assembly, Manchester 2000, *Trans. IAU XXIV B*, Reidel, Dordrecht.
- Young, L.A., Olkin, C.B., Elliot, J.L., Tholen, D.J., Buie, M.W. : 1994, The Charon-Pluto mass ratio from MKO astrometry, *Icarus* **108**, 186.

## CHAPITRE 2

# ÉCHELLES DE TEMPS

---

F. MIGNARD

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

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

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

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

## 2.2. ÉVOLUTION DES ÉCHELLES DE TEMPS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

– Le TAI est la base des mesures précises de temps et des comparaisons d'horloges. Il sert en pratique à matérialiser le TT. En revanche le TDT disparaît.

– On voit apparaître le TCB et le TCG ainsi, éventuellement, que les temps-coordonnée liés à d'autres systèmes de masses.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2.4. LE TEMPS ATOMIQUE INTERNATIONAL (TAI)

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

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

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

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

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

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

### 2.4.2. Réalisation du Temps atomique international

L'étalon de fréquence permet par accumulation des secondes SI de construire une échelle de temps continue, pour autant que l'horloge ou les horloges qui servent à construire cette échelle aient un fonctionnement continu. Une définition a été proposée en 1970 par le Comité consultatif pour la

définition de la seconde (CCDS), approuvée la même année par le Comité international des poids et mesures. Finalement la quatorzième conférence générale des poids et mesures, en octobre 1971, a défini la référence temporelle, le Temps atomique international (TAI) :

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

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

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

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

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

### 2.4.3. Uniformité du TAI

Dire qu'une échelle est uniforme suppose l'existence d'une échelle de temps idéale, dont la réalisation 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

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

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

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

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

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

Finalement la réalisation du Temps atomique à partir des étalons au césium repose sur l'hypothèse, non démentie par l'expérience, de l'invariabilité dans l'espace et dans le temps de la fréquence associée à la transition entre deux niveaux déterminés d'un atome de césium 133 non perturbé.

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

### 2.5.1. Définition et propriétés

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

En premier lieu son origine arbitraire impliquait que la datation d'un événement bien identifié dans cette échelle ne coïncidait pas avec la datation donnée dans une autre échelle, temps solaire

ou Temps des éphémérides. Ce n'est pas un défaut bien gênant et il était toujours possible d'y remédier par un choix adapté de l'origine.

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

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

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

$$|\text{UT1} - \text{UTC}| \leq 0.9 \text{ seconde.}$$

Selon le degré d'urgence, le saut de seconde est placé en priorité à la fin de décembre ou de juin, l'annonce étant faite au moins six mois à l'avance. La relation exacte entre UT1 et UTC ne peut être connue qu'avec retard lorsque les mesures de la rotation de la Terre sont publiées. Ceci n'est plus lié à la métrologie du temps, mais bien à l'étude de l'orientation de la Terre dans l'espace, dont la connaissance est tout à fait essentielle à la préparation et au traitement des observations. La table 2.2 donne la différence TAI – UTC selon l'IERS.

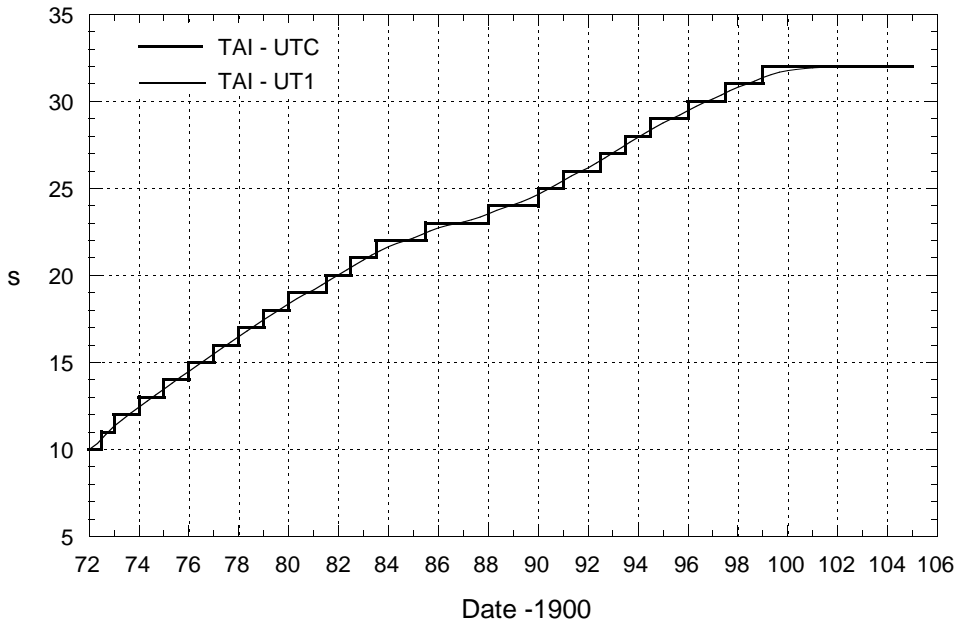
### 2.5.2. Le futur de l'UTC

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

- le statu-quo (avec une augmentation du nombre de sauts de seconde dans le futur en raison de l'allongement de la durée du jour),
- la suppression des sauts de seconde ce qui laisserait dériver l'échelle UTC par rapport à TAI,

**Table 2.2.** Différence TAI – UTC du 1 janvier 1972 au 1 janvier 2006 (selon l’IERS).

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

**Fig. 2.1.** Différence TAI – UTC et différence observée TAI – UT1, en secondes, de 1972 à 2005.

- un élargissement de la tolérance conduisant à des sauts plus importants mais rares, combinés ou non à des sauts réguliers décidés à l'avance,
- le passage à une autre échelle qui pourrait être le TAI ou bien une échelle liée au GPS ou à Galileo,
- la possibilité la plus spectaculaire envisagée dans ces discussions (mais qui n'a aucune chance d'aboutir) étant de modifier la définition de la seconde pour maintenir l'accord approximatif de 86400 secondes par jour solaire moyen.

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{TE} = 0.5 \text{ janvier } 1900 = 2\,415\,020.0 \text{ jour julien des éphémérides.}$$

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

*La seconde est la fraction  $1/31\,556\,925.9747$  de l'année tropique pour le 0 janvier 1900 à 12h du Temps des éphémérides.*

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

Idéalement, pour réaliser le Temps des éphémérides il faut observer la longitude du Soleil, effectuer toutes les corrections permettant d'en déterminer la longitude géométrique moyenne, puis résoudre l'équation de définition pour l'inconnue  $T$ . Mathématiquement il y a de nombreuses solutions, mais un encadrement préalable au moyen d'un garde-temps permet d'aboutir à une solution unique. Avec une précision typique de  $0''.5$  sur la détermination de la longitude du Soleil, on obtiendrait une incertitude de 12 s sur la lecture de l'horloge céleste. Heureusement on n'avait recours au Soleil (et à la Lune dont le mouvement est treize fois plus rapide) que pour des mesures d'intervalles longs.

Puisqu'on est amené à rejeter l'échelle TU, insuffisamment uniforme, le TE est la seule échelle de temps uniforme disponible pour l'analyse des observations des corps du système solaire faites avant l'introduction du TAI. Les définitions des nouvelles échelles assurent la continuité du TDT, puis du TT, avec le TE pour les époques antérieures à 1955, compte tenu de la précision des observations des planètes et des satellites. Elles assurent également la continuité du TE avec le TDB puisque, comme nous le verrons, TDB et TDT diffèrent de termes périodiques d'amplitudes inférieures à 1.7 millième de seconde. En revanche comme TCB et TCG ont des variations séculaires par rapport à TT, il y a une discontinuité entre TE et ces deux échelles que nous retrouverons dans les tables données plus loin.

## 2.7. LES ÉCHELLES DE TEMPS RELATIVISTES

### 2.7.1. Les échelles TCB et TCG

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Rappelons que l'on ne doit pas attacher de signification particulière aux coordonnées  $x^\alpha$  ; il ne s'agit au départ que de quatre quantités permettant d'étiqueter un point de l'espace-temps et il y a une grande liberté dans leur choix. Cependant, au travers de l'interprétation des mesures et de la comparaison aux modèles paramétrés par ces coordonnées, on finit par leur donner une signification

plus physique en terme de distance, instant d'arrivée d'un signal, etc. Par exemple la coordonnée  $x^0$ , divisée par la vitesse de la lumière  $c$ , est le temps  $t$  qui serait indiqué par une horloge au repos par rapport au barycentre du système solaire et infiniment éloignée des planètes. Ce temps, appelé temps-coordonnée, diffère de celui lu sur une horloge atomique dans un laboratoire, laquelle fournit le temps propre  $\tau$  de l'horloge sur sa ligne d'Univers. Le TAI d'un autre côté est construit pour être une coordonnée de repérage temporel mais ne coïncide pas avec le  $x^0/c$  de la métrique ci-dessus. Le raccordement entre les échelles TCB, TCG et le TAI est examiné dans la section suivante.

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

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

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

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

où

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

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

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

qui conduit par intégration à l'équation suivante :

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

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

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

Pour intégrer cette équation il faut tout d'abord particulariser le mouvement de l'horloge par une trajectoire paramétrée au moyen des coordonnées  $t$  et  $x^i$ , puis exprimer le potentiel  $U(\mathbf{x})$  provenant des planètes et de la Lune en chaque point. Sans entrer dans le détail, on voit déjà que pour une horloge placée au géocentre, le terme principal sera une dérive séculaire entre les deux échelles puisque la valeur moyenne de la fonction à intégrer n'est pas nulle. En prenant pour la Terre une orbite circulaire de rayon  $a = 1$  UA on obtient pour l'action du Soleil,  $U/c^2 \sim GM_{\odot}/a c^2 \sim 9.872 \times 10^{-9}$  et  $v^2/2c^2 \sim 4.935 \times 10^{-9}$ , soit  $\langle d\tau/dt \rangle \sim 1 - 1.4807 \times 10^{-8}$ .

La valeur exacte de cette constante dépend de l'éphéméride utilisée pour l'intégration, du temps d'intégration et de la procédure de calcul pour obtenir cette moyenne. Il reste donc une certaine ambiguïté dans sa définition et sa valeur. Selon la durée de l'intervalle un terme à longue période peut devenir un terme séculaire et donc contribuer à la valeur moyenne. Ceci est particulièrement évident dans le cas où l'on effectue des intégrations numériques des mouvements car ôter les termes séculaires ne peut se faire qu'en effectuant des moyennes sur des intervalles de temps dont la longueur est arbitrairement choisie. L'estimation la plus récente (Irwin et Fukushima, 1999) donne,

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

avec

$$L_C = 1.480\,826\,867\,41 \times 10^{-8} \pm 2 \times 10^{-17}.$$

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

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

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

### 2.7.2. Les échelles TT et TDB

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

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

Entre 1976 et 1991, l'échelle TT avait été introduite sous le nom de *Temps dynamique terrestre* (TDT). Le mot *dynamique* n'était pas heureux, car cette échelle, tout en étant idéalement identique

au Temps des éphémérides, n'est en aucun cas associée à la théorie du mouvement d'un corps du système solaire. Ce n'est donc pas un temps dynamique. Par ailleurs on avait tendance à confondre le TDT avec le temps propre au centre de masse de la Terre, alors qu'il est beaucoup plus proche d'un temps propre à la surface de la Terre. En revanche le temps-coordonnée TCG, peut être considéré comme étant le temps propre d'une horloge idéale placée au centre de masse de la Terre.

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

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

où  $W_0$  est le potentiel gravitationnel de la Terre à sa surface. Avec  $L_G \sim W_0/c^2 \sim GM_\oplus/R_\oplus c^2 = 6.95 \times 10^{-10}$ . Pour exprimer la relation complète entre TT et TCG il faut prendre également en compte le potentiel du géoïde tournant, ainsi que les potentiels de marées des autres corps du système solaire. La valeur du potentiel terrestre à sa surface est une quantité qui dépend des modèles de géoïde et est sujette à révision. Pour éviter des changements possibles provenant de nouvelles réalisations du géoïde, l'UAI a introduit en 2000 (UAI, 2001),

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

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

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

$$dTDB/dTCB = 1 - L_B$$

avec

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

et

$$TDB = TT + P$$

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

### 2.7.3. Relations entre les échelles de temps

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

barycentrique et TCG pour le système géocentrique.

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

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

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

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

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

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

## 2.8. BIBLIOGRAPHIE

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

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

$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)	$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)
1	0	1656.674564	628.3075850	6.2400542	1.00	49	0	0.040184	-0.7113547	3.5659756	883.27
2	0	22.417471	575.3384885	4.2969774	1.09	50	0	0.036955	315.4687085	5.0718014	1.99
3	0	13.839792	1256.6151700	6.1969044	0.50	51	0	0.036564	508.8628840	3.3246790	1.23
4	0	4.770086	52.9690965	5.4444016	11.86	52	0	0.036507	80.1820931	6.2488660	7.84
5	0	4.676740	606.9776755	4.0211951	1.04	53	0	0.034867	52.2577418	5.2100641	12.02
6	0	2.256707	21.3299095	5.5431133	29.46	54	0	0.033529	943.7762935	2.4047142	0.67
7	0	1.694205	-0.3523118	5.0251327	1783.42	55	0	0.033477	606.2663208	4.1449873	1.04
8	0	1.554905	7771.3771468	5.1984666	0.08	56	0	0.032438	607.6890302	0.7493174	1.03
9	0	1.276839	786.0419392	5.9888223	0.80	57	0	0.032423	882.7390270	5.5414736	0.71
10	0	1.193379	522.3693920	3.6498237	1.20	58	0	0.030215	708.4896781	3.3896103	0.89
11	0	1.115322	393.0209696	1.4227451	1.60	59	0	0.029862	1213.9553509	1.7701810	0.52
12	0	0.794185	1150.6769770	2.3223131	0.55	60	0	0.029247	-7143.0695618	4.1831792	0.09
13	0	0.600309	157.7343542	2.6782719	3.98	61	0	0.028244	-628.6598968	5.0696635	1.00
14	0	0.496817	620.8294251	5.6967018	1.01	62	0	0.027567	627.9552732	5.0408460	1.00
15	0	0.486306	588.4926847	0.5200072	1.07	63	0	0.025196	174.8016413	2.9018833	3.59
16	0	0.468597	624.4942814	5.8663988	1.01	64	0	0.024816	-119.4447010	1.0871369	5.26
17	0	0.447061	2.6298320	3.6157965	238.92	65	0	0.022567	613.3512653	3.3079848	1.02
18	0	0.435206	-39.8149003	4.3493383	15.78	66	0	0.022509	1044.7387840	1.4607262	0.60
19	0	0.432392	7.4781599	2.4358983	84.02	67	0	0.021691	1414.3495242	5.9526580	0.44
20	0	0.375510	550.7553239	4.1034768	1.14	68	0	0.020937	842.9241266	0.6523034	0.75
21	0	0.243085	-77.5522611	3.6518379	8.10	69	0	0.020322	41.9484644	3.7354306	14.98
22	0	0.230685	585.6477659	4.7738526	1.07	70	0	0.017806	7.3297126	3.4759751	85.72
23	0	0.203747	1203.6460735	4.3339878	0.52	71	0	0.017673	681.2766815	3.1861298	0.92
24	0	0.173435	1884.9227550	6.1537435	0.33	72	0	0.016155	1021.3285546	1.3311032	0.62
25	0	0.159080	1097.7078805	1.8900752	0.57	73	0	0.015974	-235.2866154	6.1453094	2.67
26	0	0.143935	-79.6298007	5.9575178	7.89	74	0	0.015949	-22.0412642	4.0052983	28.51
27	0	0.137927	1179.0629089	1.1359347	0.53	75	0	0.015078	1965.1048481	3.9694808	0.32
28	0	0.119979	3.8133036	4.5515858	164.77	76	0	0.014751	134.9867410	4.3089333	4.65
29	0	0.118971	548.6777843	1.9145472	1.15	77	0	0.014318	1673.0463690	3.0160581	0.38
30	0	0.116120	105.9381930	0.8735041	5.93	78	0	0.014223	1778.9845620	2.1045513	0.35
31	0	0.101868	-557.3142802	5.9845034	1.13	79	0	0.013671	-53.6804512	5.9716726	11.70
32	0	0.098358	254.4314420	0.0927939	2.47	80	0	0.012462	10.3092774	1.7374388	60.95
33	0	0.080164	20.6185548	2.0953777	30.47	81	0	0.012420	469.0479836	4.7340904	1.34
34	0	0.079645	469.4002955	2.9492336	1.34	82	0	0.011942	803.1092263	2.0534147	0.78
35	0	0.075019	294.2463423	4.9809318	2.14	83	0	0.011847	564.3178564	5.4890054	1.11
36	0	0.064397	574.6271338	1.2803087	1.09	84	0	0.011707	-470.5732308	2.6541256	1.34
37	0	0.063814	576.0498432	4.1679017	1.09	85	0	0.011622	512.0601146	4.8639319	1.23
38	0	0.062617	2.0775395	2.6543948	302.43	86	0	0.010962	0.3590429	2.1965677	1749.98
39	0	0.058844	42.6598191	4.8396501	14.73	87	0	0.010825	55.3569403	0.8427150	11.35
40	0	0.054139	1726.0154655	3.4110911	0.36	88	0	0.010453	586.3591206	1.9137046	1.07
41	0	0.048373	15.5420399	2.2515737	40.43	89	0	0.010396	95.1718406	5.7177996	6.60
42	0	0.048042	214.6165416	1.4958460	2.93	90	0	0.010099	28.3859319	1.9421770	22.13
43	0	0.046551	-0.0980321	0.9215735	6409.31	91	0	0.009963	14.9563197	4.8706906	42.01
44	0	0.042732	63.2783739	5.7206222	9.93	92	0	0.009858	630.9374170	1.0618164	1.00
45	0	0.042560	16100.0685737	1.2708372	0.04	93	0	0.009370	14985.4400134	0.6738790	0.04
46	0	0.042411	627.5962303	2.8695670	1.00	94	0	0.008666	-13.5065080	3.2934065	46.52
47	0	0.040759	1235.2852605	3.9814970	0.51	95	0	0.008610	334.0612427	3.6616989	1.88
48	0	0.040480	1572.0838785	2.5466101	0.40	96	0	0.008323	1176.9853693	1.2293920	0.53

Table 2.3. (suite).

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

Table 2.3. (suite).

$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)	$i$	$\alpha$	$A_i^\alpha$ ( $\mu\text{s}$ )	$\nu_i^\alpha$ (rad/siècle)	$\psi_i^\alpha$ (rad)	Période (années)
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	0.8822135	1.00	259	0	0.000567	363.4621025	1.6492647	1.73
212	0	0.000954	-628.4056171	0.9684809	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	0.6783728	28.01
224	0	0.000806	1511.0466120	5.1428767	0.42	272	0	0.000486	-32.3505417	4.0616739	19.42
225	0	0.000806	30.9278323	6.0540644	20.32	273	0	0.000485	670.2560494	0.2105809	0.94
226	0	0.000798	14.8078724	5.9092251	42.43	274	0	0.000484	1726.7268202	3.2905891	0.36
227	0	0.000798	51.5463871	5.1519625	12.19	275	0	0.000481	574.9452732	4.3095920	1.09
228	0	0.000773	-413.6910434	0.0220678	1.52	276	0	0.000480	595.9570433	5.0313510	1.05
229	0	0.000764	-612.7655451	2.2363463	1.03	277	0	0.000480	575.7317038	1.1423486	1.09
230	0	0.000738	613.4997126	2.2426689	1.02	278	0	0.000478	126.5567479	5.4873146	4.96
231	0	0.000737	532.6786694	4.9238316	1.18	279	0	0.000472	-1256.9674818	5.1121333	0.50
232	0	0.000732	237.9164474	2.5018134	2.64	280	0	0.000472	-1.8159247	1.9997076	346.00
233	0	0.000726	542.9879468	6.0396069	1.16	281	0	0.000470	1202.9347188	1.4056112	0.52
234	0	0.000723	1725.6631536	6.0687196	0.36	282	0	0.000466	1256.2628582	4.9595816	0.50
235	0	0.000710	2876.6924424	5.6726177	0.22	283	0	0.000465	1725.3041108	0.3534963	0.36
236	0	0.000706	1255.9038153	2.8248489	0.50	284	0	0.000463	573.9157791	1.4112230	1.09
237	0	0.000704	1352.1751442	2.3009913	0.46	285	0	0.000461	617.9983076	0.5136693	1.02
238	0	0.000694	349.6032826	2.6683091	1.80	286	0	0.000458	1213.2439962	1.8801038	0.52
239	0	0.000689	468.6889408	6.2242711	1.34	287	0	0.000449	1160.9862544	4.1799896	0.54
240	0	0.000678	-548.1254919	6.2496667	1.15	288	0	0.000432	1685.8482533	1.1792564	0.37



Table 2.3. (suite).

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

Table 2.3. (suite).

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

Table 2.3. (fin).

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

## CHAPITRE 3

### SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

---

A. FIENGA (3.1 & 3.3), V.A. BRUMBERG (3.2), F. ARIAS (3.4), Z. ALTAMIMI (3.5), N. 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. Enfin, la vingt-quatrième assemblée générale adopta la résolution B1 (UAI, 2001) qui impliquait des utilisations plus importantes de certains aspects de la GRT dans la théorie des systèmes de référence astronomiques (Petit, 2000). On peut voir à ce sujet les commentaires de Brumberg et Groten (2001), l'explication détaillée de Soffel et al. (2003) et la discussion sur les applications pratiques de cette résolution dans (IERS, 2002).

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

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

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

- Deuxièmement, les concepts classiques de l'astronomie fondamentale et du système de constantes astronomiques sont basés sur la mécanique newtonienne avec son temps et son espace absolus. Dans l'astronomie newtonienne, de tels concepts sont invariants lors de transformations du barycentre

au géocentre et inversement. De telles invariances n'ont plus cours en astronomie relativiste. Afin d'éviter des confusions, on doit aller plus loin que le cadre des systèmes ICRS et ITRS.

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

### 3.2.3. Description mathématique

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

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

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

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  $\varepsilon$  et  $\chi$  ont été proposées par Bretagnon et al. (2003) pour la construction de futures éphémérides planétaires analytiques. Le problème de cohérence entre la hiérarchie des systèmes de référence relativistes d'une part et les théories planétaires et lunaires actuelles (numériques et analytiques) ainsi que la théorie de la rotation de la Terre d'autre part, n'est pas encore complètement résolu. En complément de (3.2.1), au niveau géocentrique, on a :

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

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

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

et

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

avec l'équation du temps relativiste

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

et la représentation du mouvement de la Terre en TCG

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

d'où l'on déduit

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

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

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

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

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

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

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

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

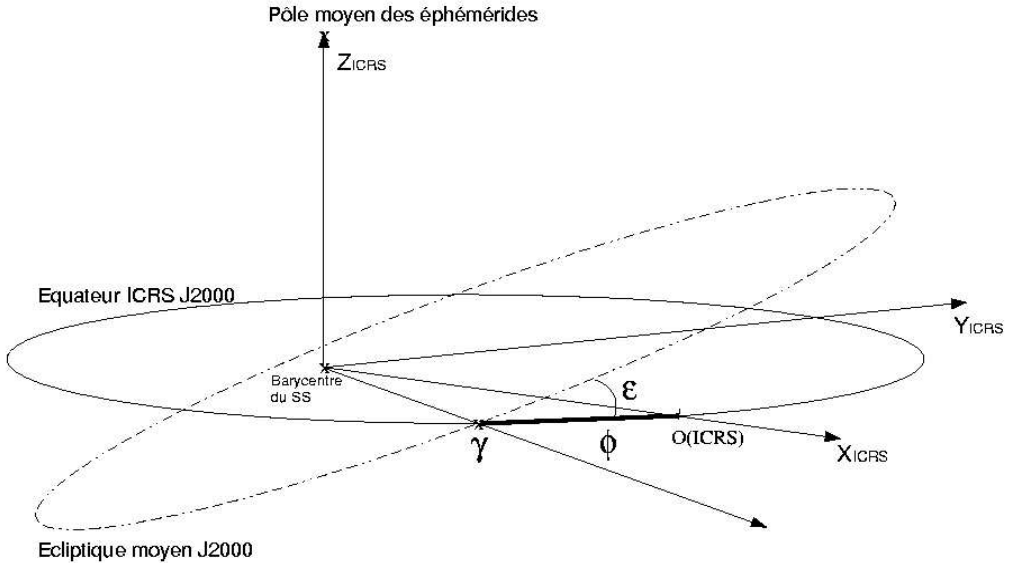
### 3.3. SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE DYNAMIQUES

#### 3.3.1. Introduction

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

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

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



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

d'inertie) pour construire un système de coordonnées. Une éphéméride planétaire ou lunaire couvrant une période suffisante peut ainsi réaliser un repère de référence appelé repère de référence dynamique. Un système de référence ayant une telle matérialisation dynamique sera appelé système de référence inertiel ou quasi-inertiel dans le cadre relativiste. On définira aussi un système de référence dynamique conventionnel comme l'association du repère de référence dynamique 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 inertiel, on peut définir les plans de référence et les origines suivants.

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

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

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

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

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

### 3.3.3 Systèmes de référence et éphémérides

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

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

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

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

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

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

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

### 3.3.3.1. *Éphémérides numériques du JPL*

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

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



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

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

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

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

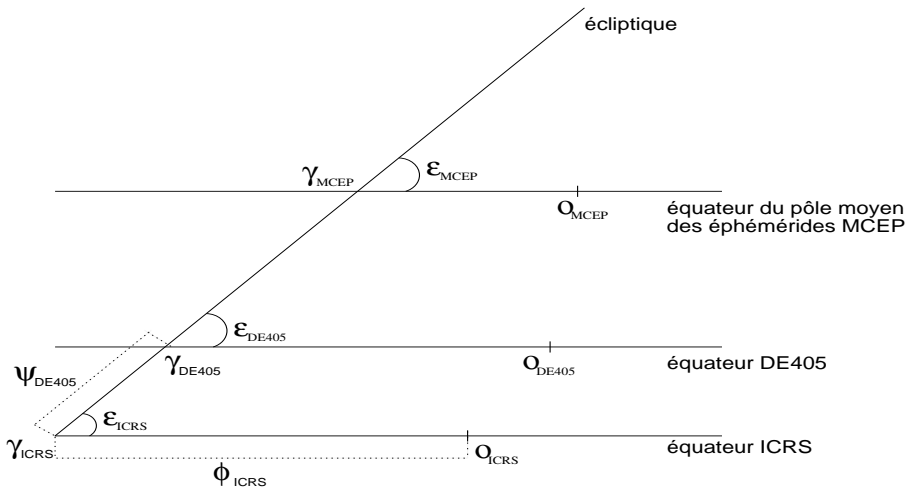
$$(+0.3 - 0.2T, -0.3 + 0.1T, +3.2 - 0.9T) \text{ mas}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

### 3.3.3.3. *Éphémérides planétaires analytiques VSOP*

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

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

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

### 3.3.4. Conclusion

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.4.2. Les recommandations de l'UAI

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

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

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

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

### 3.4.3. Définition de l'ICRS

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

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

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

L'UAI a recommandé que l'origine des ascensions droites de l'ICRS soit proche de l'équinoxe dynamique J2000. Dans l'analyse VLBI, il n'est pas possible de séparer l'origine des ascensions droites, de la longitude de la ligne de base de l'interféromètre car l'origine des ascensions droites

n'est pas fixée. L'axe Ox du système ICRS a été fixé implicitement dans sa première réalisation par l'adoption des ascensions droites des vingt-trois radiosources extragalactiques primaires (Arias et al., 1988). Ces coordonnées ont été dérivées d'un ensemble de catalogues VLBI compilés en adoptant pour l'ascension droite du quasar 3C273B la valeur de Hazard et al. (1971) dans le système FK5 (12h 29m 06.6997s en J2000).

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

#### 3.4.4. Maintenance de l'ICRS

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

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

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

#### 3.4.5. Accessibilité à l'ICRS

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

Tel qu'il a été recommandé par l'UAI, le repère de référence Hipparcos est la matérialisation de l'ICRS dans les fréquences optiques (Kovalevsky et al., 1997). Le rattachement entre le repère de référence VLBI et le repère Hipparcos a fait partie du programme Hipparcos.



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

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

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

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

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

L'ICRF (Ma et al. 1997 et 1998) est le résultat de l'analyse de toutes les observations VLBI disponibles sur la période 1979-1995. Les analyses VLBI qui ont servi à l'établissement de l'ICRF ont été effectuées afin de trouver un bon compromis entre des objectifs parfois divergents : le plus grand nombre de données et l'erreur systématique la plus faible possible, les meilleurs modèles et l'utilisation pratique la plus simple, le plus grand nombre de paramètres estimés et le temps de calcul. Les vitesses de retard sont introduites dans l'analyse. Les observations en dessous de  $6^\circ$  de hauteur sont rejetées. Le modèle linéaire de troposphère est complété par l'estimation de gradients. En ce qui concerne la position du pôle céleste, des corrections aux modèles UAI 1976 de la précession et UAI 1980 de la nutation ont été apportées dans l'analyse.

Des études préliminaires ont permis de détecter les sources les plus adaptées pour définir l'orientation des axes du repère. Dans un cas idéal, avec un grand nombre de données, ces sources ne doivent pas présenter de changement de position. Pour classer les sources radio de l'ICRF, des critères ont été définis en fonction de la qualité des données, l'historique des observations, la cohérence entre les coordonnées dérivées des différents sous-ensembles de données et les effets de structure radio des sources.

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

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

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

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

Le nombre total de sources radio extragalactiques dans la première réalisation de l'ICRF est 608. Deux cent douze sources ont satisfait tous les critères de sélection pour être dans la catégorie *sources de définition*. Deux cent quatre-vingt-quatorze sources n'ayant pas satisfait à un ou plusieurs critères sont des *sources candidates*. Elles pourraient devenir des sources de définition dans le futur. Cent deux sources ont montré d'importants changements dans leurs positions. Elles ont été néanmoins conservées dans le repère comme *autres sources*, quelques unes étant nécessaires pour rattacher l'ICRS avec d'autres systèmes de référence. La plupart des sources de définition de l'ICRF ont des incertitudes inférieures à 0.5 mas. L'analyse VLBI appliquée au calcul des coordonnées des sources de l'ICRF a donné des positions dans un système très proche de l'ICRS. La partie finale de l'établissement du repère conventionnel est son alignement à l'ICRS. Pour effectuer cet alignement on a utilisé un modèle basé sur celui qui a été développé à l'IERS pour la comparaison de catalogues VLBI (Arias et al., 1988). L'analyse de l'orientation du système quand on considère des ensembles différents de sources radio indique que les axes de l'ICRS sont stables au niveau de 0.020 mas.

### 3.4.7. Extensions de l'ICRF

Le processus de maintenance de l'ICRS prévoit des améliorations du repère chaque fois qu'elles sont justifiées par un progrès dans la précision des coordonnées, de même que par une augmentation du nombre de sources dans le repère. Deux extensions de l'ICRF existent déjà. Elles ont été élaborées par le même groupe d'experts qui a calculé la première réalisation du repère de référence céleste international.

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

### 3.4.8. Futur de l'ICRS

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

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

## 3.5. LE SYSTÈME INTERNATIONAL DE RÉFÉRENCE TERRESTRE ITRS

### 3.5.1. Introduction

La géodésie, science de la forme de la Terre et de ses déformations, repose sur le positionnement de points à la surface de la Terre ou dans son environnement immédiat. La détermination des positions nécessite en premier lieu des mesures (ou observations) utilisant des techniques classiques (terrestres) ou spatiales et faisant appel à des objets célestes, artificiels ou naturels. En second lieu, les mesures sont traitées par des modèles mathématiques et physiques, permettant ainsi la détermination des coordonnées des points. Les coordonnées ainsi obtenues sont donc des quantités ni observables, ni absolues et doivent par conséquent être rapportées à une référence. C'est ainsi qu'on appelle *Système de Référence Terrestre* (SRT), un objet mathématique, satisfaisant

une définition idéale et, dans lequel les coordonnées des points seront exprimées. Pour réaliser ce système, c'est-à-dire le rendre accessible aux utilisateurs, on définit un *Repère de Référence Terrestre* (RRT) comme matérialisation physique du SRT. La distinction entre "système de référence" et "repère de référence" est donc subtile, le premier étant plutôt invariable et inaccessible, le deuxième étant accessible et perfectible.

L'utilisation des techniques spatiales depuis une vingtaine d'années a bouleversé les techniques de positionnement à la surface de la Terre. Les incertitudes initialement de l'ordre du décimètre sont maintenant de l'ordre du centimètre, voire de quelques millimètres. Toutefois, chaque technique et chaque stratégie d'analyse définit et réalise son propre système. Ainsi, assiste-t-on à des réalisations diverses de systèmes de référence, présentant des biais et systématismes les uns par rapport aux autres. Ce constat a conduit les instances internationales et en particulier l'UAI, l'UGGI et l'Association Internationale de Géodésie (AIG) à adopter, en 1991, l'ITRS (International Terrestrial Reference System) comme système de référence terrestre unique, pour toutes les applications relatives aux sciences de la Terre.

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

Le principe de l'ITRF est de combiner les positions de stations (et leurs vitesses), calculées par différents centres d'analyse en utilisant les observations des techniques spatiales telle que l'interférométrie à très longues lignes de base (VLBI), la télémétrie laser de la Lune (LLR) et de satellites (SLR, Satellite Laser Ranging), le Global Positioning System (GPS) et le Doppler Orbitography Radio-positioning Integrated by Satellite (DORIS).

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

Un SRT est un système de référence spatial tournant avec la Terre dans son mouvement diurne dans l'espace. Dans ce système, les points localisés sur la surface de la Terre solide possèdent des coordonnées sujettes à des variations temporelles, dues à des effets géophysiques (en particulier tectoniques ou de marées terrestres et océaniques). Le SRT n'étant théoriquement pas accessible, on lui associe une réalisation physique, appelée RRT, défini par un ensemble de points physiques ayant des coordonnées estimées (cartésiennes, géographiques ou cartographiques) et exprimées dans le SRT.

Afin de suivre la terminologie adoptée depuis une vingtaine par les communautés géodésique et astronomique (Kovalevsky et Mueller, 1989 ; Boucher, 2001) on distingue trois types de systèmes de référence terrestres : le système de référence idéal, le système de référence conventionnel et le repère de référence conventionnel.

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

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

Un *système de référence idéal* est modélisé par un repère affine  $(O, E)$  dans un espace euclidien orthogonal où,  $O$ , l'origine, est un point quelconque de l'espace et  $E$  est une base orthogonale vérifiant :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

avec :

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

où  $I$  est la matrice unité.

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

$$\dot{X}_2 = \dot{X}_1 + \dot{T} + \dot{D}X_1 + D\dot{X}_1 + \dot{R}X_1 + R\dot{X}_1 \tag{3.5.4}$$

$D$  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 :

$$\dot{X}_2 = \dot{X}_1 + \dot{T} + \dot{D}X_1 + \dot{R}X_1 \tag{3.5.5}$$

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

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

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

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

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

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

Les observations des techniques de géodésie spatiale ne contenant pas tous les paramètres nécessaires pour établir un RRT, des informations externes supplémentaires sont donc nécessaires

pour compléter la définition du RRT. Cette situation est reflétée par le fait que la matrice normale,  $N$ , construite à partir des observations, est singulière, puisqu'elle a un défaut de rang correspondant au nombre de paramètres du repère non réduits par les observations.

Afin de pallier ce défaut de rang, les centres d'analyse cumulent des contraintes appliquées sur une partie ou sur l'ensemble des stations du réseau traité :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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





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

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

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

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

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

### 3.5.4. Le Système International de Référence Terrestre ITRS

#### 3.5.4.1. Historique

L'historique de l'ITRS remonte à 1984, quand pour la première fois un RRT combiné, appelé BTS84 a été obtenu en utilisant des coordonnées de stations issues des observations VLBI, LLR, SLR et Doppler/ TRANSIT (le prédécesseur de GPS), (Boucher et Altamimi, 1985). Le BTS84 a été réalisé dans le cadre des activités du Bureau International de l'Heure jouant le rôle de centre de coordination pour la campagne internationale MERIT (Monitoring of Earth Rotation and Inter-comparison of Techniques). Trois autres réalisations du BTS ont été successivement établies, la dernière étant le BTS87, avant la création, en 1988, de l'IERS.

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

### 3.5.4.2. Définition de l'ITRF

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

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

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

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

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

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

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

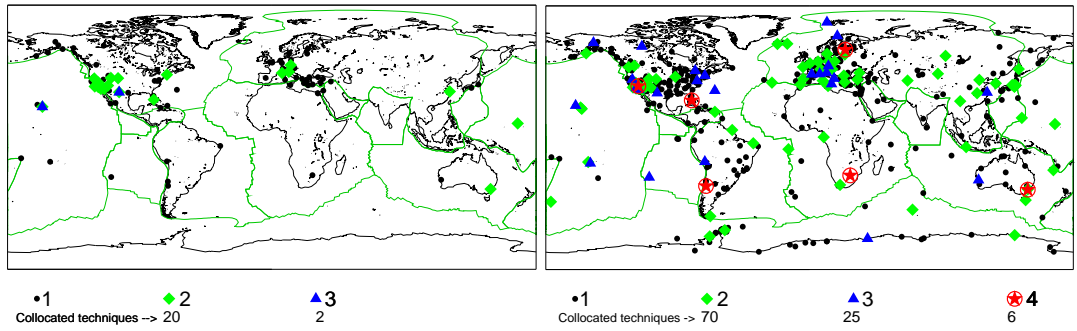


Fig. 3.5.1. Les sites et colocalisations ITRF88 (gauche) et ITRF2000 (droite).

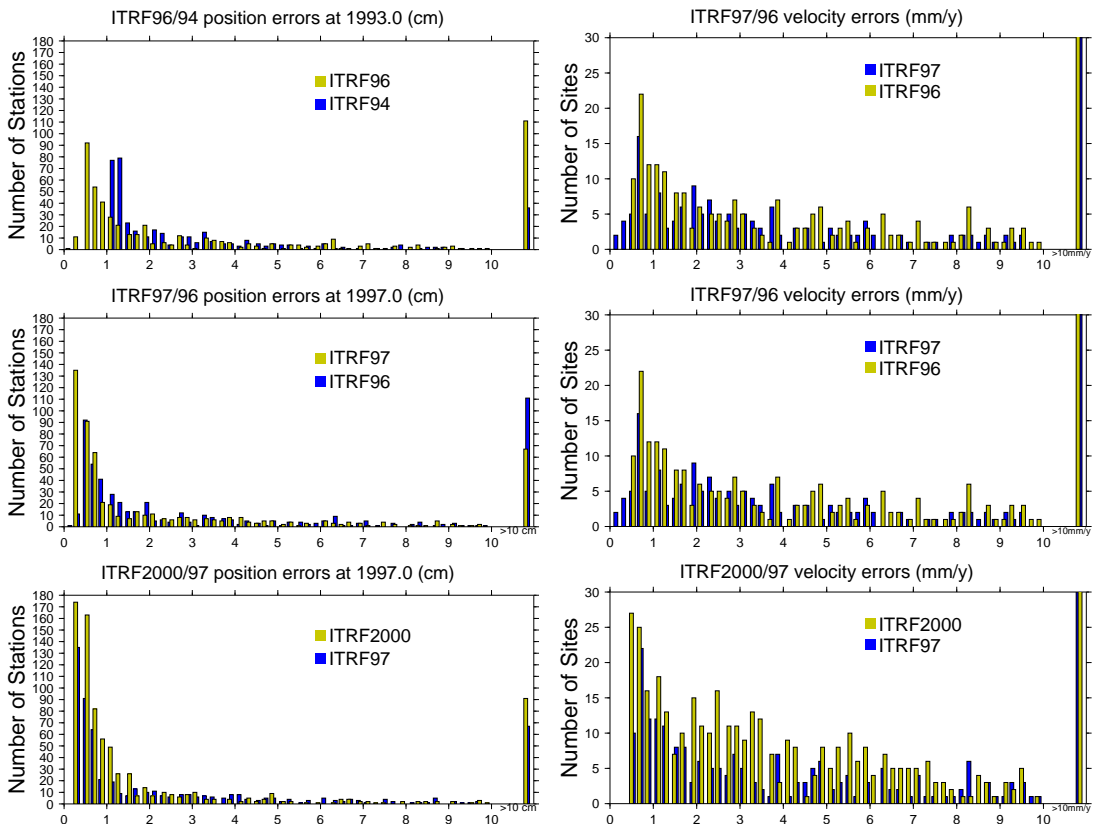


Fig. 3.5.2. Évolution des erreurs formelles selon les versions ITRF en positions (gauche) et en vitesses (droite)

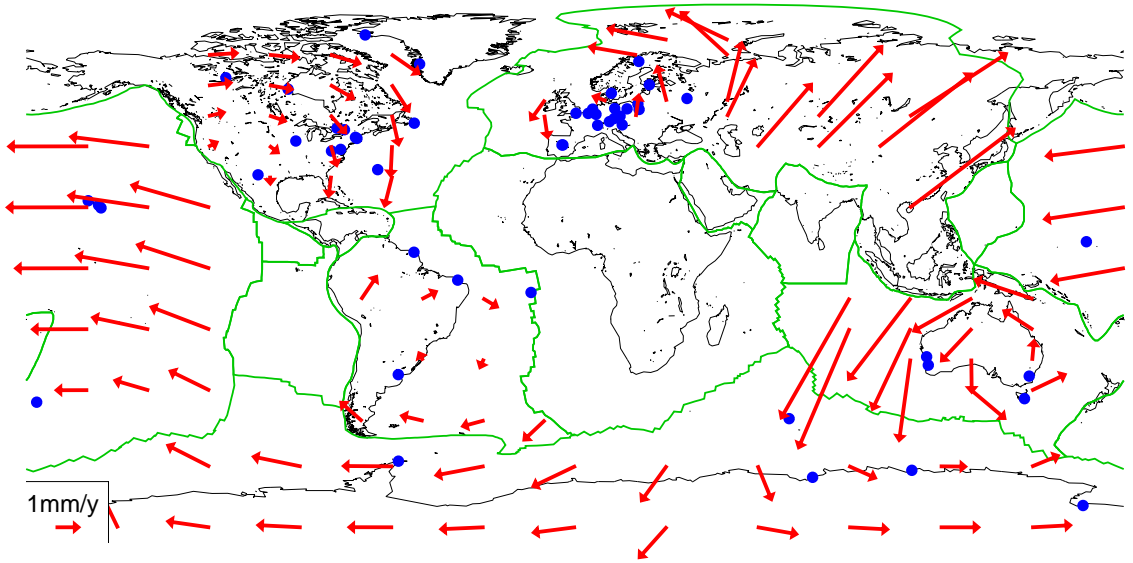


Fig. 3.5.3. Différences des vitesses entre l'ITRF2000 et le modèle NNR-NUVEL-1A

### 3.5.5. L'ITRF2000

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

L'ITRF2000 est une solution étendue et améliorée dans le but de servir de référence à la fois pour le positionnement et les applications aux sciences de la Terre. En plus des sites primaires, VLBI, SLR, GPS et DORIS, l'ITRF2000 comprend une densification par des réseaux GPS régionaux en Alaska, Antarctique, Asie, Europe, Amérique et dans le Pacifique.

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

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

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

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

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

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

#### 3.6.1. Introduction

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

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

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

#### 3.6.2. Expression générale de la transformation

Les directions d'étoiles ou de quasars observés depuis la Terre à une certaine date se rapportent directement à un axe intermédiaire très proche de l'axe instantané de rotation. On est ainsi amené à introduire, dans le passage entre les systèmes de référence ITRS et GCRS, un système de référence céleste instantané dit *intermédiaire*, défini de façon conventionnelle de façon à exprimer au mieux les quantités observées au cours des réductions d'observations. Ainsi, pour effectuer le passage

du GCRS à l'ITRS, on passe d'abord des axes du système de référence céleste géocentrique dans lequel les coordonnées des directions des objets célestes sont calculées aux axes du système de référence intermédiaire instantané. Ce passage inclut (i) une rotation indépendante du temps entre le GCRS et le système de référence équatorial moyen à l'époque de référence  $t_o$  et (ii) une rotation pour passer du système de référence équatorial moyen de l'époque  $t_o$  au système de référence intermédiaire animé du mouvement de précession et de nutation. L'axe Ox de ce système de référence intermédiaire est arbitraire, les ascensions droites d'étoiles ou de quasars étant déterminées de façon relative. Pour exprimer les coordonnées angulaires d'un astre dans le système de référence terrestre il faut ensuite tenir compte de l'angle de rotation de la Terre dans le système de référence céleste autour de l'axe du pôle intermédiaire à partir de l'origine choisie ainsi que du déplacement de ce pôle par rapport à la Terre.

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

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

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 :

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

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

d'améliorer l'exactitude de ses différentes composantes. L'utilisation de la NRO a été recommandée par la résolution B1.8 de l'UAI adoptée en 2000.

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

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

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

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

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

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

Cette résolution recommande d'utiliser comme origines sur l'équateur du CIP, les origines non-tournantes à la fois par rapport au GCRS et à l'ITRS, ces origines étant appelées respectivement *origine céleste des éphémérides* (CEO, Celestial Ephemeris Origin) et *origine terrestre des éphémérides* (TEO, Terrestrial Ephemeris Origin). Il est à noter que les récentes recommandations du groupe de travail de l'UAI sur la nomenclature pour l'astronomie fondamentale proposent de renommer ces origines respectivement *origine céleste intermédiaire* (CIO, Celestial Intermediate Origin) et *origine terrestre intermédiaire* (TIO, Terrestrial Intermediate Origin) par souci d'homogénéisation avec le terme "intermédiaire" utilisé pour le pôle. On utilisera cette dénomination dans la suite.

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

donnée par Capitaine et al. (2000) :

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

où  $t$  est la date julienne en UT1.

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

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

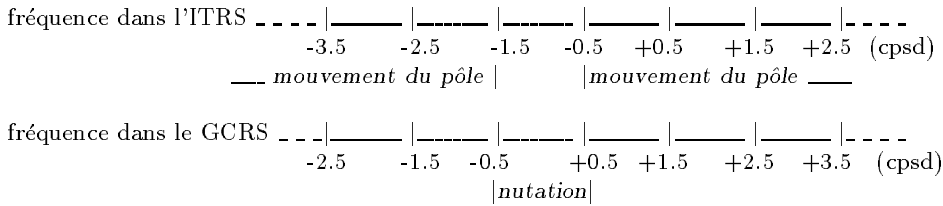
#### 3.6.4.1. Définition des paramètres à utiliser

L'orientation de la Terre dans un système de référence céleste, centré au centre de masse de la Terre, est donnée par trois paramètres. En fait, le mouvement de la Terre autour de son centre de masse comporte une composante non prévisible, constituée du mouvement du pôle et des variations de la vitesse angulaire de rotation, et une composante prévisible qui constitue la précession-nutation. Ces diverses composantes sont décrites dans le chapitre 4. La représentation de la rotation de la Terre exige la connaissance du mouvement de l'axe instantané de rotation à la fois dans le système de référence céleste et dans le système de référence terrestre, ainsi que du mouvement de rotation de la Terre autour de son axe de rotation. On utilise ainsi, en pratique, cinq paramètres appelés *paramètres d'orientation de la Terre* (EOP, Earth Orientation Parameters) (*cf.* 4.4). Deux d'entre eux représentent la trajectoire du pôle intermédiaire sur la sphère céleste, deux autres expriment les coordonnées,  $x_p$ ,  $y_p$ , de ce pôle sur la sphère terrestre et le cinquième, la rotation de la Terre autour de l'axe du pôle. La connaissance de ces cinq paramètres en fonction de la date est indispensable pour effectuer la transformation (3.6.1).

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







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

3.6.4.3. Bases de la nouvelle définition du Temps universel UT1

Jusqu'au 1 janvier 2003, UT1 était défini, à partir du temps sidéral moyen à 0 h UT1, par la relation de Aoki et al. (1982). Cette définition était adaptée à la détermination de UT1 à partir de l'instant de passage d'une étoile au méridien d'un lieu ou bien à une distance zénithale donnée ce qui n'est plus le cas des observations actuelles telles que la télémétrie laser ou le VLBI. Par ailleurs, le temps sidéral se réfère à l'équinoxe et les observations par les techniques modernes ne sont pas sensibles à la position de l'écliptique, donc de l'équinoxe, ce qui rend inutilement complexe le fait de se rapporter à l'équinoxe pour définir UT1. Enfin, la relation numérique d'Aoki et al. reposait sur le système de référence FK5 qui a été remplacé, au 1 janvier 1998, par le système de référence ICRS, décrit au paragraphe 3.4.

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

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

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

La première condition exige l'utilisation d'une origine cinématiquement non-tournante sur

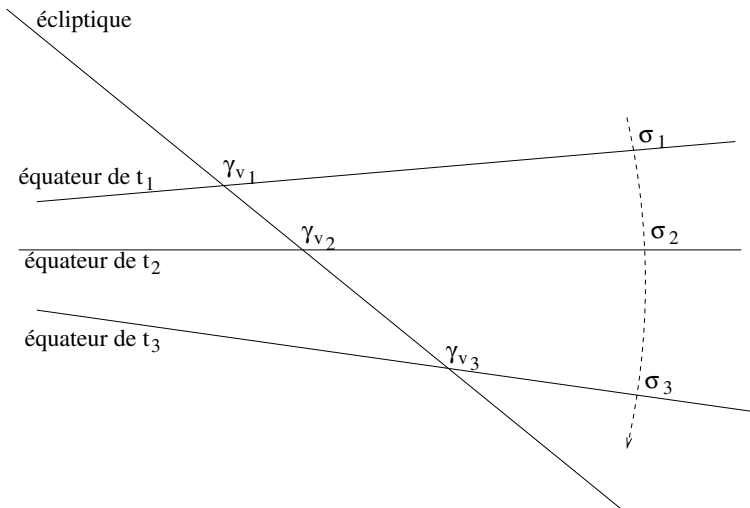
l'équateur mobile et les suivantes sont remplies par un choix approprié des valeurs numériques des coefficients.

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

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

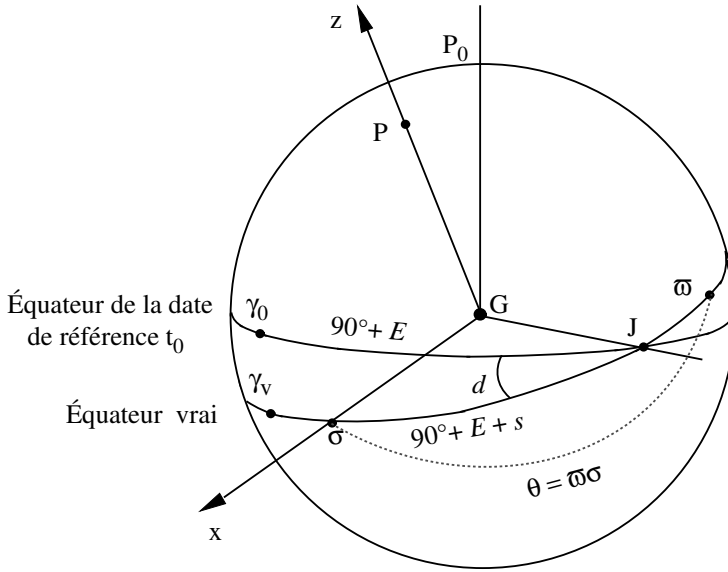
Soit  $(P_0)$  le système céleste quasi-inertiel défini par le pôle céleste moyen  $P_0$  et l'équinoxe  $\gamma_0$  à l'époque  $t_0$ . On définit, dans l'équateur mobile à la date  $t$ , c'est-à-dire dans le système de référence équatorial instantané vrai de pôle  $P$  (dans la pratique, le CIP) et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

Une telle définition implique que la rotation instantanée de  $\sigma$  autour de  $GP_0$  annule la rotation instantanée qui résulte du mouvement de l'équateur dans le système de référence céleste du fait de la précession et de la nutation. De façon équivalente, on peut dire qu'à tout instant la vitesse de déplacement de ce point au cours du temps est dirigée perpendiculairement à l'équateur du CIP (figure 3.6.2).



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

Soient  $d$  et  $E$  les coordonnées sphériques du CIP dans le système de référence céleste GCRS et  $X = \sin d \cos E$ ,  $Y = \sin d \sin E$ ,  $Z = \cos d$  les coordonnées cartésiennes du vecteur unitaire dans



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

la direction du CIP. Avec les notations de la figure 3.6.3, la quantité  $s = \sigma\mathbf{J} - \gamma_0\mathbf{J}$  qui permet de positionner le CIO à tout instant à partir de l'origine fixe sur l'équateur fixe de l'époque  $t_0$ , s'écrit sous la forme :

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

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

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

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

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

3.6.5.1). On obtient :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\theta - \text{GST}$  est l'ascension droite de l'équinoxe comptée à partir du CIO, quantité également appelée *équation des origines* et  $dT_0$  est une constante à ajuster pour assurer la continuité de UT1 à la

date du changement (1 Janvier 2003) ; les autres termes représentent la précession-nutation en ascension droite accumulée de J2000 à la date  $t$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

où  $k$  est le coefficient de proportionnalité entre l'ERA et le Temps universel, l'indice 0 désignant l'époque de référence  $t_0$ . 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) :

$$\theta(d_u) = 2\pi (0.779\,057\,273\,2640 + 1.002\,737\,811\,911\,354\,48 T_u), \quad (3.6.17)$$

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

La valeur des quantités  $X$  et  $Y$  à utiliser dans la matrice  $C'(t)$  s'obtient à partir des développements UAI 2000 des coordonnées  $X$  et  $Y$  du CIP à la date  $t$  dans le GCRS, qui ont été donnés sous la

forme suivante par Capitaine et al. (2003a) :

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

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

où  $t$  est compté en siècles juliens à partir de J2000 et où ARGUMENT représente les arguments des nutations luni-solaires et planétaires du modèle UAI 2000A ; c'est une combinaison linéaire des arguments fondamentaux de la nutation (*i.e.* arguments de Delaunay  $l, l', F, D, \Omega$ ), des longitudes des planètes  $L_{Me}, L_{Ve}, L_E, L_{Ma}, L_J, L_{Sa}, L_U, L_{Ne}$  et de la précession  $p_A$ . Ces développements ont été déduits des expressions de  $X$  et  $Y$  (Capitaine, 1990) en fonction des quantités classiques de précession-nutation ; ils sont compatibles avec le modèle de nutation UAI 2000A et incluent les décalages à J2000 par rapport aux axes du GCRS ( $\xi_0, \eta_0$  pour le CIP et  $d\alpha_0$  pour l'équinoxe). Un extrait des développements (3.6.18) et (3.6.19) pour les termes périodiques les plus importants est donné dans la table 6.1. Pour les observations exigeant une précision de l'ordre de  $10^{-4}''$  sur les EOP, il faut ajouter à ces valeurs, les corrections sur la position du pôle céleste,  $dX_{IAU2000} = d\psi_{IAU2000} \sin \varepsilon$  et  $dY_{IAU2000} = d\varepsilon_{IAU2000}$ , diffusées par l'IERS.

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

$$\begin{aligned}
 s = & -XY/2 + 0''.000\,094 + 0''.003\,808t - 0''.000120t^2 - 0''.072\,574t^3 - 0''.002\,641 \sin \Omega \\
 & - 0''.000\,064 \sin 2\Omega - 0''.000\,012 \sin(2\lambda_{\odot} + \Omega) - 0''.000\,011 \sin(2\lambda_{\odot} - \Omega) \\
 & + 0''.000\,744t^2 \sin \Omega + 0''.000\,057t^2 \sin 2\lambda_{\odot} + 0''.000\,010t^2 \sin 2\lambda_{\zeta},
 \end{aligned} \tag{3.6.20}$$

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



**Table 6.1.** Termes périodiques les plus importants dans les développements des coordonnées  $X(t)$  (partie supérieure) et  $Y(t)$  (partie inférieure) du CIP dans le GCRS (unité  $10^{-6''}$ ).

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

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

*3.6.6.1. Expression des matrices de rotation*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L'expression de GMST (Greenwich Mean Sidereal Time) compatible avec le modèle UAI 2000 de précession-nutation est donnée en fonction de l'ERA par la première ligne de l'expression (3.6.23) ;

elle est exprimée en secondes de degré puisque GST et ERA sont des angles. Pour comparer cette expression à celle d'Aoki et al. (1982), on l'exprime en fonction de UT1 en utilisant la relation (3.6.3) et on convertit l'expression obtenue en secondes de temps. On obtient ainsi, avec une résolution de  $0.1 \mu\text{s}$  :

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

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

Ou bien, de façon équivalente :

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

à comparer avec la définition 1982 de UT1 :

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

### 3.7. BIBLIOGRAPHIE

- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2002, ITRF2000 : A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications, *J. Geophys. Res.* **107 (B10)**, 2214, doi :10.1029/2001JB000561.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2003, The impact of a No-Net-Rotation Condition on ITRF2000, *Geophys. Res. Lett.* **30 (2)**, 1064, doi :10.1029/2002GL016279.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2003, ITRF2000 : From Theory to Implementation, *Proceedings of IAG V Hotine Marussi symposium*.
- Aoki, S., Guinot, B., Kaplan, G. H., Kinoshita, H., McCarthy, D. D., and Seidelmann, P. K. : 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., Feissel, M., Lestrade, J.-F. : 1995, The extragalactic reference system of the International Earth Rotation Service, ICRF, *Astron. Astrophys.* **303**, 604.

- Arias, F., Feissel, M., Lestrade, J.-F. : 1988, Comparison of VLBI celestial reference frames, *Astron. Astrophys.* **199**, 357.
- Arias, E.F., Feissel, M., Lestrade, J.-F. : 1988, An extragalactic celestial reference frame consistency with the BIH terrestrial system (1987), BIH Annual Report for 1988, D-113, observatoire de Paris.
- Boucher, C. : 1989, Current intercomparisons between CTS's in *Reference frames in Astronomy and Geophysics*, Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolacek, B. eds, Kluwer Academic Publishers, 324.
- Boucher, C. : 2001, Terrestrial coordinate systems and frames, in *Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*, MacMillan.
- Boucher, C., Altamimi, Z. : 1985, Towards an improved realization of the BIH terrestrial frame, *The MERIT/COTES Report on Earth Rotation and Reference Frames* Vol. **2**, Mueller, I.I ed., OSU/DGS, Columbus, Ohio, USA.
- Bretagnon, P. : 1982, Théorie du mouvement de l'ensemble des planètes. Solution VSOP82, *Astron. Astrophys.* **114**, 278.
- Bretagnon, P., Brumberg, V.A. : 2003, On transformation between international celestial and terrestrial reference systems, *Astron. Astrophys.* **408**, 387.
- Bretagnon, P., Fienga, A., Simon, J.-L. : 2003, Expressions for precession consistent with the IAU 2000A model. Considerations about the ecliptic and the Earth Orientation Parameters, *Astron. Astrophys.* **400**, 485.
- Bretagnon, P., Francou, G. : 1988, Planetary theories in rectangular and spherical variables. VSOP87 solutions, *Astron. Astrophys.* **202**, 309.
- Bretagnon, P., Francou, G., Rocher, P., Simon, J.-L. : 1998, SMART97 : A new solution for the rotation of the rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **329**, 329.
- Bretagnon, P., Rocher, P., Simon, J.-L. : 1997, Theory of the rotation of the rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **319**, 305.
- Brumberg, V.A., Bretagnon, P., Guinot, B. : 1996, Astronomical Units and Constants in the General Relativity Framework, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **64**, 231.
- Brumberg, V.A., Groten, E. : 2001, IAU Resolutions on Reference Systems and Time Scales in Practice, *Astron. Astrophys.* **367**, 1070.
- Brumberg, V.A., Simon J.-L. : 2004, Relativistic indirect third-body perturbations in the SMART Earth's rotation theory, in *Journées 2003, Systèmes de référence spatio-temporels*, Saint-Pétersbourg, (sous presse).
- 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.
- 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., Feissel-Vernier, M., Gontier, A.-M., Jacobs, C., Li J., MacMillan, D.S. : 2004, *Astron. J.*, sous presse.
- Folkner, W.M., Charlot, P., Finger, M.H., Williams, J.G., Sovers, O.J., Newhall, XX, Standish, E.M. : 1994, Determination of the extragalactic-planetary frame tie from joint analysis of radio interferometric and lunar laser ranging measurements, *Astron. Astrophys.* **287**, 279.
- Fricke, W. : 1982, Determination of the Equinox and Equator of the FK5, *Astron. Astrophys.* **107**, L13.

- Fricke, W., Schwan, H., Lederle, T. et al. : 1988, Fifth Fundamental Catalogue (FK5), Veröff. Astron. Rechen-Institut Heidelberg 32, Verlag G. Braun, Karlsruhe.
- Guinot B. : 1979, Basic problems in the kinematics of the rotation of the Earth, in Time and the Earth's Rotation, IAU Symposium N 82, McCarthy D.D, Pilkington D.H. eds, D. Reidel, pp. 7-18.
- Guinot, B. : 2000, Time systems and time frames, the epochs, in *J2000, a fundamental epoch for origins of reference systems and astronomical models* (Journées 2000), Capitaine, N. ed., observatoire de Paris, 209.
- Hazard, C., Sutton, J., Argue, A.N., et al. : 1971, Accurate Radio and Optical Positions of 3C273B, *Nature* **233**, 89.
- IERS : 1992, IERS Standards (1992), *IERS Technical note* 13, McCarthy ed., observatoire de Paris, 148.
- IERS : 1996, IERS Conventions (1996), *IERS technical note* 21, McCarthy ed., observatoire de Paris.
- IERS : 1999, : First extension of the ICRF, ICRF-Ext.1, *1998 IERS Annual Report*, Gambis, D. ed., observatoire de Paris, 87.
- IERS : 2002, Proceedings of the IERS Workshop on the Implementation of the New IAU Resolutions, *IERS technical note* 29, Capitaine, N., Gambis, D., McCarthy, D.D., Petit, G., Ray, J., Richter, B., Rothacher, M., Standish, E.M., Vondrak, J. eds., Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am mai
- IERS : 2003, IERS Conventions (2003), *IERS technical note* 32, McCarthy, D.D., Petit, G. eds, Frankfurt am Main : Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, sous presse.
- Kinoshita, H., Aoki, S. : 1983, The definition of the ecliptic, *Celest. Mech.* **31**, 329.
- Kovalevsky, J., Mueller, I.I. : 1981, in *Reference Coordinate Systems for Earth Dynamics*, Gaposchkin E.M., Kolaczek, B. eds., Reidel, 375.
- Kovalevsky, J., Mueller, I.I. : 1989, in *Reference frames in Astronomy and Geophysics*, Kovalevsky, J., Mueller, I.I., Kolaczek, B. eds, Kluwer Academic Publishers, 1.
- Kovalevsky, J., Lindegren, L., Perryman, M.A.C., Hemenway, P.D., Johnston, K.J. et 20 co-auteurs : 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., Eubanks, T.M., Fey, A.L., Gontier, A.-M., Jacobs, C.S., Sovers, O.J., Archinal, B.A., Charlot, P. : 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., Requième, Y., Helmer, H., Fabricius, C., Einicke, O.H., Buontempo, M.E., Muiños, J.L., Rapaport, M. : 1990, Comparison of FK5 with Bordeaux and Carlsberg Meridian Circle Observations, *Astron. Astrophys.* **240**, 173.
- Morrison, L.V., Buontempo, M.E., Fabricius, C., Helmer, L. : 1992, First meridian circle observations of Pluto, *Astron. Astrophys.* **262**, 347.
- Newhall, XX, Standish, E.M., Williams, J.G. : 1983, DE102 : a numerically integrated ephemeris of the Moon and planets spanning forty-four centuries, *Astron. Astrophys.* **125**, 150.
- Petit, G. : 2000, Report of the BIPM/IAU Joint Committee on relativity for space-time references systems and metrology, in *Proceedings of the IAU Colloquium* 180, Johnston, K.J., McCarthy, D.D., Luzum, B.J. and Kaplan, G.H. eds, USNO, Washington, 275.
- Seidelmann, P.K. : 1982, 1980 IAU theory of nutation : the final report of the IAU working group on nutation, *Celest. Mech.* **27**, 79.
- Schwann, H. : 1988, Precession and Galactic Rotation in the System of the FK5, *Astron. Astrophys.* **198**, 116.
- Sillard, P., Boucher, C. : 2001, Review of Algebraic Constraints in Terrestrial Reference Frame Datum Definition, *Journal of Geodesy* **75**, 63.
- Soffel, M., Klioner, S.A., 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.
- Souchay, J., Feissel, M., Bizouard, C., Capitaine, N., Bougeard, M.L. : 1995, Precession and Nutation for a Non-rigid Earth, *Astron. Astrophys.* **299**, 277.
- Standish, E.M. : 1981, Two differing definitions of the dynamical equinox and the mean obliquity, *Astron. Astrophys.* **101**, L17.
- Standish, E.M. : 1982, DE200, magnetic tape.
- Standish, E.M., Newhall, X.X., Williams, J.G., Folkner, W.F. : 1995, JPL planetary and lunar ephemerides, DE403/LE403, JPLIOM **314.10**.
- Standish, E.M. : 1998a, Times scales in the JPL and CfA ephemerides, *Astron. Astrophys.* **336**, 381.

- Standish, E.M. : 1998b, JPL planetary and lunar ephemerides, DE405/LE405, JPLIOM **312.F**.
- Standish, E.M. : 1998c, Orientation of the JPL Ephemerides onto the international celestial reference frame, in *IV International Workshop on positional and celestial mechanics*, Lopez Garcia et al. eds, Valencia, Spain.
- UAI : 1991, Reference Systems, in *Proceedings of the IAU Colloquium 127*, Hughes, J.A., Smith, C.A. and Kaplan, G.H. eds, USNO, Washington.
- UAI : 1992, Resolutions of the twenty-first General Assembly, *IAU Information Bull.* **67**.
- UAI : 1994, Resolutions of the twenty-second General Assembly, *IAU Information Bull.* **74**.
- UAI : 1997, Resolutions of the twenty-third General Assembly, *IAU Information Bull.* **81**.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**, 28–40 (Errata : *ibid.* **89**, 4, 2001).
- Schwan, H. : 1983, *Veröffentlichungen Astronomisches Rechen-Institut Heidelberg* **30**, 47.
- Williams, J.G. : 1994, Contributions to the Earth's obliquity rate, precession and nutation, *Astron. J.* **108**, 7.





## CHAPITRE 4

### **ROTATION DE LA TERRE**

---

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

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

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

La rotation de la Terre autour de son centre de gravité est un mouvement complexe dont les variations sont induites par les corps du système solaire (Lune, Soleil, planètes), les couches fluides à la surface du globe ou dans la croûte (atmosphère, océans, eaux souterraines et réseaux hydrologiques) et conditionnées par la structure interne de la planète (manteau, noyau liquide, graine solide) et sa rhéologie. Ce mouvement se décompose en deux parties, l'une modélisable et l'autre non modélisable. La partie modélisable provient de l'attraction gravitationnelle de la Lune, du Soleil et, dans une bien moindre mesure, des planètes, exercée sur le bourrelet équatorial de la Terre. Les mouvements réguliers des corps perturbateurs donnent naissance à des mouvements périodiques de l'axe de rotation terrestre dans un repère céleste : c'est la précession-nutation. Les amplitudes de ces oscillations sont soumises aux lois de la mécanique céleste et sont prédictibles. En revanche, les effets de l'atmosphère, des océans, ou des mouvements au sein de la Terre le sont difficilement. Les raisons sont à chercher dans notre méconnaissance des processus de circulation atmosphérique et océanique, et d'interaction (friction, charge) avec la croûte terrestre ainsi que des processus de couplages topographiques ou électromagnétiques entre le manteau et le noyau.

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

terrestre et céleste. La séparation entre variations lentes et rapides des angles d'orientation de la Terre, c'est-à-dire entre les mouvements de l'axe de figure de la Terre et la rotation diurne, nécessite l'introduction d'un pôle céleste intermédiaire restant voisin de l'axe de rotation instantané et de l'axe de figure, le CIP (Celestial Intermediate Pole). L'observation astrométrique donne ainsi accès à la position de cet axe à la fois dans le repère céleste et dans le repère terrestre. Le modèle de précession-nutation décrit la position de cet axe dans le repère céleste. Les observations permettent de déterminer les écarts entre le pôle intermédiaire observé et le pôle intermédiaire modélisé, ainsi que le vecteur joignant le pôle nord géographique à ce pôle céleste intermédiaire, vecteur usuellement rapporté au repère terrestre et que l'on nomme *mouvement du pôle*. Les techniques d'observation actuelles comme la radio-interférométrie à très longue base (VLBI, Very Long Baseline Interferometry), le système de positionnement global (GPS, Global Positioning System), le tir laser sur satellites (SLR, Satellite Laser Ranging) ou sur la Lune (LLR, Lunar Laser Ranging) ou encore les déterminations d'orbites de satellites par décalage Doppler (DORIS) permettent de déterminer la direction de cet axe à quelques dixièmes de millisecondes de degré près. Ce chapitre introduit les notions de base concernant la description astrométrique et dynamique de la rotation de la Terre.

#### 4.1.2. Les composantes de la rotation terrestre

##### 4.1.2.1. Précession-nutation

L'axe de figure de la Terre subit des variations d'orientation dans un repère céleste sous l'effet du couple gravitationnel externe (principalement luni-solaire mais aussi planétaire) sur le bourrelet équatorial, et, dans une moindre mesure, des couches fluides à la surface du globe et de la rotation libre du noyau fluide. L'axe de figure décrit ainsi dans un repère céleste un cône d'ouverture  $23^{\circ}26'$  en 26000 ans ; c'est la précession, due à l'action du couple luni-solaire sur le bourrelet équatorial de la Terre. Dès l'antiquité les observations d'Hipparque mirent en évidence ce phénomène. En 1532, Copernic l'impute à une variation d'orientation de l'axe de rotation de la Terre. Il faudra attendre Newton pour en avoir une explication physique en 1687.

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

##### 4.1.2.2. Mouvement du pôle

En 1765, Euler montre que si l'axe d'inertie (ou axe de figure) et l'axe de rotation d'un corps ne sont pas confondus, alors l'axe de rotation décrit un cône autour de l'axe d'inertie. Ce mouvement est appelé mouvement libre. Euler calcule que la Terre, alors considérée comme indéformable, devrait présenter un tel mouvement avec une période de 305 jours. En cumulant les observations

de latitude apparente des stations d'observation, Küstner annonce, en 1884, l'existence de variations annuelles. Chandler, en 1891, découvre que ces variations se scindent en un terme annuel et un terme de 14 mois. Ce terme de 14 mois est bien le mouvement libre prédit par Euler plus d'un siècle auparavant. Sa période est voisine de 433 jours et son allongement s'explique par l'élasticité du manteau terrestre, la présence d'un noyau fluide et celle des océans (l'effet centrifuge, en élevant le niveau des eaux près de l'équateur, modifie le moment d'inertie de la Terre globale). On a montré récemment que le mécanisme d'excitation de ce mouvement libre est d'origine atmosphérique et océanique.

Outre cette oscillation libre dite *oscillation de Chandler* dont l'amplitude est voisine de 150 millisecondes de degré (mas), le mouvement du pôle comprend d'autres termes. Un terme annuel d'environ 100 mas est dû principalement à l'excitation atmosphérique. Pour concrétiser les idées, 100 mas correspondent à 3 mètres sur l'équateur terrestre. Une dérive du pôle de rotation est aussi observée (4 mas par an) dans la direction du Canada ; elle est imputée au rebond postglaciaire (déformation lente de la croûte terrestre due à la fonte des calottes glaciaires polaires).

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

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

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

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

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

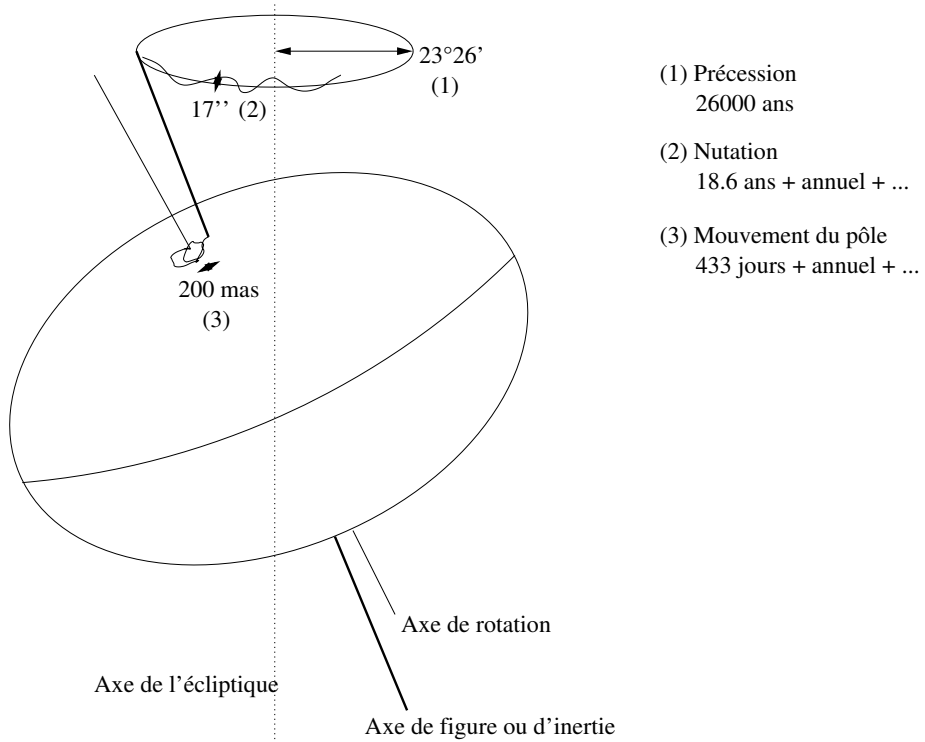
### 4.1.3. Dynamique de la rotation de la Terre

#### 4.1.3.1. Les équations

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

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

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



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

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

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

où  $\Omega = 7.292\,115 \times 10^{-5}$  rad/s est la vitesse de rotation moyenne de la Terre et où les écarts  $m_i$  (sans dimension) sont petits devant l'unité (l'observation montre que  $m_1 \sim m_2 \sim 10^{-6}$  et  $m_3 \sim 10^{-8}$ ). Ici et dans la suite, les indices 1, 2 et 3 correspondent aux composantes  $x$ ,  $y$  et  $z$  respectivement.

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

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

La Terre est au premier ordre un ellipsoïde de révolution. Dans le repère terrestre, dont les axes sont orientés selon les axes principaux d'inertie moyens de la Terre, sa matrice d'inertie  $\bar{\mathbf{I}}$  s'écrit :

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

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

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

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

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

$$m + \frac{i}{\sigma_r} \dot{m} = \frac{i\Gamma}{A\Omega\sigma_r} - \frac{i\dot{c} - \Omega c}{A\sigma_r} - \frac{ih - \Omega h}{A\Omega\sigma_r}, \quad (4.1.6)$$

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

où  $\sigma_r = \frac{C-A}{A} \Omega$  est la fréquence d'Euler correspondant à une période de 305 jours. Ces équations donnent le mouvement de l'axe instantané de rotation de la Terre en fonction d'une excitation qui apparaît sous la forme d'un moment de force extérieur ( $\Gamma_i$ ) ou bien d'un déplacement de masse surfacique ou interne (moment cinétique relatif  $h_i$ ), ou encore sous forme de déformations (les termes  $c_{ij}$  du tenseur d'inertie). Toutefois, ces variations  $c_{ij}$  sont causées en partie par des mouvements de masses produits par une force externe ou interne ou inertielle (gravitation lunisolaire, effet de charge océanique, atmosphérique, effet centrifuge induit par les variations de la vitesse de rotation, etc...). Le membre de droite prend le nom de fonction d'excitation. La partie indépendante du couple, comprenant donc les déformations et le moment cinétique relatif, est souvent notée  $\chi$  pour la partie équatoriale et  $\chi_3$  pour la partie axiale.

#### 4.1.3.2. Le mouvement du pôle

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

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

### 4.1.3.3. La durée du jour

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

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

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

### 4.1.3.4. La précession-nutation

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

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

où  $\psi$  est l'angle entre l'origine des longitudes sur l'écliptique moyen de l'époque de référence (équinoxe moyen) et le nœud ascendant de l'équateur sur l'écliptique,  $\theta$  est l'inclinaison entre l'équateur et l'écliptique (comptée à partir de l'équateur), et  $\phi$  est la longitude écliptique de l'origine du repère terrestre. Pour retrouver les angles de nutation classiques, on a  $\Delta\psi \sin \theta = \Delta\psi \sin \epsilon$  et  $\Delta\theta = -\Delta\epsilon$ . La précession est la partie polynomiale des paramètres  $\psi$  et  $\theta$  alors que la nutation est constituée par leur partie périodique.

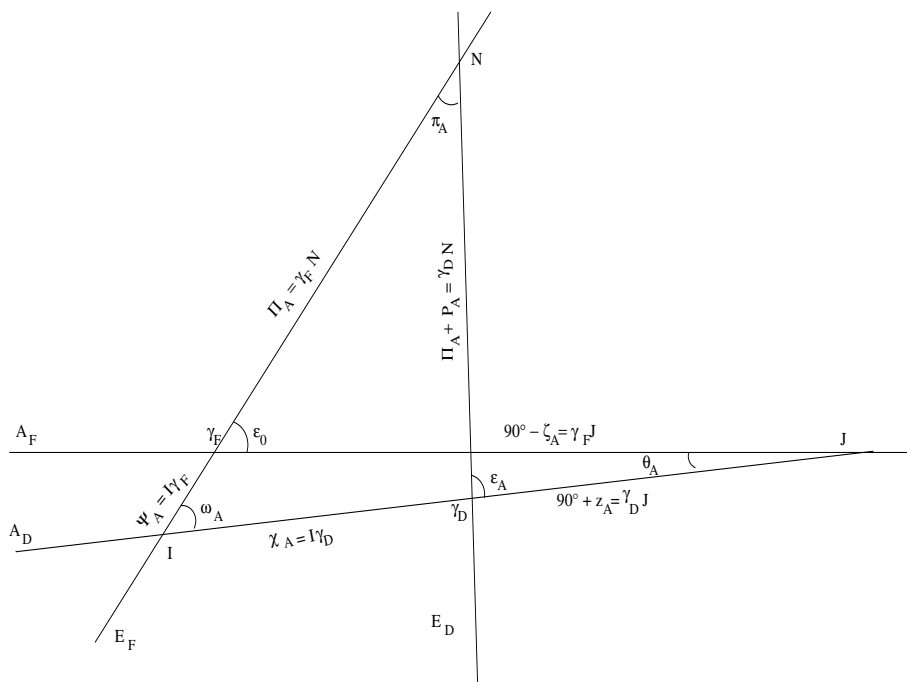
## 4.2. LA PRÉCESSION

### 4.2.1. Quantités liées à la précession

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

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

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



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

On note :

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

#### 4.2.2. Modèles de précession

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

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

En 2003, trois nouveaux formulaires de la précession ont été donnés par Bretagnon et al. (2003), Capitaine et al. (2003) et Fukushima (2003). Ils ont été comparés par Capitaine et al. (2004) et



sont étudiés par le working group de l'UAI sur la précession, chargé de proposer une théorie de la précession compatible avec le modèle UAI 2000A.

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

#### 4.2.2.1. Le modèle UAI 2000

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les quantités liées à la précession de l'écliptique  $\pi_A$ ,  $\Pi_A$ ,  $P_A$ ,  $Q_A$  sont des polynômes du temps issus de Simon et al. (1994), avec les corrections nécessitées par la nouvelle valeur de la constante de la précession.

Les quantités liées à la précession de l'équateur  $\psi$  et  $\omega$  sont les séries de Poisson données par SMART97. À partir de  $\pi_A$ ,  $\Pi_A$ ,  $\psi$  et  $\omega$  on peut calculer toutes les autres quantités de la précession (Bretagnon et al., 1997). Finalement les variables  $\psi$ ,  $\omega$ ,  $\mathcal{P}$ ,  $\varepsilon$  et  $\chi$  ont la forme de séries de Poisson dont la partie en polynôme du temps correspond à la précession (cf. 4.1.3.4). Les autres variables ont la forme de polynômes du temps.

La correction la plus importante due à la non-rigidité de la Terre provient de la variation séculaire de  $J_2$  de la Terre en fonction du temps. Elle a été calculée par Williams (1994). Elle conduit à une correction de  $-0.700'' t^2$  du terme en  $t^2$  de  $\psi_A$ . Dans la suite, la notation B03 se rapporte au modèle de Bretagnon et al. (2003) corrigé de cet effet de la variation séculaire de  $J_2$  de la Terre.

#### 4.2.2.3. Le modèle de Capitaine, Wallace et Chapront (2003)

Pour calculer les quantités liées à la précession de l'écliptique les auteurs de ce modèle qu'ils notent P03, partent de VSOP87. Cette théorie analytique étant ajustée à l'intégration numérique du JPL DE200 (Standish et al., 1981), ils corrigent son écliptique par comparaison avec l'intégration numérique DE406 du JPL, prolongement sur l'intervalle de temps  $[-3000, +3000]$  de DE405 (Standish, 1998), intégration numérique ajustée à des observations récentes.

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

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

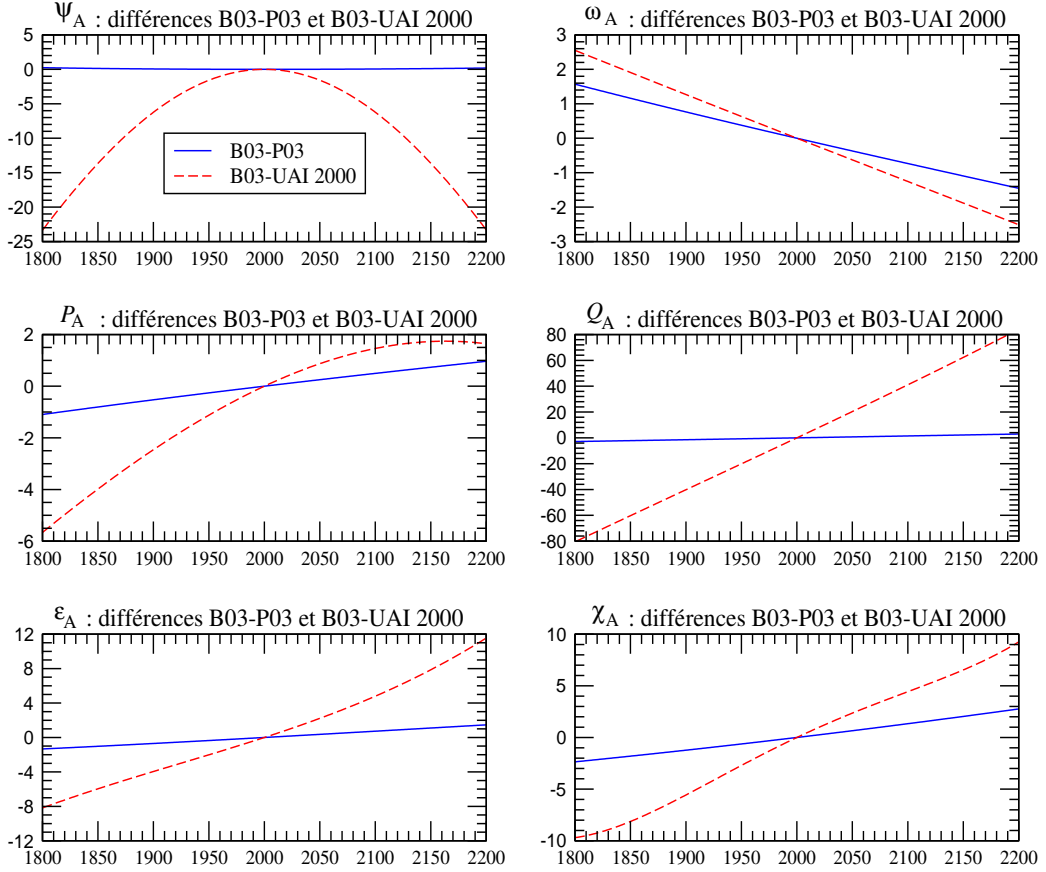
Les auteurs prennent la valeur de  $\varepsilon_0$  recommandée par les IERS Conventions 2000. Ils déterminent  $\frac{d\psi_A}{dt}$  en utilisant la valeur de Mathews et al. (2002) après l'avoir corrigée de certains effets perturbateurs dus aux observations, de façon à la rendre compatible avec la nouvelle valeur de  $\varepsilon_0$ . Ils ont finalement :

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

#### 4.2.2.4. Expressions de la précession et comparaisons entre les modèles

La table 4.2.1. donne les coefficients des polynômes du temps représentant la précession pour les douze variables définies par (4.2.1) et (4.2.2) et pour les trois modèles UAI 2000, B03 et P03. Ces polynômes peuvent aller jusqu'en  $t^3$  pour UAI 2000,  $t^7$  pour B03 et  $t^5$  pour P03. Les coefficients sont exprimés en secondes de degré et le temps est compté en millier d'années juliennes à partir de J2000.

On peut constater que les modèles B03 et P03 sont voisins et assez différents du modèle UAI 2000. Ces différences sont illustrées par la figure 4.3. Les courbes de cette figure représentent les écarts sur l'intervalle de temps  $[1800, 2200]$  entre les modèles B03 et P03 d'une part et B03 et



**Fig. 4.3.** Écarts entre les modèles B03 et P03 et entre les modèles B03 et UAI 2000, sur [1800, 2200], pour les variables  $\psi_A$ ,  $\omega_A$ ,  $P_A$ ,  $Q_A$ ,  $\varepsilon_A$  et  $\chi_A$ . L'unité est le mas (0.001'').

UAI 2000 d'autre part, pour les six variables principales  $\psi_A$ ,  $\omega_A$ ,  $P_A$ ,  $Q_A$ ,  $\varepsilon_A$  et  $\chi_A$ . Elles ont été tracées en supposant que le terme en  $t$  de  $\psi_A$  et le terme constant de  $\varepsilon_A$  étaient les mêmes pour les trois modèles. Les différences sont exprimées en mas (0.001''). On voit que les écarts entre B03 et P03 sont petits. Ils sont inférieurs à 0.25 mas pour  $\psi_A$  sur l'ensemble de l'intervalle; pour les autres variables ils sont inférieurs à 2 mas et sont essentiellement des dérivées linéaires. Les écarts avec UAI 2000 sont beaucoup plus importants et peuvent atteindre, par exemple, 25 mas pour  $\psi_A$  et 80 mas pour  $Q_A$ .

**Table 4.2.1.** Coefficients des polynômes de la précession issus des formulaires UAI 2000, B03 (Bretagnon et al., 2003) et P03 (Capitaine et al., 2003). Les coefficients sont exprimés en secondes de degré ; le temps est compté en milliers d'années juliennes à partir de J2000.

Modèle		$t^0$	$t$	$t^2$	$t^3$	$t^4$	$t^5$	$t^6$	$t^7$
UAI 2000 B03 P03	$P_A$		41.976 41.99604 41.99094	19.447 19.39715 19.39873	- 0.179 - 0.22350 - 0.22466	- 0.01035 - 0.00912	0.00019 0.0012		
UAI 2000 B03 P03	$Q_A$		- 468.150 - 468.09550 - 468.11015	5.059 5.10421 5.10283	0.344 0.52228 0.52413	- 0.00569 - 0.00646	- 0.00014 - 0.00172	0.00001	
UAI 2000 B03 P03	$\pi_A$		470.029 469.97560 469.98973	- 3.302 - 3.35050 - 3.34926	0.060 - 0.12370 - 0.12559	0.00030 0.00113	- 0.00022		
UAI 2000 B03 P03	$\Pi_A$	629 554.982 629 543.988 629 546.7936	- 8698.089 - 8679.218 - 8679.5758	3.536 15.342 15.7992	0.005 - 0.5371	- 0.037 - 0.4797	- 0.001 0.0072		
UAI 2000 B03 P03	$\mathcal{P}_A$		50287.92262 50287.92262 50287.96195	111.113 111.24406 110.54348	- 0.006 0.07699 0.07964	- 0.23479 - 0.23857	- 0.00178 - 0.00383	0.00018	0.00001
UAI 2000 B03 P03	$\varepsilon_A$	84381.448 84381.40880 84381.406	- 468.150 - 468.36051 - 468.36769	- 0.059 - 0.01667 - 0.01831	1.813 1.99911 2.00340	- 0.00523 - 0.00576	- 0.00248 - 0.00434	- 0.00003	
UAI 2000 B03 P03	$\omega_A$	84381.448 84381.40880 84381.406	- 0.25240 - 0.26501 - 0.25754	5.127 5.12769 5.12623	- 7.726 - 7.72723 - 7.72503	- 0.00492 - 0.00467	0.03329 0.0337	- 0.00031	- 0.00006
UAI 2000 B03 <sup>(1)</sup> P03	$\psi_A$		50384.78750 50384.78750 50384.81507	- 107.259 - 107.89530 - 107.90069	- 1.147 - 1.14366 - 1.14045	1.32832 1.32851	- 0.00940 - 0.00951	- 0.00350	0.00017
UAI 2000 B03 P03	$\chi_A$		105.526 105.57686 105.56403	- 238.064 - 238.13769 - 238.14292	- 1.125 - 1.21258 - 1.21197	1.70238 1.70663	- 0.00770 - 0.00560	- 0.00399	0.00016

<sup>(1)</sup> avec la correction provenant de la variation du  $J_2$  de la Terre calculée par Williams (1994), dans le terme en  $t^2$ .

**Table 4.2.1.** (fin).

Modèle		$t^0$	$t$	$t^2$	$t^3$	$t^4$	$t^5$	$t^6$	$t^7$
UAI 2000	$\theta_A$		20043.109	- 42.665	- 41.883				
B03			20041.90936	- 42.66980	- 41.82364	- 0.07291	- 0.01127	0.00036	0.00009
P03			20041.91903	- 42.94934	- 41.82264	- 0.07089	- 0.01274		
UAI 2000	$\zeta_A$		23062.181	30.188	17.998				
B03		2.72767	23060.80472	30.23262	18.01752	- 0.05708	- 0.03040	- 0.00013	
P03		2.650545	23060.83227	29.88499	18.01828	- 0.05971	- 0.03173		
UAI 2000	$z_A$		23062.181	109.468	18.203				
B03		- 2.72767	23060.76070	109.56768	18.26676	- 0.28276	- 0.02486	- 0.00005	
P03		- 2.650545	23060.77181	109.27348	18.26837	- 0.28596	- 0.02904		

#### 4.2.3. Dérivées des quantités de précession par rapport aux constantes $\mathcal{P}_1$ et $\varepsilon_0$

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

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

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

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

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

### 4.3. MODÈLES DE NUTATION

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

#### 4.3.1. Introduction

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

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

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

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

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

– une graine solide, composée également principalement de fer.

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

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

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

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

– Le modèle intègre la présence d'une graine penchée à l'intérieur du noyau liquide (on considère que l'axe principal d'inertie de la graine et celui du noyau peuvent être non alignés) dans un champ magnétique et considère l'ensemble des couplages gravitationnels entre les différentes couches ellipsoïdales à l'intérieur de la Terre, ainsi que les couplages électromagnétiques aux deux interfaces du noyau.

– Les déformations sont traitées par l'intermédiaire des changements dans la matrice d'inertie

(représentant la répartition des masses à l'intérieur de la Terre ou des différentes couches) et des changements de forme des interfaces et de la surface de la Terre.

– Les effets des marées des océans à la surface de la Terre engendrées par les forces gravitationnelles de la Lune et du Soleil sont également pris en considération.

– Les effets diurnes de l'atmosphère ne sont pris en compte que pour une fréquence (la fréquence correspondant à exactement un jour solaire est la fréquence principale de ce phénomène), et l'amplitude est évaluée à partir des observations.

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

### 4.3.2. Précession, nutation et mouvement du pôle

Les théories géophysiques de nutation pour une Terre non rigide supposent, en première approximation, que la Terre est un ellipsoïde de symétrie axiale.  $A$  désigne les moments d'inertie par rapport aux axes équatoriaux et  $C$  le moment d'inertie par rapport à l'axe polaire. On a  $C = (1 + e)A$  où  $e$  est l'*ellipticité dynamique* qui vaut environ  $1/300$ . (En astronomie, on note  $H_d \equiv e/(1 + e)$ , l'ellipticité dynamique). Le mouvement de nutation est engendré par le moment des forces agissant sur la Terre autour d'un axe équatorial. Ce moment de force est produit par l'attraction gravitationnelle des objets du système solaire (principalement la Lune et le Soleil) sur la structure ellipsoïdale de la Terre caractérisée par le paramètre  $e$  ; le moment de force est donc proportionnel à  $e$ . La majeure partie du travail mis en place pour obtenir une modélisation précise de la nutation porte sur cette partie dynamique dominante, présentant un spectre de basses fréquences avec des fréquences de moins de  $1/2$  cycle par jour sidéral (cpsd, cycle per sidereal day) en amplitude, 1 cpsd étant équivalent à la fréquence angulaire moyenne  $\Omega_0$  de la rotation de la Terre. On présentera ici les principaux aspects de ces modèles. D'autres composantes à basses fréquences de la nutation sont produites par de petites déviations *axisymétriques* par rapport à une structure strictement ellipsoïdale. Des composantes de la nutation de fréquences supérieures à  $1/2$  cpsd sont générées par de petites déviations de la distribution de densité de la Terre par rapport à la symétrie axiale. Elles doivent être considérées, d'après les résolutions adoptées par l'UAI en 2000 (UAI, 2001), comme mouvement du pôle. Des expressions relativement simples suffisent à décrire l'ensemble de ces composantes. La précession et la nutation sont, respectivement, la partie séculaire et la partie oscillatoire (avec un spectre en fréquences complet) des variations par rapport à des "étoiles fixes" de l'*axe de figure*, ou de façon équivalente, du mouvement du pôle céleste de cet axe. Dans la suite, le terme "axe de figure" se réfère à l'axe de symétrie de la Terre *sans aucune déformation*. Les nutations de l'axe de rotation ou de l'axe du moment d'inertie sont étroitement liées à celles de l'axe de figure et ne seront pas traitées ici. Ensemble, précession et nutation sont nécessairement liées au mouvement du pôle, c'est-à-dire au mouvement de l'axe instantané de rotation de la Terre par rapport à un repère de référence terrestre. Une rotation autour d'un axe autre qu'un axe de symétrie fait apparaître un mouvement de "chancellement".



### 4.3.3. Équations cinématiques et présentation des équations dynamiques

La précession-nutation est liée au mouvement de l'axe instantané de rotation du manteau par des *relations cinématiques* qui rendent possible la détermination de l'un par l'autre. Ces relations nécessitent que la fréquence du mouvement de l'axe instantané de rotation du manteau associé à une nutation circulaire de fréquence  $\nu$  cpsd soit  $\sigma = \nu - 1$  cpsd, et que son amplitude  $\tilde{m}(\sigma)$  et l'amplitude  $\tilde{\eta}(\nu)$  de la nutation soient liées par

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

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

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

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

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

où  $\Xi_\nu = \pm(\arg)$  pour la composante prograde ( $\nu = \nu_p$ ), ( $\arg$ ) étant l'argument du terme des séries de la nutation considéré ;  $\pm$  est le signe de  $d(\arg)/dt$  ou de la période de ce terme de nutation (par exemple,  $-$  pour le terme de 18.6 ans et  $+$  pour le terme annuel) ; et  $d\Xi_\nu/dt = \nu_p\Omega_0$ . Pour le terme rétrograde,  $\pm$  doit être remplacé par  $\mp$ . L'équation (4.3.3) conduit aux relations reliant  $\tilde{\eta}(\nu_p)$  et  $\tilde{\eta}(\nu_r)$  aux coefficients de  $\cos(\arg)$  et  $\sin(\arg)$  dans  $\Delta\psi$  et  $\Delta\epsilon$  (voir, par exemple, Defraigne et al., 1995).

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

Ces équations décrivent les variations des vecteurs vitesse angulaire  $\Omega$ ,  $\Omega_f$ ,  $\Omega_s$  du manteau, du noyau externe fluide et du noyau interne solide, sous la forme

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

où  $\Omega_0\mathbf{i}_3 \equiv \Omega_0$  est le vecteur vitesse angulaire moyenne du manteau,  $\mathbf{i}_3$  étant son axe de moment d'inertie maximum, que l'on choisit confondu avec l'axe polaire du repère terrestre de référence (TRF, Terrestrial Reference Frame). Les deux premières composantes (équatoriales) de  $\mathbf{m}$  sont les variables du mouvement de l'axe instantané de rotation du manteau. Celles de  $\mathbf{m}_f$  et  $\mathbf{m}_s$  représentent des mouvements des axes instantanés de rotation différentielle du noyau externe fluide et de la graine solide par rapport au manteau. Les troisièmes composantes de ces vecteurs décrivent les variations des vitesses de rotation de chacune des régions. Un autre paramètre à

introduire dans la dynamique du problème est la déviation  $\mathbf{n}_s$  de la direction de l'axe de symétrie de la graine par rapport à  $\mathbf{i}_3$ . Les trois équations de bilan du moment cinétique ainsi que l'équation cinématique reliant  $\mathbf{n}_s$  à  $\mathbf{m}_s$ , constituent un système de quatre équations vectorielles couplées pour les variables dynamiques  $\mathbf{m}$ ,  $\mathbf{m}_f$ ,  $\mathbf{m}_s$ , et  $\mathbf{n}_s$  (toutes très faibles en amplitude, typiquement d'environ  $10^{-8}$  radian). Les propriétés de la Terre importantes pour la nutation sont prises en considération dans ces équations par l'intermédiaire de paramètres que nous appellerons dans la suite les BEP (Basic Earth Parameters). Par exemple, les ellipticités dynamiques de la Terre globale  $e$ , du noyau fluide  $e_f$  et de la graine solide  $e_s$  font partie des BEP, de même que les paramètres représentant les déformations des différentes régions. Dans les équations de bilan du moment cinétique, les termes non linéaires par rapport aux variables dynamiques ne contribuent que marginalement aux solutions. Il faut donc, en premier lieu, linéariser les équations, ce qui transforme le système des quatre équations en deux systèmes d'équations indépendants, l'un pour les mouvements de l'axe instantané de rotation, impliquant seulement les deux premières composantes de chacun des quatre vecteurs, et l'autre pour les variations des vitesses de rotation. Les solutions du système homogène des équations des mouvements de l'axe instantané de rotation donnent les fréquences des modes normaux de rotation de la Terre (on considère les moments de force extérieurs nuls). La solution du système non-homogène donne les mouvements forcés pour les trois régions en réponse à un potentiel extérieur connu. Une fois les amplitudes des mouvements de l'axe instantané de rotation du manteau calculées pour une Terre non rigide, la fonction de transfert est obtenue directement, puisque l'amplitude de ces mouvements pour une Terre rigide est une fonction très simple de la fréquence. Les amplitudes des nutations pour une Terre non rigide peuvent alors être déterminées en multipliant les amplitudes correspondantes pour une Terre rigide par la fonction de transfert. Des tables regroupant les amplitudes des nutations pour une Terre rigide sont disponibles avec des précisions inférieures à 1 microseconde de degré ( $\mu\text{as}$ ). Sur la base d'études théoriques poussées, des groupes de scientifiques tels que Bretagnon et al. (1998), Roosbeek et Dehant (1998), Souchay et al. (1999), ont calculé ces tables.

Après avoir effectué les calculs basés sur l'approximation linéaire, on peut prendre en considération, par des méthodes de perturbation, les corrections dues aux termes non linéaires négligés.

#### 4.3.4. Modèle géophysique

Les résultats obtenus dépendent du modèle géophysique utilisé. La théorie de Wahr (1981), base de la série de nutation IAU 1980 (Seidelmann, 1982), suppose que la Terre est un ellipsoïde à symétrie axiale en rotation, élastique et sans océan ni atmosphère, avec un noyau fluide et un noyau interne solide. La distribution de densité et les propriétés d'élasticité sont celles d'une Terre en équilibre hydrostatique basée sur le modèle de Terre 1066A. Pour obtenir le modèle IAU 1980, la seule modification apportée au modèle de Wahr a été la valeur de l'ellipticité  $e$  permettant de retrouver la valeur observée de la constante de la précession. Par la suite, des corrections aux valeurs de la série IAU 1980 ont été calculées par Sasao et Wahr (1981) pour des effets induits par les marées océaniques et par Wahr et Bergen (1986) pour des effets induits par l'inélasticité du manteau. Ces effets entraînent un déphasage entre la réponse de la Terre et le potentiel d'excitation.

Un nombre important d'avancées dans la modélisation géophysique a été introduit dans la théorie MHB2000.

– On a tenu compte de la présence du champ magnétique qui traverse la frontière noyau-manteau et la frontière noyau-graine. Il en résulte un couplage électromagnétique qui modifie les mouvements de l'axe instantané de rotation du noyau fluide par rapport au manteau et à la graine.

– Une autre amélioration a été d'introduire l'interaction entre les différents types de réponses de la Terre à l'action des marées (mouvement de l'axe instantané de rotation, déformation de la Terre solide, marées océaniques) par une intégration globale des trois phénomènes. La contribution totale de l'inélasticité du manteau (par sa contribution sur les déformations), des marées océaniques et des couplages électromagnétiques, sur les nutations, calculée à partir d'une théorie intégrée globalement donne des différences allant jusqu'à  $30 \mu\text{s}$  par rapport à la somme de chacune des contributions prises individuellement. Ce qui montre l'utilité d'un tel traitement pour l'obtention de solutions de grande précision.

– Un nouveau pas significatif a été l'amélioration des paramètres du modèle de Terre qui influence les nutations par ajustement par moindres carrés, des amplitudes de nutation calculées théoriquement et de la constante de la précession, sur les valeurs très précises obtenues à partir des observations. Ceci était une continuation logique de l'ajustement de  $\epsilon$  par Wahr et de l'estimation de  $e_f$  par Gwinn et al. (1986) sur la base des observations disponibles à l'époque.

#### 4.3.5. Réduction des équations de bilan du moment cinétique et mise en œuvre du modèle géophysique

Une version simplifiée des équations de bilan du moment cinétique suffit à donner une idée concrète de ce qui a été discuté précédemment. Nous ignorons la graine dans un premier temps. Dans ce cas, l'équation de bilan du moment cinétique par rapport à un repère terrestre s'écrit

$$\frac{d\mathbf{H}}{dt} + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{H} = \boldsymbol{\Gamma}, \quad (4.3.5)$$

où  $\boldsymbol{\Gamma}$  est le moment des forces agissant sur le corps, ici la Terre dans son ensemble, et  $\mathbf{H}$  est son moment angulaire tel que  $\mathbf{H} = [C] \cdot \boldsymbol{\Omega} + [C_f] \cdot \boldsymbol{\omega}_f$ , où  $[C]$  et  $[C_f]$  sont respectivement les tenseurs d'inertie de la Terre dans son ensemble et du noyau fluide seul. Le second terme est dû au mouvement de l'axe instantané de rotation du noyau par rapport à celui du manteau. Si les deux premières composantes de l'équation vectorielle sont décrites à l'aide des composantes de  $\boldsymbol{\omega} = \Omega_o \mathbf{m}$  et  $\boldsymbol{\omega}_f = \Omega_o \mathbf{m}_f$ , en négligeant les termes de second ordre, on retrouve dans les équations obtenues (*équations de Liouville*) les termes hors diagonale  $c_{13}$  et  $c_{23}$  du tenseur d'inertie, en plus des deux premiers éléments diagonaux de  $[C]$ . Ces derniers sont égaux puisque l'on suppose une symétrie axiale, les termes hors diagonale étant nuls en l'absence de perturbations extérieures. En multipliant la seconde équation par  $i$  et en l'ajoutant à la première, on obtient une équation simple pour les quantités complexes  $\tilde{m} \equiv m_1 + im_2$  et  $\tilde{m}_f \equiv m_{f1} + im_{f2}$ ,  $\tilde{c}_3 \equiv c_{13} + ic_{23}$  et  $\tilde{c}_3^f \equiv c_{13}^f + ic_{23}^f$ . Pour toutes ces quantités, l'indice ou l'exposant  $f$  se rapporte au noyau fluide. Pour les mouvements

de l'axe instantané de rotation de fréquence  $\sigma$  cpsd,  $\tilde{m} = \tilde{m}(\sigma)e^{i\sigma\Omega_0 t}$ ,  $\tilde{m}_f = \tilde{m}_f(\sigma)e^{i\sigma\Omega_0 t}$ ,  $\tilde{c}_3 = c_3(\sigma)e^{i\sigma\Omega_0 t}$ ,  $\tilde{c}_3^f = c_3^f(\sigma)e^{i\sigma\Omega_0 t}$  et l'équation s'écrit finalement

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les deux premiers points conduisent à l'expression

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

où  $\kappa$ ,  $\gamma$ ,  $\xi$ , et  $\beta$  sont les paramètres de réponse de la Terre (appelé "compliance" dans les articles de Mathews et al.). Les deux premiers caractérisent les déformations de la Terre globale et du noyau fluide en réponse à l'action d'un potentiel extérieur ou du mouvement du pôle de rotation d'amplitude  $\tilde{m}$ ;  $\xi$  et  $\beta$  caractérisent les déformations en réponse au mouvement différentiel du pôle de rotation du noyau. Si on substitue (4.3.9) dans (4.3.6) et (4.3.8), ces équations dynamiques forment une équation matricielle dont l'inconnue est le vecteur colonne formé des composantes équatoriales  $\tilde{m}$ ,  $\tilde{m}_f$ . Les valeurs propres de la matrice dynamique sont les fréquences des deux modes d'oscillations libres.

En absence d'inélasticité et de marées océaniques, les valeurs des paramètres de réponse de la Terre peuvent être calculées par intégration des équations de déformation pour un modèle de Terre donné, tel PREM de Dziewonski et Anderson (1981) utilisé dans MHB2000.

L'inélasticité du manteau produit des incréments complexes de ces valeurs; l'effet des marées océaniques peut aussi être pris en considération par l'introduction de termes supplémentaires, non seulement complexes mais aussi dépendant fortement de la fréquence  $\sigma$  du potentiel de marées.

Les incréments sont évalués en utilisant un modèle approprié d'inélasticité du manteau et un modèle pour les marées océaniques diurnes prises en compte pour les nutations, comme décrit dans Mathews et al. (2002). L'introduction de la solution des deux équations précédentes dans les représentations des déformations et des marées océaniques permet de prendre en considération les interactions entre les trois phénomènes.

L'introduction de la graine donne des termes additionnels dans les deux équations précédentes, (qui impliquent, maintenant, les variables  $\tilde{m}_s$  et  $\tilde{n}_s$  liées à la graine définies en 4.3.2) et deux équations supplémentaires, l'équation de bilan du moment cinétique pour la graine et l'équation cinématique reliant  $\tilde{n}_s$  à  $\tilde{m}_s$ . Les principes généraux décrits précédemment peuvent s'appliquer, en gardant à l'esprit que la matrice dynamique utilisée est maintenant une matrice  $4 \times 4$ . Un point important est l'apparition du terme  $K^{ICB}$  représentant le couplage (électromagnétique) entre la graine et le noyau fluide dans les équations de moments de force pour les deux régions du noyau. L'impact de ce couplage sur les amplitudes d'un terme de nutation donné est complexe.

Comme il a été vu plus haut, les valeurs de  $e$  et  $e_f$  calculées à partir des modèles de Terre en équilibre hydrostatique ont dû être ajustées (d'environ 5% dans les travaux les plus récents) pour que les résultats des théories de nutation soient compatibles avec les observations. Or, grâce à l'amélioration de la qualité des observations de la nutation, les paramètres de la Terre, connus avec une précision limitée à partir des anciennes données observationnelles, peuvent être ajustés à des valeurs différentes de celles utilisées dans ces modèles de Terre, comme PREM. D'autre part, aucune estimation des paramètres  $K^{CMB}$  et  $K^{ICB}$  n'était disponible. Ayant ces remarques à l'esprit, Mathews et al. (2002) ont utilisé un ajustement par moindres carrés des quantités prédites par la théorie de nutation (dans son approximation linéaire) à des données observationnelles de nutation de très haute précision auxquelles ont été retirées les contributions non linéaires par optimisation des valeurs des BEP sélectionnés.

#### 4.3.6. Estimation de la constante de la précession et formules pour les séries de la nutation

La valeur estimée de la constante de précession du modèle MHB2000 est obtenue directement à partir de la valeur de l'ellipticité  $e$  estimée précédemment. Comme pour les amplitudes de la nutation, on utilise au départ la solution d'un système d'équations mis en place avec des valeurs optimisées pour les paramètres de la Terre, puis on obtient une fonction de transfert en divisant  $\tilde{m}(\sigma)$  par la solution pour la Terre rigide  $\tilde{m}_R(\sigma)$  donnée par (4.3.7). Il faut cependant être prudent : la valeur de  $e$  obtenue pour une Terre non rigide n'est pas égale à la valeur  $e_R$  utilisée pour une Terre rigide. La différence entre ces valeurs nécessite la multiplication de la fonction de transfert déterminée précédemment par  $[(e_r - \sigma)/(e + 1)] (e/e_R)$ . On obtient ainsi l'amplitude du terme  $\tilde{\eta}(\nu)$  pour une Terre non rigide en multipliant l'amplitude du terme  $\tilde{\eta}_R(\nu)$  de nutation de la Terre rigide pour l'ellipticité  $e_R$  par la fonction de transfert modifiée et calculée pour la fréquence  $\sigma$  (dans l'approximation linéarisée des équations de moments de force). L'estimation de cette amplitude est faite pour chaque fréquence  $\nu$  des séries de nutation de la Terre rigide. Les amplitudes de la nutation circulaire déterminées à partir du modèle de Terre rigide REN2000 de Souchay et al. (1999)

ont été utilisées par Mathews et al. (2002) dans le calcul des amplitudes de la Terre non rigide correspondantes. Le résultat final inclut plusieurs petites corrections. Les premières sont celles, mentionnées précédemment, dues aux contributions des termes non linéaires dans les équations. D'autres modélisent un effet relativiste nommé *nutaton géodésique* (voir par exemple Brumberg et al., 1992) ; d'autres, enfin, estimées empiriquement, se rapportent à l'effet des marées thermiques atmosphériques. Les amplitudes progrades et rétrogrades de la nutation sont enfin converties en coefficients de nutation en longitude et obliquité. Une correction due aux termes non linéaires est aussi appliquée à la constante de la précession.

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

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

où les  $s_\alpha$  sont des compromis entre les fréquences propres des quatre oscillations libres. On trouvera des valeurs numériques et des résultats détaillés dans Mathews et al. (2002), ainsi que des discussions approfondies concernant les implications géophysiques des valeurs obtenues par ajustement aux observations de nombreux paramètres de la Terre. Les résonances associées à la nutation libre du noyau (FCN, Free Core Nutation et PFCN, Prograde Free Core Nutation) influencent fortement un grand nombre de termes de nutation forcés pour les fréquences proches de leurs fréquences propres (en particulier la nutation annuelle rétrograde et la nutation en 18.6 ans). Grâce à l'impact de ces résonances, il a été possible de déduire de nombreuses propriétés physiques de la Terre jouant un rôle significatif dans la détermination et la caractérisation de ces modes.

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

#### 4.3.7. Fréquences des nutations et mouvement du pôle

Afin de compléter cette description des variations de la rotation de la Terre (autres que celles de la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même), nous allons considérer brièvement les variations induites par les déviations de la structure terrestre par rapport à un ellipsoïde axisymétrique. De

telles structures sont décrites par l'intermédiaire des coefficients du géopotential ( $C_{nm}, S_{nm}$ ) où  $n = 3, 4, \dots$ . Pour tout  $m$  différent de zéro, les nutations générées sont en dehors de la bande des basses fréquences. Ces mouvements peuvent aussi être considérés comme des mouvements du pôle de fréquences se trouvant en dehors de la bande de fréquences rétrogrades diurnes qui s'étend de  $-(3/2)$  cpsd à  $(-1/2)$  cpsd. C'est ce dernier point de vue qui est recommandé par l'UAI (2001). Ce mouvement est celui du pôle défini par ces résolutions, ses coordonnées dans le repère de référence terrestre étant notées  $(x_p(t), -y_p(t))$ . Les seules composantes spectrales du mouvement ayant des amplitudes supérieures à  $1 \mu\text{as}$  correspondent soit à des mouvements de basses fréquences induits par un potentiel de marées d'ordre 3 et de degré 0 agissant sur les coefficients du géopotential ( $C_{3,1}$  et  $S_{3,1}$ ), soit à des mouvements du pôle diurnes progrades induits par un potentiel tesseral de degré 2 agissant sur les coefficients de triaxialité  $C_{2,2}$  et  $S_{2,2}$  (c'est-à-dire représentant les différences entre les deux principaux moments d'inertie équatoriaux). L'amplitude  $\tilde{p}(\sigma)$  de la composante circulaire du mouvement du pôle est définie dans le premier cas par  $\tilde{p} \equiv x_p - iy_p = \mp i \tilde{p}(\sigma) e^{\pm i\Theta_\omega(t)}$ , avec  $\sigma = \pm(\omega/\Omega_0)$ ,  $\pm$  désignant les mouvements progrades (+) et rétrogrades (-).  $\Theta_\omega(t)$  est l'argument de la composante spectrale du potentiel,  $\omega = d\Theta_\omega(t)/dt > 0$ . Pour les mouvements dus à la triaxialité, tous progrades, l'expression précédente avec un signe + est valable. Dans les deux cas,  $\tilde{p}(\sigma) = \tilde{m}(\sigma)/(1 + \sigma)$ . Les amplitudes  $\tilde{m}(\sigma)$  sont obtenues à partir d'équations de moments de force très simplifiées. Pour de plus amples détails, voir Mathews et Bretagnon (2003).

#### 4.4. DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES D'ORIENTATION DE LA TERRE

##### 4.4.1. Introduction

La connaissance de la non-uniformité de la rotation de la Terre permet d'appréhender les phénomènes qui en sont la cause, essentiellement les phénomènes géophysiques externes (mouvements atmosphériques, océaniques, glaciaires ...) et internes (interaction entre les noyaux solide et fluide de la Terre et le manteau). De plus les activités dans les domaines de la navigation, l'astronomie et la géodésie spatiale exigent la connaissance précise des mouvements d'un système de référence terrestre lié à la Terre, et réalisé par le repère de référence terrestre international (ITRF, International Terrestrial Reference Frame; Altamimi et al., 2002) par rapport à un système de référence non-tournant réalisé par le repère de référence céleste international (International Celestial Reference Frame, ICRF; Ma et al., 1998). Ainsi, pour la navigation spatiale, on a besoin de connaître l'orientation de la Terre par rapport à un repère céleste et une erreur dans l'orientation terrestre se propage sur la position calculée du satellite.

La rotation de la Terre comprend différentes composantes appelées *paramètres d'orientation de la Terre* (EOP, Earth Orientation Parameters) qui permettent de décrire la rotation de l'ITRF par rapport à l'ICRF.

#### 4.4.2. Description des paramètres d'orientation de la Terre

Les EOP comprennent le mouvement de rotation de la Terre autour de son axe (représenté par le Temps universel UT1 ou la vitesse de rotation), le mouvement de l'axe par rapport à l'axe de figure (le mouvement du pôle ou polhodie) et la précession-nutation donnée par un modèle conventionnel. On se reportera au chapitre 3.6 pour les nouvelles définitions et procédures issues des résolutions adoptées à la vingt-quatrième assemblée générale de l'UAI en 2000 et qui concernent en particulier l'adoption d'un nouveau modèle de nutation (IAU2000), une nouvelle définition du pôle céleste, la définition du CIP ainsi que l'adoption d'une nouvelle transformation entre les systèmes céleste et terrestre définissant UT1 comme étant directement proportionnel à l'angle de rotation de la Terre.

Les variations atmosphériques jouent un rôle important dans les variations du mouvement du pôle et de la rotation de la Terre proprement dite. Le moment angulaire atmosphérique calculé à partir d'un modèle de circulation comprenant notamment des données globales de température et pression sur plusieurs niveaux d'altitude est composé d'un terme dit *de pression*, relatif à des variations de masse et exprimé sous forme de variations du tenseur d'inertie ainsi que d'un terme dit *de vent*, lié aux mouvements des masses atmosphériques et s'exprimant sous la forme de moment cinétique relatif (Barnes et al, 1983). Les termes de pression affectent plus particulièrement le mouvement du pôle alors que les termes de vent ont un effet sur la rotation de la Terre proprement dite comme l'excès de la durée du jour sur la durée du jour moyen (86400 secondes).

##### 4.4.2.1. Mouvement du pôle ou polhodie

Les coordonnées du CIP par rapport au pôle international de référence (International Reference Pole, IRP) sont définies dans un système d'axes contenu dans le plan tangent au pôle dont l'origine est l'IRP (figure 4.4). Ces axes  $O_x$  et  $O_y$  sont dirigés respectivement vers le méridien de référence, l'International Reference Meridian (IRM), proche du méridien de Greenwich et perpendiculairement vers l'ouest. Le CIP diffère du pôle instantané de rotation par des termes quasi-diurnes dont l'amplitude est inférieure à  $0.01''$  notamment dus aux marées océaniques. Le mouvement de l'axe de rotation de la Terre par rapport à la croûte comporte trois composantes majeures : une oscillation libre de période d'environ 435 jours (oscillation de Chandler, ou Chandler wobble), une oscillation annuelle forcée par le déplacement saisonnier des masses atmosphériques et océaniques ainsi qu'une dérive séculaire décrite par le pôle moyen.

##### *Le terme de Chandler*

C'est un terme libre de période environ 14 mois, réponse résonnante de la Terre au couplage équatorial. L'amplitude atteint  $0.15''$  (4.5 m sur la Terre). L'amortissement de cette résonance peut être calculé empiriquement par l'introduction du facteur de qualité  $Q$  qui dépend des paramètres rhéologiques de la Terre. L'amortissement du terme de Chandler fournit des informations sur la dissipation à long terme dans la Terre. L'origine de l'excitation du terme de Chandler est restée mal connue pendant très longtemps. On l'a attribuée à divers phénomènes géophysiques comme les excitations atmosphériques, les variations des masses des réserves hydrologiques, les tremblements de terre ou les couplages électromagnétique, topographique ou gravitationnel entre le noyau



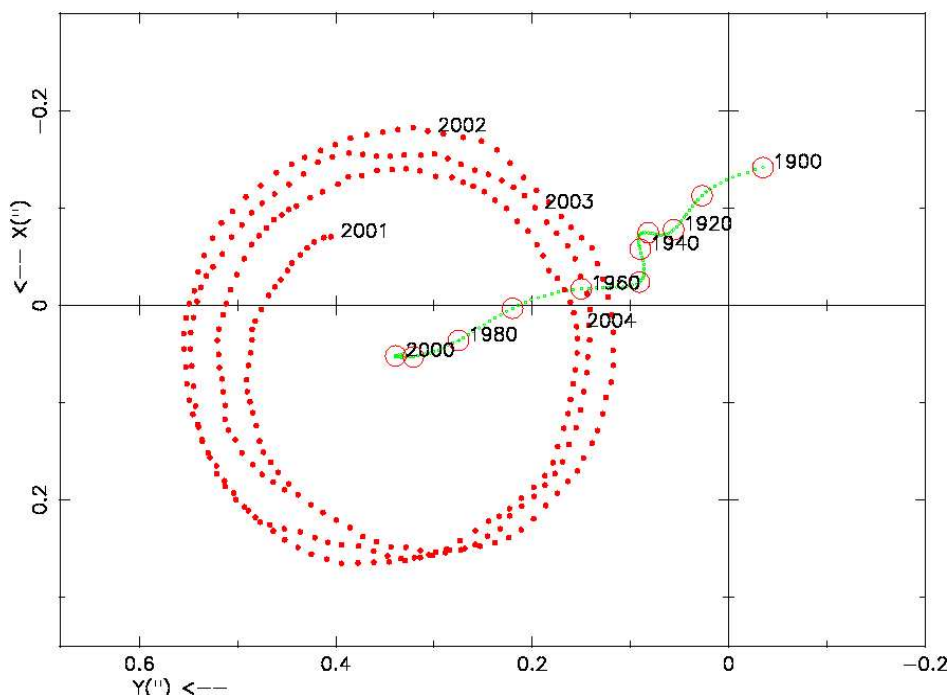
liquide et le manteau (Eubanks, 1985). On sait maintenant qu'elle est due à une combinaison de phénomènes atmosphériques et océaniques. Gross (2000) a montré en particulier que les variations de pression atmosphérique dans les fonds des océans et la pression atmosphérique sur les continents expliquaient,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

#### *Les variations saisonnières*

Les variations du moment d'inertie liées aux mouvements des masses atmosphériques sont principalement responsables des variations saisonnières, essentiellement annuelles et semi-annuelles. Ces variations saisonnières sont stables avec une amplitude de l'ordre de  $0.1''$  (3m sur la Terre). Cependant les excitations atmosphérique et océanique n'expliquent pas complètement les variations du mouvement du pôle. L'introduction de données relatives à l'excitation océanique nouvellement disponibles, à partir notamment des analyses des données du satellite altimétrique Topex-Poseidon, permet d'améliorer la compréhension des causes de ces variations. Il existe également dans le mouvement du pôle des termes à plus courtes périodes, notamment les termes diurnes et subdiurnes que l'on attribue aux variations océaniques.

#### *Mouvement séculaire*

L'étude des variations à long terme du mouvement du pôle montre l'existence d'un terme séculaire d'environ 4 mas par an (12 cm par an sur la Terre) dans la direction  $70.7^\circ$  ouest. Ce terme n'a pu être déterminé avec précision que grâce à l'accumulation de données sur le mouvement du pôle, notamment depuis la contribution des données spatiales depuis plusieurs décades ainsi que par l'utilisation de modèles précis de mouvements locaux des stations d'observation dus aux plaques tectoniques. Ces variations séculaires qui apparaissent dans le mouvement du pôle sont généralement attribuées aux effets du rebond postglaciaire, réponse lente et anélastique de la Terre à la fonte des glaces des calottes polaires depuis le dernier âge glaciaire il y a environ 10 000 ans. Ce phénomène est responsable des variations du terme zonal d'ordre deux, noté J2, ainsi que celles d'autres termes du modèle de champ de gravité de la Terre observées notamment par télémétrie laser du satellite Lageos. Les échelles de temps concernées par le rebond postglaciaire sont si grandes, plusieurs milliers d'années, que le mouvement séculaire du pôle apparaît comme un terme linéaire. L'étude du rebond postglaciaire est de grande importance pour l'analyse de la variation du niveau de la mer provenant du réchauffement global. Les mouvements verticaux de l'ordre de quelques millimètres par an sont comparables aux effets provenant de l'expansion thermique et de ceux résultant de la fonte des glaces. Les données récentes du mouvement du pôle sont sensibles aux redistributions de masse et donnent de fortes contraintes sur les modèles de variation du niveau de la mer. Des études récentes montrent que les fontes de glaciers et les bassins hydrologiques pourraient être également responsables de 20% de l'excitation du mouvement observé du pôle séculaire. Plusieurs auteurs dans le passé ont mis en évidence l'existence d'un terme décennal de période d'environ 20 à 30 ans dite oscillation de Markowitz. L'existence de ce terme que certains ont attribué à des erreurs systématiques dans la position de stations d'observation est cependant controversée.



**Fig. 4.4.** Polhodie 2001-2004 et pôle moyen depuis 1900. L'unité est la seconde de degré. L'axe des X est dirigé positivement vers le méridien de Greenwich, l'axe des Y est dirigé positivement vers la direction  $90^\circ$  ouest.

#### 4.4.2.2. UT1

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

$$\Omega = 72\,921\,151.467\,064 - 0.843\,994\,803 \Delta LOD,$$

où  $\Omega$  est en picoradians/s et  $\Delta LOD$  en millisecondes (ms).

UT1 et par suite  $\Delta LOD$  et  $\Omega$ , ont des variations dues aux marées zonales dont le modèle comprend 300 termes périodiques avec des périodes comprises entre 5.6 jours et 18.6 ans (IERS, 2003).  $UT1R$ ,  $\Delta LODR$ , and  $\Omega R$  sont les valeurs de UT1,  $\Delta LOD$ , et  $\Omega$  corrigées des termes à courtes périodes inférieures à 35 jours. L'amplitude de  $UT1R-UT1$  est inférieure à 2.5 ms. La différence  $\Delta LODR - \Delta LOD$  est inférieure à 1 ms. Les données fournies par l'IERS n'incluent pas

les effets des variations semi-diurnes et diurnes données également par un modèle (IERS, 2003). La différence UT1-UTC n'est théoriquement pas affectée par les nouvelles résolutions de l'UAI.

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

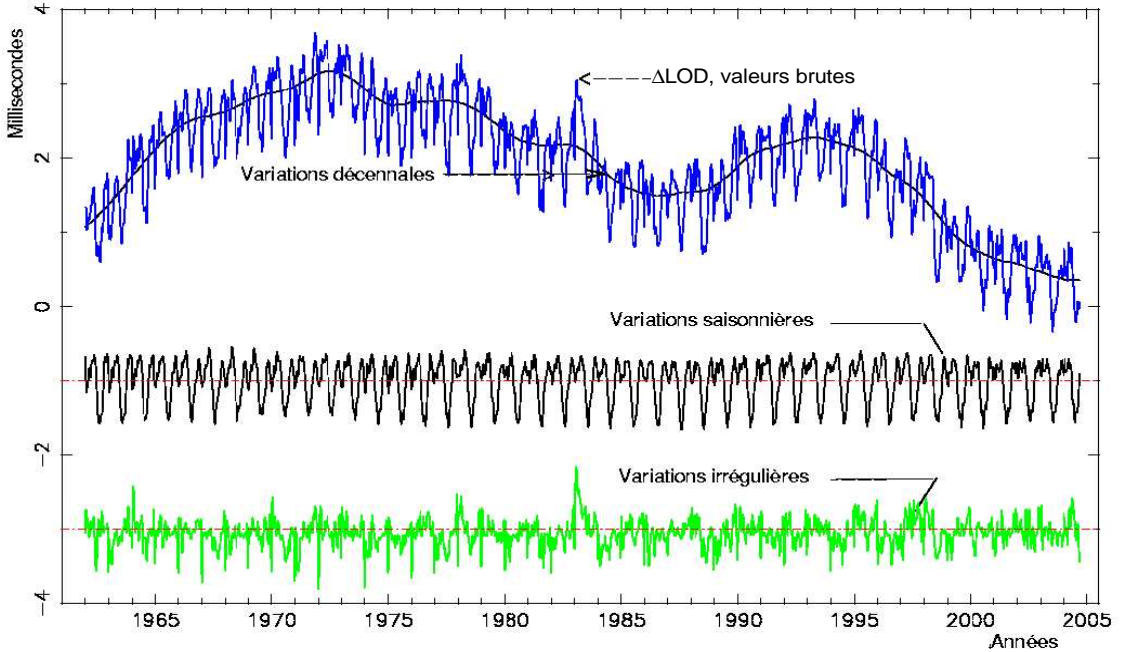
En l'état actuel de nos connaissances et en dehors des effets de marée dus aux actions de la Lune et du Soleil, les variations de la durée du jour peuvent être séparées en plusieurs composantes :

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

2) Des variations irrégulières décennales dont l'amplitude est de l'ordre de 3 à 4 millisecondes oscillant sur des périodes comprises entre 20 et 60 ans. Leurs origines sont d'ordre géophysique interne et sont généralement attribuées au couplage entre le noyau et le manteau terrestres et partiellement aux phénomènes océano-atmosphériques à grande échelle, de type El Nino. La vitesse de rotation de la Terre est connue avec une bonne précision depuis les années 1970. Auparavant on disposait de mesures issues des observations d'astrométrie optique classique pour lesquelles la précision était un peu moins bonne. Ce sont les phénomènes d'occultations d'étoiles par la Lune qui fournissent les mesures antérieures. Les éclipses anciennes peuvent également apporter des informations sur les variations à long terme de la vitesse de rotation. Cependant la précision qu'elles donnent est médiocre.

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

4) Des variations irrégulières ayant principalement pour origine des phénomènes rapides atmosphériques et océaniques. En outre, les forces externes appliquées au système climatique dans la haute atmosphère, principalement dues au vent solaire et aux autres forces électromagnétiques, ont dans ce contexte une faible influence. Elles peuvent de ce fait être négligées. Ceci laisse alors libre place à l'important problème géophysique constitué par la détermination et l'étude des effets

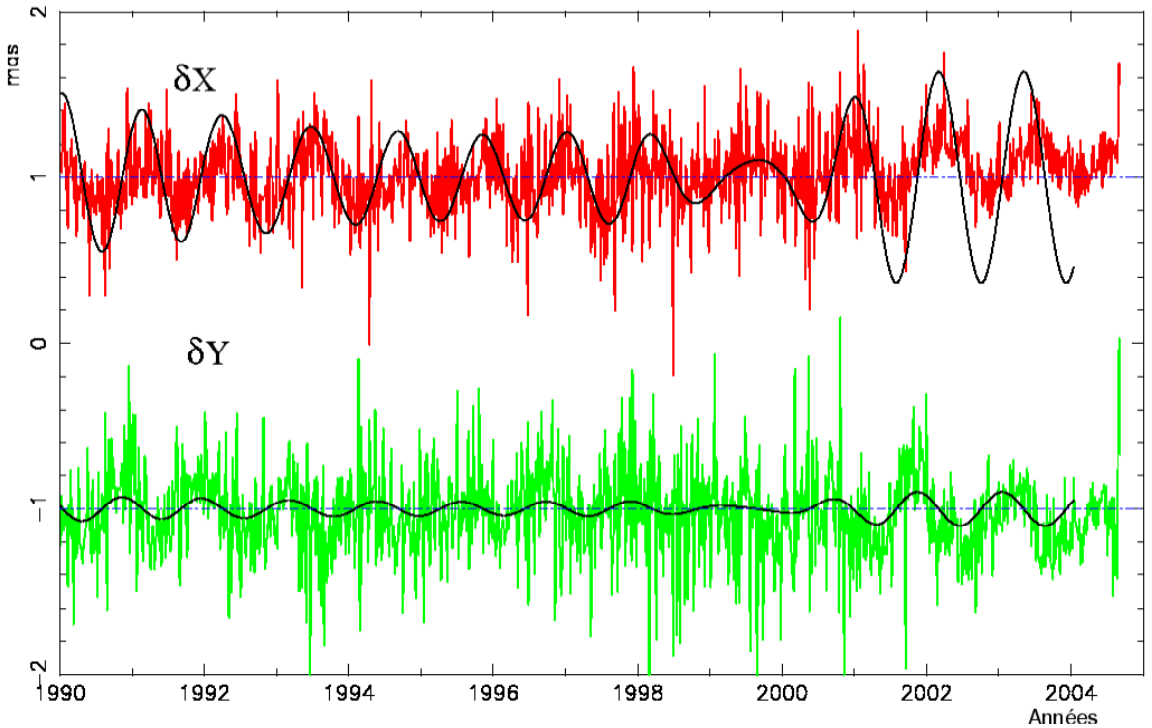


**Fig. 4.5.** Filtrage de  $\Delta LOD$ , variations décennales, saisonnières et irrégulières. L'unité est la milliseconde.

internes. La figure 4.5 représente le filtrage de l'excès de la durée du jour sous forme de termes décennaux, saisonniers et irréguliers.

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

La précession-nutation se réfère au CIP, qui ne contient par définition, que des termes dont la période dans le repère céleste est supérieure à 2 jours. Elle comporte une partie séculaire et des termes périodiques (principalement de période 18.6 ans, 1 an, 0.5 an et 14 jours). Les oscillations résiduelles sont attribuées à la nutation libre de la Terre. L'IERS ne fournit pas directement les coefficients de la précession-nutation mais les écarts  $\delta X$  et  $\delta Y$  par rapport au modèle de référence IAU2000, selon le nouveau formalisme (cf. 3.6). Les variations observées reflètent la différence entre le mouvement céleste réel du pôle et celui prédit par les modèles de précession et de nutation conventionnels. Les angles en longitude et en obliquité déterminés classiquement ( $\delta\Delta\psi_{2000}$ ,  $\delta\Delta\epsilon_{2000}$ ), et référés au nouveau modèle peuvent être aisément calculés. Ces valeurs de  $\delta X$  et  $\delta Y$  sont maintenant inférieures à 1 mas et reflètent principalement les effets de la FCN que l'on peut difficilement modéliser. Elles ne peuvent donc pas être incorporées au nouveau modèle de nutation IAU2000 (figure 4.6).



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

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

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

l'astreint à rester proche de UT1 et tel que  $|UT1 - UTC| < 0,9$  s. Lorsque la différence risque de dépasser 1 seconde on introduit dans UTC une seconde intercalaire appelée de manière impropre *saut de seconde* (leap second). Selon cette dernière condition, la décision, ou la non-décision, d'introduire un saut de seconde dans UTC relève de l'IERS et est annoncée dans le Bulletin C six mois à l'avance. Selon les recommandations du CCIR, les dates d'application préférentielles sont un 31 décembre ou un 30 juin de l'année. L'application est mise en œuvre par les autorités nationales responsables de la diffusion du temps. L'organisme français concerné est le Bureau national de métrologie (BNM/SYRTE, sis à l'observatoire de Paris). La dernière seconde intercalaire fut introduite le 1 janvier 1999 à 0h UTC, soit à 1 heure temps légal en France. La prochaine se produira vraisemblablement le 1 janvier 2007 selon les prédictions actuelles, la Terre ayant accéléré depuis quelques années.

Cette définition de UTC comprenant des secondes intercalaires intermittentes s'est révélée satisfaisante pour toutes les communautés scientifiques à l'exception de celles travaillant dans des domaines liés aux télécommunications et à la navigation spatiale (notamment par GPS) qui ont proposé récemment une révision de la définition de UTC afin de disposer d'une échelle de temps continue exempte de sauts de seconde. Depuis 2001 des discussions ont lieu au niveau international. Elles n'ont cependant pas débouché sur un accord. On incite plutôt les communautés qui ont besoin d'une échelle de temps continue à utiliser TAI ou directement un temps lié à l'échelle GPS, voire l'échelle de temps produite par le futur système Galileo.

#### 4.4.3. Les techniques d'observation

Deux types de méthodes sont actuellement utilisées pour déterminer les EOP : les méthodes géométriques et les méthodes dynamiques.

##### 4.4.3.1. Les méthodes géométriques

On observe les directions d'étoiles par astrométrie optique ou de radiosources extragalactiques par interférométrie. L'astronomie optique comporte de sérieuses limitations du fait de la réfraction atmosphérique qui est difficilement modélisable. Cette technique observationnelle n'est actuellement plus utilisée pour les études concernant la rotation terrestre et les détermination de repères de référence. La technique VLBI consiste à observer simultanément en ondes radio une même source extragalactique (quasar ou noyau de galaxie) à l'aide de deux radiotélescopes distants de plusieurs milliers de kilomètres. Les signaux sont enregistrés indépendamment sur des bandes magnétiques et datés de manière très précise par des horloges atomiques ou des masers à hydrogène. Ils sont ensuite corrélés dans un centre spécialisé appelé corrélateur. On peut par la suite en déduire très précisément le décalage entre les heures d'arrivée du signal aux deux radiotélescopes. L'analyse de ce retard géométrique après corrections de divers effets atmosphériques (troposphère, ionosphère) donne accès aux coordonnées des radiosources dans un repère céleste, aux positions des radiotélescopes dans un repère terrestre, mais aussi aux paramètres d'orientation de la Terre. Pour

déterminer ces paramètres il faut mener des programmes d'observation s'étendant sur plusieurs heures.

#### 4.4.3.2. *Les méthodes dynamiques*

Ces méthodes reposent sur l'observation de la Lune par télémétrie laser (LLR) ou sur celle de satellites artificiels de la Terre par diverses techniques. Le repère de référence céleste est fourni par l'éphéméride du satellite. À partir des observations, on peut déterminer les termes donnant l'orientation terrestre ainsi que les positions de stations dans un repère géocentrique tournant lié à la Terre. Le LLR s'est développé depuis 1971. Ces mesures représentent le temps aller-retour d'une impulsion laser réfléchie sur les cataphotes déposés à la surface lunaire par les missions soviétiques et américaines dans les années 1960–1970. La technique étant difficile à mettre en œuvre, il n'y a actuellement que deux stations au monde en fonctionnement opérationnel : celle de l'université du Texas et celle du CERGA de l'observatoire de la Côte d'Azur près de Grasse. La télémétrie laser des satellites repose sur le même principe général, mais dans ce cas les cibles sont des satellites conçus spécialement pour cette technique. Elle s'est essentiellement développée après le lancement du satellite français Starlette en 1975 et celui du satellite américain Lageos en 1976. Ces satellites et leurs successeurs ont des caractéristiques qui leur permettent d'être bien adaptés pour les études liées à la géodynamique. La précision atteinte sur la mesure de distance entre le satellite et la station est actuellement de quelques millimètres. Les stations d'observation sont bien réparties sur le globe avec toutefois un surnombre en Europe et dans l'Amérique du Nord.

Le système GPS conçu par l'armée américaine pour ses besoins propres de positionnement et de navigation, remplace le système de navigation Transit, reposant sur l'effet Doppler et opérationnel jusque dans les années 1980. Actuellement ce système consiste en une constellation d'une vingtaine de satellites d'orbites quasi-circulaires gravitant à 26500 km, de période de révolution de 12h et se trouvant dans six plans inclinés à  $55^\circ$  par rapport à l'équateur. La communauté scientifique civile utilise largement ce système par l'intermédiaire de l'IGS (International GPS service) créé en 1994. Les principales productions de ce service sont la détermination d'orbites précises pour les besoins de positionnement, le calcul de coordonnées de stations, les paramètres d'orientation de la Terre et les paramètres liés à l'état de la troposphère et de l'ionosphère.

Le système radioélectrique DORIS, développé par le CNES, est embarqué sur des satellites bas. Il a volé sur les satellites de télédétection Spot et sur le satellite océanographique Topex- Poseidon. Depuis 2001 il est embarqué sur les satellites Envisat et Jason. À la différence des autres systèmes, le récepteur DORIS se trouve embarqué dans le satellite alors que les balises émettrices sont au sol. Ce réseau de balises est parfaitement distribué sur le globe terrestre, ce qui rend ce système bien adapté à la détermination du système de référence terrestre.

#### 4.4.4. **Calcul des paramètres d'orientation de la Terre**

L'ensemble des EOP permet d'effectuer la transformation entre l'ITRF et l'ICRF. Ces paramètres sont donnés, par l'IERS, sous forme de séries chronologiques régulières. La série de référence

est la combinaison de séries individuelles dérivées des analyses des observations obtenues par les diverses techniques. La procédure de combinaison est fondée sur le traitement statistique de séries chronologiques, l'objectif étant d'obtenir la meilleure série à toutes les échelles de temps. Les processus incluent notamment lissage de données, interpolation, analyse spectrale, modélisation, prédiction et utilisent de nouvelles méthodes comme les analyses en ondelettes ou les réseaux de neurones (Bougeard et al, 2000 ; Gambis, 2002 ; Vondrák et Cepek, 2000 ; Vondrák et Gambis, 2000).

L'exactitude actuelle est de l'ordre de 200 mas pour les composants du pôle et 20 microsecondes de temps ( $\mu s$ ) pour UT1, ce qui correspond à moins d'un centimètre sur la Terre. Cependant l'exactitude n'égale pas la précision interne des solutions individuelles qui sont respectivement de 100 mas et 5  $\mu s$ , à cause des erreurs de propagation dans la réalisation des deux repères de référence céleste et terrestre. On trouvera plus de détails sur les combinaisons et l'analyse des EOP dans Gambis (2004). Des méthodes rigoureuses, reposant sur une détermination globale simultanée des repères de référence et des paramètres de la rotation de la Terre, sont actuellement en développement (Anderson, 1995 ; Yaya, 2002 ; Altamimi et al., 2004). Elles permettront une meilleure compréhension de ce problème.

*Remarque sur les termes précision et exactitude*

Selon les définitions standard largement admises par la communauté scientifique, le terme *exactitude* a un sens spécifique caractérisant la stabilité, l'uniformité ou la reproductibilité d'une série de données, alors que la *précision*, qui doit être distinguée, reflète une évaluation externe relative à la vérité que l'on ne peut pas atteindre et qui relate la qualité du résultat. On peut seulement estimer l'inexactitude, défaut d'exactitude.

#### 4.5. BIBLIOGRAPHIE

- Altamimi, Z., Boucher, C., Gambis, D. : 2004, Long-term Stability of the Terrestrial Reference Frame, soumis à *Adv. Space Research*.
- Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : 2002, ITRF2000 : A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications, *J. Geophys. Res.* **107 (B10)**, 2214, doi :10.1029/2001JB000561.
- Anderson, P.H. : 1995, High-precision station positioning and satellite orbit determination, *Ph.D. Thesis, NDRE/publication 95/01094*, FFI/ E, Box 25, N-2007, Kjeller, Norway.
- Barnes, R.T.H., Hide, R., White, A.A., and Wilson, C.A. : 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., 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.
- 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, Earth Orientation at the IERS using space-geodetic observations., *J. of Geodesy*, sous presse.
- Gross, 2000, The excitation of the Chandler wobble. *Geophys. Res. Lett.* **27**, 2329.
- Gwinn, C. R., Herring, T. A., Shapiro, I. I. : 1986, Geodesy by radiointerferometry : studies of the forced nutations of the Earth, 2. Interpretation, *J. Geophys. Res.* **91**, 4755.
- IERS : 2000, IERS Conventions 2000, <http://www.usno.mil/Conventions2000>, draft.

- IERS : 2003, IERS Conventions 2003, *IERS Technical Note 32*, McCarthy, D.D., Petit, G. eds., Frankfurt am Main : Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, sous presse.
- Lambert, S., Capitaine, N. : 2004, Effects of zonal deformations and Earth's rotation rate variations on precession-nutation, *Astron. Astrophys.* **428**, 255 .
- Lieske, J.H., Lederle, T., 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., Eubanks, T.M., Fey, A., Gontier, A.-M., Jacobs, C., Sovers, O.J., Archinal, B., Charlot, P. : 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., Herring, T.A., Shapiro, I. I. : 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., Chapront, J., Chapront-Touzé, M., Francou, G., Laskar, J. : 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., Kinoshita, H., Folgueira, M. : 1999, Corrections and new developments in rigid Earth nutation theory : III. Final tables REN-2000 including crossed-nutation and spin-orbit coupling effects., *Astron. Astrophys.* **318**, 639.
- Standish, E.M. : 1998, JPL planetary and lunar ephemerides DE405/LE405, *JPL IOM* **312.F**, 98.
- Standish, E.M., Williams, J.G., Newhall, XX. : 1981, Intégration numérique DE200/LE200, bande magnétique.
- UAI : 2001, Resolutions of the twenty-fourth General Assembly, *IAU Information Bull.* **88**.
- Vondrák, J., Cepek, A. : 2000, Combined smoothing method and its use in combining Earth orientation parameters measured by space techniques, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **147**, 347.
- Vondrák, J., Gambis, D. : 2000, Accuracy of Earth orientation parameters obtained by different techniques in different frequency windows, in : it Journées 1999 Systèmes de référence spatio-temporels and IX Lohrmann Colloquium, Soffel, M., Capitaine, N., eds, observatoire de Paris, 206.
- Wahr, J.M. : 1981, The forced nutations of an elliptical, rotating, elastic and oceanless Earth.,

*Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **64**, 705.

Wahr, J.M. and Sasao, T. : 1981, A diurnal resonance in the ocean tide and in the Earth's load response due to the resonant free core nutation., *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **64**, 747.

Wahr, J. and Bergen, Z. : 1986, The effects of mantle anelasticity on nutations, Earth tides, and tidal variations in the rotation rate, *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* **87**, 633.

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

Yaya, P. : 2002, Apport des combinaisons de techniques astométriques et géodésiques à l'estimation des paramètres d'orientation de la Terre, *PhD Thesis*, observatoire de Paris.

## CHAPITRE 5

### CHANGEMENTS DE COORDONNÉES

---

J.-L. SIMON (5.1 – 5.3)<sup>1</sup>, A. FIENGA & S. LAMBERT (5.4)

#### 5.1. NOTIONS PRÉLIMINAIRES

##### 5.1.1. Coordonnées cartésiennes et coordonnées polaires

Nous représenterons un point  $M$  de l'espace soit par ses coordonnées cartésiennes  $(x, y, z)$  dans un système d'axes  $(Ox, Oy, Oz)$  orthonormé direct, soit par ses coordonnées polaires  $(\psi, \phi, r)$  dans le même système d'axes. Par définition :

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

où  $m$  est la projection de  $M$  sur le plan  $(Ox, Oy)$ . Sauf mention spéciale, le sens positif pour  $\psi$  est le sens direct défini par l'axe  $Oz$  ;  $\phi$  est compté positivement vers l'axe  $Oz$ . Les deux groupes de coordonnées sont liés par les relations :

$$\begin{aligned}x &= r \cos \psi \cos \phi, \\y &= r \sin \psi \cos \phi, \\z &= r \sin \phi.\end{aligned}\tag{5.1}$$

Pour  $r$  égal à 1,  $(x, y, z)$  sont les cosinus directeurs de la direction  $OM$  ;  $\psi$  et  $\phi$  seront appelés les coordonnées polaires de la direction  $OM$ .

---

<sup>1</sup> Ces paragraphes sont largement inspirés du chapitre 4.5 de l'*Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997), rédigé par M. Chapront-Touzé.

### 5.1.2. Transformation des coordonnées sous l'effet d'une rotation des axes

Toutes les transformations faisant passer d'un système d'axes à un autre, sans changement du centre  $O$ , se ramènent à des produits de trois rotations élémentaires  $R_1(\theta_1)$ ,  $R_2(\theta_2)$ ,  $R_3(\theta_3)$  respectivement autour des axes  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  désignant les angles des rotations.

Sous l'effet d'une rotation élémentaire  $R_i(\theta_i)$ , le système d'axes  $(Ox, Oy, Oz)$  est transformé en  $(Ox', Oy', Oz')$  et les coordonnées  $(x', y', z')$  d'un point  $M$  dans le système d'axes  $(Ox', Oy', Oz')$  s'expriment en fonction de ses coordonnées  $(x, y, z)$  dans le système d'axes  $(Ox, Oy, Oz)$  par la relation matricielle :

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = R_i(\theta_i) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}. \quad (5.2)$$

Pour  $i = 1$  (rotation autour de l'axe  $Ox$ ), les axes font entre eux les angles :

$$(Ox, Ox') = 0, \quad (Oy, Oy') = (Oz, Oz') = \theta_1,$$

et

$$R_1(\theta_1) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_1 & \sin \theta_1 \\ 0 & -\sin \theta_1 & \cos \theta_1 \end{pmatrix}. \quad (5.3)$$

Pour  $i = 2$  (rotation autour de l'axe  $Oy$ ), les axes font entre eux les angles :

$$(Oy, Oy') = 0, \quad (Ox, Ox') = (Oz, Oz') = \theta_2,$$

et

$$R_2(\theta_2) = \begin{pmatrix} \cos \theta_2 & 0 & -\sin \theta_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_2 & 0 & \cos \theta_2 \end{pmatrix}. \quad (5.4)$$

Pour  $i = 3$  (rotation autour de l'axe  $Oz$ ), les axes font entre eux les angles :

$$(Oz, Oz') = 0, \quad (Ox, Ox') = (Oy, Oy') = \theta_3,$$

et

$$R_3(\theta_3) = \begin{pmatrix} \cos \theta_3 & \sin \theta_3 & 0 \\ -\sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (5.5)$$

## 5.2. COORDONNÉES USUELLES

### 5.2.1. Coordonnées liées à un repère de référence céleste

#### 5.2.1.1 Définitions

On se reportera aux paragraphes 3.2.1 et 3.3.2 pour avoir de plus amples informations sur certains des concepts dont nous allons rappeler les définitions.

*Sphère céleste* : Sphère de rayon arbitraire dont le centre est celui du système de référence considéré, par exemple le barycentre du système solaire pour un BRS (Barycentric Reference System), le centre de masse de la Terre pour un GRS (Geocentric Reference System), etc. On considère sur la sphère céleste des grands cercles particuliers appelés écliptiques ou équateurs.

*Équateur céleste vrai* : Grand cercle de la sphère céleste dont le plan est perpendiculaire à la direction du pôle céleste des éphémérides (CEP, Celestial Ephemeris Pole). On l'appelle également équateur vrai de la date.

*Équateur moyen de la date* : Se déduit de l'équateur vrai de la date par une transformation donnée par la théorie de la nutation (cf. 4.3). On passe de l'équateur moyen d'une date à l'équateur moyen d'une autre date par une transformation fournie par la théorie de la précession (cf. 4.2). Le plan de l'équateur moyen d'une date donnée constitue un plan fixe qui peut être utilisé comme plan de référence d'un système inertiel ou d'un BRS (cf. 3.3.2).

*Écliptique moyen de la date* : Plan perpendiculaire au moment cinétique moyen du barycentre Terre-Lune dans son mouvement héliocentrique. Il existe deux sortes d'écliptiques moyens de la date (cf. 3.3.2), l'*écliptique moyen inertiel de la date* et l'*écliptique moyen rotationnel de la date*.

Les plans des écliptiques moyens, inertiel ou rotationnel, d'une date donnée sont des plans fixes qui peuvent être utilisés comme plan de référence d'un système inertiel ou d'un BRS.

*Obliquité de l'écliptique* : C'est l'inclinaison de l'écliptique moyen, soit inertiel soit rotationnel, sur l'équateur moyen à une date donnée.

*Équinoxe dynamique vrai de la date* : C'est le nœud ascendant de l'écliptique moyen de la date sur l'équateur vrai de la date.

*Équinoxe dynamique moyen de la date* : C'est le nœud ascendant de l'écliptique moyen de la date sur l'équateur moyen de la date.

Dans chaque cas (moyen ou vrai), il existe deux équinoxes dynamiques, l'un *inertiel*, l'autre *rotationnel*, selon l'écliptique moyen, inertiel ou rotationnel, utilisé (cf. 3.3.2).

#### 5.2.1.2. Coordonnées écliptiques et équatoriales

On a vu en 3.3.2 que les repères de référence célestes sont caractérisés par un plan de référence et une direction origine dans ce plan (en général l'équinoxe); leur est aussi associé un système de constantes fondamentales (masses planétaires, obliquité de l'écliptique à une date de référence,

précession-nutation). À ces repères sont rattachées des coordonnées. Ces coordonnées sont dites *équatoriales* quand le plan de référence est l'équateur et *écliptiques* quand le plan de référence est l'écliptique. On distingue les coordonnées *équatoriales vraies* (rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date), *équatoriales moyennes de la date* (rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens de la date), *écliptiques vraies* (rapportées à l'équinoxe vrai et à l'écliptique moyen de la date), *écliptiques moyennes de la date* (rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens de la date). On passe de telles coordonnées à des coordonnées moyennes de la date par une transformation faisant intervenir des quantités issues de la théorie de la précession, puis à des coordonnées vraies de la date par une transformation faisant intervenir des quantités issues de la théorie de la nutation (*cf.* 4.2 et 4.3).

En coordonnées polaires, les coordonnées équatoriales sont l'ascension droite, la déclinaison et la distance ; les coordonnées écliptiques sont la longitude, la latitude et la distance. La distance  $r$  est parfois remplacée par la parallaxe  $\pi$ , définie par :

$$\sin \pi = \frac{a_T}{r}, \quad (5.6)$$

où  $a_T$  est le rayon équatorial terrestre. La distance et la parallaxe ne dépendent pas du plan et de l'équinoxe de référence.

### 5.2.1.3. Coordonnées astronomiques

Un point à la surface de la Terre est rattaché à un repère céleste géocentrique par sa *longitude astronomique*  $L$  et sa *latitude astronomique*  $\phi$ , coordonnées polaires de la direction OZ parallèle à la verticale du lieu, rapportées à l'équateur vrai de la date du repère céleste et à une origine  $g$  de ce plan, (Fig. 5.1). Ici, la verticale d'un lieu, ou direction du *zénith*, est la direction opposée à la pesanteur en ce lieu. En première approximation,  $g$  est l'intersection de l'équateur vrai de la date et du *méridien céleste de Greenwich*, en désignant par méridien (céleste) d'un lieu le demi-grand cercle de la sphère céleste géocentrique limité par la direction OP du pôle céleste vrai, la direction opposée OP' et la direction parallèle à la verticale du lieu. La direction Og a pour ascension droite vraie le temps sidéral vrai de Greenwich GST (Greenwich Sidereal Time). L'Union Astronomique Internationale recommande de compter les longitudes de  $0^\circ$  à  $180^\circ$  est ou ouest. Dans cet ouvrage, les longitudes sont comptées de  $-180^\circ$  à  $180^\circ$  positivement vers l'ouest.

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

### 5.2.1.4. Coordonnées horaires et coordonnées horizontales

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

- Les *coordonnées horaires*, angle horaire  $H$  et déclinaison  $\delta$ , d'une direction OM pour un lieu donné, sont les coordonnées polaires de la direction rapportées au plan équatorial vrai de la date et à la direction origine O $\zeta$ , intersection de ce plan et du méridien du lieu (Fig. 5.2). L'angle horaire est compté positivement dans le sens rétrograde.

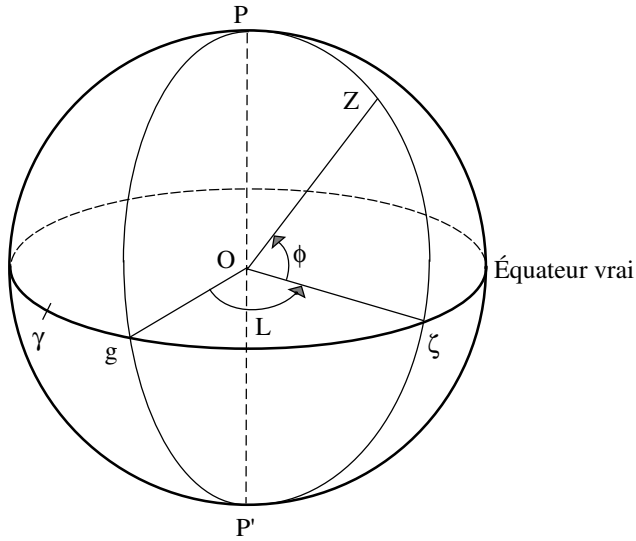


Fig. 5.1. Coordonnées astronomiques d'un lieu.

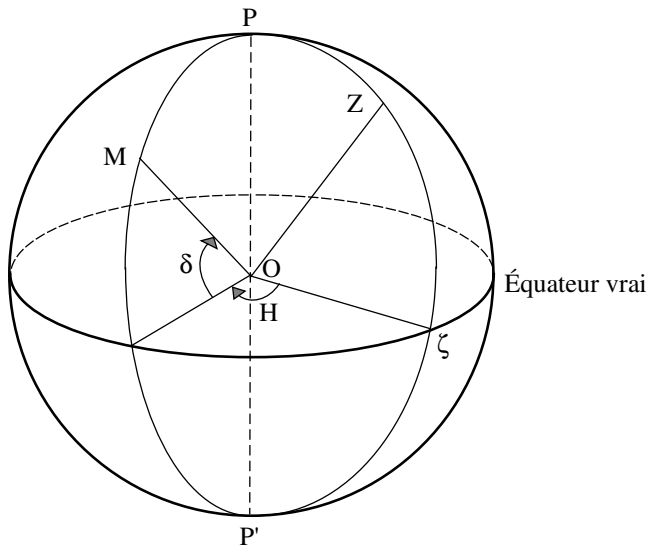


Fig. 5.2. Coordonnées horaires.

La déclinaison ne dépend pas du lieu. On passe de l'angle horaire  $H$  d'une direction  $OM$  pour un lieu  $Z$  à son angle horaire  $H'$  pour un lieu  $Z'$  par :

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

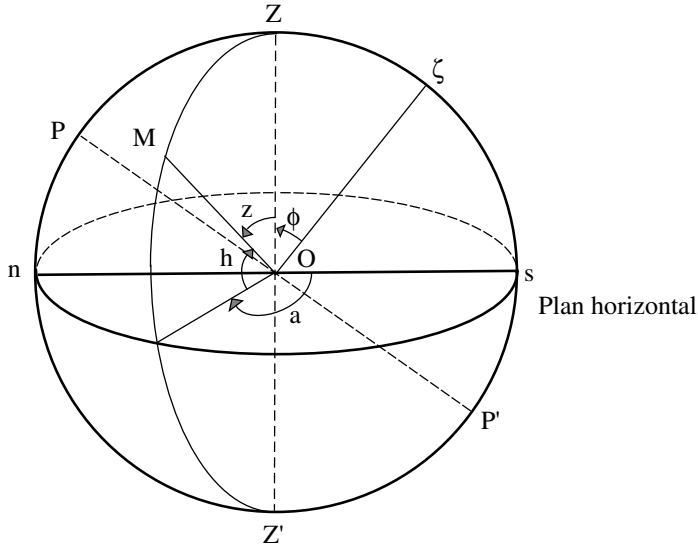
les longitudes  $L$  et  $L'$  des deux lieux étant comptées positivement vers l'ouest. Pour un lieu de



longitude astronomique  $L$ , l'angle horaire  $H$  d'une direction est lié à son ascension droite vraie  $\alpha_V$  par la relation :

$$H = \text{GST} - \alpha_V - L, \quad (5.7)$$

Le temps sidéral vrai de Greenwich GST à la date  $t$  est donné par la formule (3.6.23).



**Fig. 5.3.** Coordonnées horizontales.

- Les *coordonnées horizontales*, azimut  $a$  et hauteur  $h$ , d'une direction  $OM$  pour un lieu donné (Fig. 5.3), sont les coordonnées polaires de la direction rapportées au plan passant par  $O$  et perpendiculaire à l'axe  $OZ$  qui définit son orientation (plan horizontal). On appelle *vertical* tout demi-grand cercle de la sphère céleste limité par  $OZ$  et la direction opposée  $OZ'$ . Pour les astronomes, la direction origine dans le plan horizontal est la direction sud  $Os$ , intersection de ce plan et du vertical contenant la direction du pôle céleste sud  $P'$ . Pour les marins, la direction origine est  $On$ , intersection du plan horizontal et du vertical contenant la direction du pôle céleste nord  $P$ . L'azimut est compté positivement dans le sens rétrograde. On utilise parfois la distance zénithale  $z$ , à ne pas confondre avec la troisième coordonnée cartésienne, définie par :

$$z = 90^\circ - h. \quad (5.10)$$

Les différents systèmes de coordonnées correspondant à un repère de référence céleste donné sont récapitulés dans la table 5.1.

On trouvera dans la table 5.2 les noms que peuvent prendre certaines de ces coordonnées lorsqu'on ajoute aux coordonnées géométriques de l'astre des termes d'aberration. On pourra se reporter pour plus de détails au chapitre 4 de l'ouvrage *Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997). Les dénominations ainsi que les corrections appliquées correspondent

**Table 5.1.** Les coordonnées célestes usuelles.

Coordonnées	Plan de référence	Origine	Direction de Oz	Coordonnées polaires
écliptiques moyennes d'une date de référence (ex. J2000)	écliptique moyen de la date de référence	équinoxe moyen de la date de référence	pôle nord de l'écliptique	longitude $\lambda$ sens positif = sens direct latitude $\beta$ $-90^\circ < \beta < 90^\circ$
écliptiques moyennes de la date	écliptique moyen de la date	équinoxe moyen de la date		
écliptiques vraies	écliptique moyen de la date	équinoxe vrai de la date		
équatoriales moyennes d'une date de référence (ex. J2000)	équateur céleste moyen de la date de référence	équinoxe moyen de la date de référence	pôle céleste nord	ascension droite $\alpha$ sens positif = sens direct déclinaison $\delta$ $-90^\circ < \delta < 90^\circ$
équatoriales moyennes de la date	équateur céleste moyen de la date	équinoxe moyen de la date		
équatoriales vraies	équateur céleste vrai de la date	équinoxe vrai de la date		
horaires d'un lieu	équateur céleste vrai de la date	intersection du méridien du lieu et du plan de référence	pôle céleste nord	angle horaire $H$ sens positif = sens rétrograde déclinaison $\delta$ $-90^\circ < \delta < 90^\circ$
horizontales d'un lieu	plan horizontal du lieu	direction sud (astronomes) direction nord (marins)	zénith du lieu	azimut $a$ sens positif = sens rétrograde hauteur $h$ $-90^\circ < h < 90^\circ$

à celles présentes sur les serveurs d'éphémérides de l'IMCCE et dans le support informatique accompagnant *La Connaissance des temps*.

### 5.2.2. Coordonnées liées à un repère de référence terrestre

Un repère de référence terrestre est représenté par l'équateur terrestre  $A_0$ , associé au pôle terrestre  $P_0$ , et par une origine que l'on peut définir par exemple comme l'intersection du méridien terrestre origine et de l'équateur terrestre. Le méridien terrestre a une définition analogue au méridien céleste en remplaçant le pôle céleste par le pôle terrestre. Les coordonnées d'un point ou d'une direction

**Table 5.2.** Coordonnées célestes incluant des termes d'aberration. On notera ici  $\sigma_F$ , une époque de référence, en général J2000 et  $t$ , toute date autre.

Coordonnées	Plan de référence	Aberrations
géométriques à $\sigma_F$	écliptique ou équateur à $\sigma_F$	pas d'aberration
astrométriques à $\sigma_F$	écliptique ou équateur à $\sigma_F$	calcul du temps de lumière
moyennes à la date $t$	écliptique ou équateur moyen à $t$	astrométriques à $\sigma_F$ + précession de $\sigma_F$ à $t$
apparentes à la date $t$	écliptique ou équateur moyen à $t$	moyennes à la date $t$ + nutation + déflexion des rayons lumineux + aberration annuelle + aberration diurne

dans le système d'axes ainsi défini ne diffèrent des coordonnées horaires célestes rapportées au méridien de Greenwich que par l'effet du mouvement du pôle (*cf.* 4.4).

On peut également définir la longitude et la latitude astronomiques d'un lieu rapportées à un repère terrestre. Ces quantités ne dépendent plus du mouvement du pôle mais peuvent encore subir de légères variations dues aux mouvements de l'écorce terrestre.

### 5.3. FORMULES DE CHANGEMENTS DE COORDONNÉES

Les formules de ce paragraphe utilisent les matrices de rotation élémentaires  $R_i(\theta_i)$  définies par les équations (5.3), (5.4) et (5.5).

#### 5.3.1. Relations entre coordonnées équatoriales et coordonnées écliptiques

On désigne par  $(x^A, y^A, z^A)$  les coordonnées cartésiennes équatoriales d'un point M et par  $(x^E, y^E, z^E)$  ses coordonnées cartésiennes écliptiques dans le même repère de référence. On pourra être dans l'un des cas suivants :

- coordonnées équatoriales vraies et écliptiques vraies,
- coordonnées équatoriales moyennes pour l'époque  $\sigma_F$  et écliptiques moyennes pour l'époque  $\sigma_F$  rapportées aux plans et à l'équinoxe d'une même date de référence  $\sigma_F$  (dans la pratique J2000),
- coordonnées équatoriales moyennes de la date  $\sigma_D$  et écliptiques moyennes de la date  $\sigma_D$ .

En désignant par  $\varepsilon$  l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur, on passe des axes équatoriaux aux axes écliptiques par une rotation  $R_1(\varepsilon)$ . Donc :

$$\begin{pmatrix} x^E \\ y^E \\ z^E \end{pmatrix} = R_1(\varepsilon) \begin{pmatrix} x^A \\ y^A \\ z^A \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{pmatrix} x^A \\ y^A \\ z^A \end{pmatrix} = R_1(-\varepsilon) \begin{pmatrix} x^E \\ y^E \\ z^E \end{pmatrix}. \quad (5.11)$$

En coordonnées polaires :

$$\begin{aligned} x^A &= r \cos \alpha \cos \delta, & x^E &= r \cos \lambda \cos \beta, \\ y^A &= r \sin \alpha \cos \delta, & y^E &= r \sin \lambda \cos \beta, \\ z^A &= r \sin \delta, & z^E &= r \sin \beta, \end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned} \cos \lambda \cos \beta &= \cos \alpha \cos \delta, \\ \sin \lambda \cos \beta &= \sin \alpha \cos \delta \cos \varepsilon + \sin \delta \sin \varepsilon, \\ \sin \beta &= -\sin \alpha \cos \delta \sin \varepsilon + \sin \delta \cos \varepsilon, \end{aligned} \quad (5.12)$$

et

$$\begin{aligned} \cos \alpha \cos \delta &= \cos \lambda \cos \beta, \\ \sin \alpha \cos \delta &= \sin \lambda \cos \beta \cos \varepsilon - \sin \beta \sin \varepsilon, \\ \sin \delta &= \sin \lambda \cos \beta \sin \varepsilon + \sin \beta \cos \varepsilon. \end{aligned} \quad (5.13)$$

Pour passer des coordonnées équatoriales vraies aux coordonnées écliptiques vraies, on prendra  $\varepsilon = \varepsilon_A + \Delta\varepsilon$ ,  $\varepsilon_A$  étant calculé, pour la date  $\sigma_D$ , à l'aide de l'un des polynômes de la table 4.2.1 qui lui correspondent, et  $\Delta\varepsilon$  étant calculé à partir des tables de la nutation.

Pour passer des coordonnées équatoriales moyennes J2000 aux coordonnées écliptiques moyennes J2000, on prendra  $\varepsilon = \varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_0$ , obliquité de l'écliptique en J2000, étant la partie constante du polynôme de la table 4.2.1 choisi pour  $\varepsilon_A$ .

Pour passer des coordonnées équatoriales moyennes de la date aux coordonnées écliptiques moyennes de la date  $\sigma_D$ , on prendra  $\varepsilon = \varepsilon_A$ ,  $\varepsilon_A$  étant calculé comme pour les coordonnées vraies.

### 5.3.2. Relations entre les coordonnées équatoriales moyennes de deux dates

Il s'agit du passage des coordonnées équatoriales rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens d'une date de référence  $\sigma_F$  (dans la pratique J2000) aux coordonnées équatoriales rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens d'une date  $\sigma_D$ , qui peut être soit une autre date de référence soit la date courante. Dans les deux cas le repère de référence est le même.

Dans le système d'axes de l'époque  $\sigma_F$ , on désigne par  $x_F^A, y_F^A, z_F^A$  les coordonnées cartésiennes et par  $\alpha_F$  et  $\delta_F$  l'ascension droite et la déclinaison.  $x_D^A, y_D^A, z_D^A, \alpha_D$  et  $\delta_D$  désignent les quantités correspondantes dans le système d'axes de l'époque  $\sigma_D$ . On écrit :

$$\begin{pmatrix} x_D^A \\ y_D^A \\ z_D^A \end{pmatrix} = P \begin{pmatrix} x_F^A \\ y_F^A \\ z_F^A \end{pmatrix} \quad (5.14)$$

où  $P$  est la matrice de précession. On peut passer du système d'axes de l'époque  $\sigma_F$  au système d'axes de l'époque  $\sigma_D$  (Fig. 4.2) de deux manières.

1) *Première méthode.* On effectue successivement les trois rotations  $R_3(-\zeta_A)$ ,  $R_2(\theta_A)$ ,  $R_3(-z_A)$  ou, ce qui est équivalent, les trois rotations  $R_3(90^\circ - \zeta_A)$ ,  $R_1(\theta_A)$ ,  $R_3(-90^\circ - z_A)$ . La matrice de précession  $P$  s'écrit alors :

$$P = R_3(-z_A) R_2(\theta_A) R_3(-\zeta_A) = R_3(-90^\circ - z_A) R_1(\theta_A) R_3(90^\circ - \zeta_A). \quad (5.15)$$

On déduit de ces produits de matrices les relations suivantes entre les ascensions droites et les déclinaisons :

$$\begin{aligned} \cos \delta_D \sin(\alpha_D - z_A) &= \cos \delta_F \sin(\alpha_F + \zeta_A), \\ \cos \delta_D \cos(\alpha_D - z_A) &= \cos \theta_A \cos \delta_F \cos(\alpha_F + \zeta_A) - \sin \theta_A \sin \delta_F, \\ \sin \delta_D &= \sin \theta_A \cos \delta_F \cos(\alpha_F + \zeta_A) + \cos \theta_A \sin \delta_F. \end{aligned} \quad (5.16)$$

$z_A$ ,  $\zeta_A$  et  $\theta_A$  sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1.

Si le temps  $t$  écoulé entre  $\sigma_F$  et  $\sigma_D$  est court et si l'astre n'est pas voisin du pôle, on peut utiliser les relations approchées suivantes :

$$\begin{aligned} \alpha_D &= \alpha_F + (m + n \sin \bar{\alpha} \tan \bar{\delta}) t, \\ \delta_D &= \delta_F + n \cos \bar{\alpha} t, \end{aligned} \quad (5.17)$$

avec

$$t = (\text{jour julien } \sigma_D - \text{jour julien } \sigma_F) / 365\,250.$$

$\bar{\alpha}$  et  $\bar{\delta}$  sont des valeurs approchées des coordonnées équatoriales moyennes de la date  $\frac{1}{2}(\sigma_D + \sigma_F)$ . La précession en ascension droite,  $m$ , est le coefficient de  $t$  dans l'expression de  $z_A + \zeta_A$  déduite des polynômes de la table 4.2.1. La précession en déclinaison,  $n$ , est le coefficient de  $t$  dans l'expression de  $\theta_A$  donnée par ces mêmes polynômes.

2) *Deuxième méthode.* On effectue successivement les quatre rotations  $R_1(\varepsilon_0)$ ,  $R_3(-\psi_A)$ ,  $R_1(-\omega_A)$  et  $R_3(\chi_A)$ . La matrice de précession  $P$  s'écrit alors :

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

$\psi_A$ ,  $\omega_A$  et  $\chi_A$  sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1 ;  $\varepsilon_0$ , obliquité de l'écliptique en J2000, est la partie constante du polynôme de la table 4.2.1 choisi pour  $\varepsilon_A$ .

La première méthode n'utilise que trois rotations et conduit à des formules exactes (5.16) ou approchées (5.17) relativement simples mais elle utilise les variables  $z_A$ ,  $\zeta_A$  et  $\theta_A$  qui sont déduites des variables  $\psi_A$ ,  $\omega_A$ ,  $\varepsilon_A$  et  $\chi_A$  et qui sont, de plus, singulières ( $\theta_A$  et  $z_A + \zeta_A$  s'annulent en J2000). Il est donc préférable d'utiliser la deuxième méthode qui est celle que l'on utilise pour les éphémérides publiées dans la *Connaissance des Temps*.

### 5.3.3. Relations entre les coordonnées écliptiques moyennes de deux dates

Il s'agit du passage des coordonnées écliptiques rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date de référence  $\sigma_F$  aux coordonnées écliptiques rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date  $\sigma_D$ , qui peut être soit une autre date de référence soit la date courante. Dans les deux cas le repère de référence est le même.

Dans le système d'axes de l'époque  $\sigma_F$ , on désigne par  $x_F^E, y_F^E, z_F^E$  les coordonnées cartésiennes et par  $\lambda_F$  et  $\beta_F$  la longitude et la latitude.  $x_D^E, y_D^E, z_D^E, \lambda_D$  et  $\beta_D$  désignent les quantités correspondantes dans le système d'axes de l'époque  $\sigma_D$ . On passe du système d'axes de l'époque  $\sigma_F$  au système d'axes de l'époque  $\sigma_D$  (Fig. 4.2) en effectuant successivement les trois rotations  $R_3(\Pi_A), R_1(\pi_A), R_3(-\Pi_A - \mathcal{P}_A)$  :

$$\begin{pmatrix} x_D^E \\ y_D^E \\ z_D^E \end{pmatrix} = R_3(-\Pi_A - \mathcal{P}_A) R_1(\pi_A) R_3(\Pi_A) \begin{pmatrix} x_F^E \\ y_F^E \\ z_F^E \end{pmatrix} \quad (5.19)$$

On déduit de ces produits de matrices les relations suivantes entre les longitudes et les latitudes :

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

$\pi_A, \Pi_A$  et  $\mathcal{P}_A$  sont calculés à partir des polynômes de la table 4.2.1.

### 5.3.4. Relations entre les coordonnées écliptiques moyennes de la date et les coordonnées écliptiques vraies

Pour les coordonnées écliptiques moyennes de la date, on désigne par  $x_D^E, y_D^E, z_D^E$  les coordonnées cartésiennes et par  $\lambda_D$  et  $\beta_D$  la longitude et la latitude. Les coordonnées écliptiques vraies sont notées  $x_V^E, y_V^E, z_V^E, \lambda_V$  et  $\beta_V$ . Le système d'axes vrai se déduit du système d'axes moyen (Fig. 4.2) par la rotation  $R_3(-\Delta\psi)$ . Donc,

$$\begin{pmatrix} x_V^E \\ y_V^E \\ z_V^E \end{pmatrix} = R_3(-\Delta\psi) \begin{pmatrix} x_D^E \\ y_D^E \\ z_D^E \end{pmatrix} \quad (5.21)$$

et

$$\begin{aligned} \lambda_V &= \lambda_D + \Delta\psi, \\ \beta_V &= \beta_D, \end{aligned} \quad (5.22)$$

où  $\Delta\psi$  est calculé à partir des tables de la nutation.

### 5.3.5. Relations entre les coordonnées équatoriales moyennes de la date et les coordonnées équatoriales vraies

Pour les coordonnées équatoriales moyennes de la date, on désigne par  $x_D^A$ ,  $y_D^A$ ,  $z_D^A$  les coordonnées cartésiennes et par  $\alpha_D$  et  $\delta_D$  l'ascension droite et la déclinaison. Les coordonnées équatoriales vraies sont notées  $x_V^A$ ,  $y_V^A$ ,  $z_V^A$ ,  $\alpha_V$  et  $\delta_V$ . On écrit :

$$\begin{pmatrix} x_V^A \\ y_V^A \\ z_V^A \end{pmatrix} = N \begin{pmatrix} x_D^A \\ y_D^A \\ z_D^A \end{pmatrix}, \quad (5.23)$$

où  $N$  est la matrice de nutation. On passe du système d'axes moyen au système d'axes vrai en effectuant successivement les rotations  $R_1(\varepsilon_A)$ ,  $R_3(-\Delta\psi)$ ,  $R_1(-\varepsilon'_A)$ , en posant :

$$\varepsilon'_A = \varepsilon_A + \Delta\varepsilon.$$

La matrice de nutation s'écrit donc :

$$N = R_1(-\varepsilon'_A) R_3(-\Delta\psi) R_1(\varepsilon_A). \quad (5.24)$$

On déduit de ces produits de matrices

$$\begin{aligned} \cos \alpha_V \cos \delta_V &= \cos \Delta\psi \cos \alpha_D \cos \delta_D - \sin \Delta\psi (\cos \varepsilon_A \sin \alpha_D \cos \delta_D + \sin \varepsilon_A \sin \delta_D), \\ \sin \alpha_V \cos \delta_V &= \cos \Delta\varepsilon \sin \alpha_D \cos \delta_D + \sin \Delta\psi \cos \varepsilon'_A \cos \alpha_D \cos \delta_D - \sin \Delta\varepsilon \sin \delta_D \\ &\quad - 2 \sin^2 \frac{\Delta\psi}{2} \cos \varepsilon'_A (\cos \varepsilon_A \sin \alpha_D \cos \delta_D + \sin \varepsilon_A \sin \delta_D), \\ \sin \delta_V &= \cos \Delta\varepsilon \sin \delta_D + \sin \Delta\psi \sin \varepsilon'_A \cos \alpha_D \cos \delta_D + \sin \Delta\varepsilon \sin \alpha_D \cos \delta_D \\ &\quad - 2 \sin^2 \frac{\Delta\psi}{2} \sin \varepsilon'_A (\cos \varepsilon_A \sin \alpha_D \cos \delta_D + \sin \varepsilon_A \sin \delta_D), \end{aligned} \quad (5.25)$$

où  $\Delta\psi$  et  $\Delta\varepsilon$  sont calculés à partir des tables de la nutation et  $\varepsilon_A$  à partir de l'un des polynômes de la table 4.2.1 qui lui correspondent.

Si  $\tan \delta_D$  n'est pas trop grand, on peut utiliser les formules approchées suivantes :

$$\begin{aligned} \alpha_V &= \alpha_D + \Delta\psi (\cos \varepsilon_A + \sin \varepsilon_A \sin \alpha_D \tan \delta_D) - \Delta\varepsilon \cos \alpha_D \tan \delta_D, \\ \delta_V &= \delta_D + \Delta\psi \sin \varepsilon_A \cos \alpha_D + \Delta\varepsilon \sin \alpha_D. \end{aligned} \quad (5.26)$$

### 5.3.6. Relations entre les coordonnées horaires et les coordonnées horizontales pour un même lieu

Désignons par  $x^H$ ,  $y^H$ ,  $z^H$  les coordonnées cartésiennes dans un système d'axes horaire. L'axe  $Ox$  de ce système se confond avec  $O\zeta$  et l'axe  $Oz$  avec  $OP$  (Fig. 5.2). Désignons par  $x^h$ ,  $y^h$ ,  $z^h$  les coordonnées cartésiennes dans un système d'axes horizontal, au sens des astronomes. L'axe  $Oz$  de ce système se confond avec  $OZ$  (Fig. 5.3).

Par suite des conventions de sens utilisées pour l'angle horaire et l'azimut, on a :

$$\begin{aligned} x^H &= r \cos H \cos \delta, & x^h &= r \cos a \cos h, \\ y^H &= -r \sin H \cos \delta, & y^h &= -r \sin a \cos h, \\ z^H &= r \sin \delta, & z^h &= r \sin h. \end{aligned}$$

On passe du système d'axes horaire au système d'axes horizontal par la rotation  $R_2(90^\circ - \phi)$ , où  $\phi$  est la latitude du lieu. Donc :

$$\begin{pmatrix} x^h \\ y^h \\ z^h \end{pmatrix} = R_2(90^\circ - \phi) \begin{pmatrix} x^H \\ y^H \\ z^H \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{pmatrix} x^H \\ y^H \\ z^H \end{pmatrix} = R_2(\phi - 90^\circ) \begin{pmatrix} x^h \\ y^h \\ z^h \end{pmatrix}. \quad (5.27)$$

D'où :

$$\begin{aligned} \cos a \cos h &= \sin \phi \cos H \cos \delta - \cos \phi \sin \delta, \\ \sin a \cos h &= \sin H \cos \delta, \\ \sin h &= \cos \phi \cos H \cos \delta + \sin \phi \sin \delta, \end{aligned} \quad (5.28)$$

$$\begin{aligned} \cos H \cos \delta &= \sin \phi \cos a \cos h + \cos \phi \sin h, \\ \sin H \cos \delta &= \sin a \cos h, \\ \sin \delta &= -\cos \phi \cos a \cos h + \sin \phi \sin h. \end{aligned} \quad (5.29)$$

Dans ces formules, la hauteur peut être remplacée par la distance zénithale à l'aide de (5.10).

$L$  étant la longitude du lieu, on obtiendra les relations entre les coordonnées horizontales et les coordonnées équatoriales vraies  $\alpha_V$  et  $\delta_V$  en remplaçant  $H$  par le second membre de (5.7) et  $\delta$  par  $\delta_V$ .

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

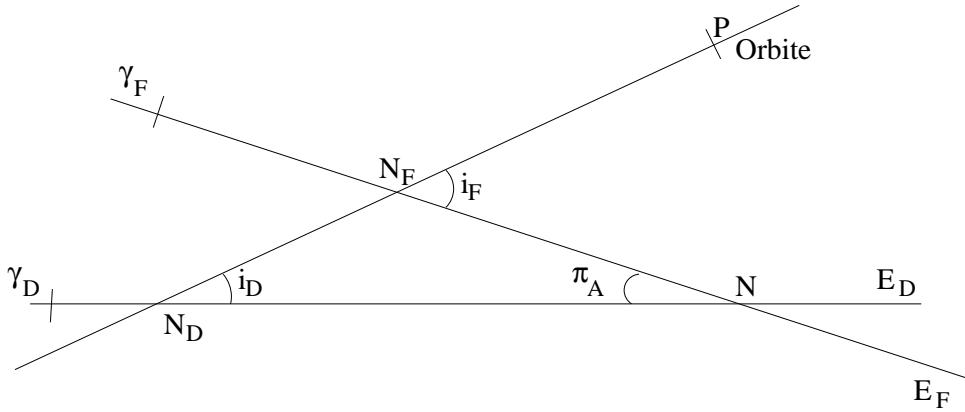
Il s'agit du passage des éléments d'une orbite rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date  $\sigma_F$  aux éléments de la même orbite rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe moyens d'une date  $\sigma_D$ . Dans les deux cas le repère de référence est le même.

Le demi-grand axe et l'excentricité de l'orbite, ainsi que l'anomalie moyenne d'un point quelconque, ne changent pas. On désigne par  $i_F$  et  $\Omega_F$ , respectivement, l'inclinaison et la longitude du nœud ascendant de l'orbite sur l'écliptique moyen de l'époque  $\sigma_F$ , et par  $\varpi_F$  la longitude du périastre P. Les quantités rapportées au système d'axes de l'époque  $\sigma_D$  sont  $i_D$ ,  $\Omega_D$  et  $\varpi_D$ .

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

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





**Fig. 5.4.** Éléments d'une orbite.

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

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

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

$$N_F N = \Pi_A - \Omega_F,$$

$$N_D N = \mathcal{P}_A + \Pi_A - \Omega_D.$$

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

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

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

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

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

### 5.3.8. Changement de repère de référence

On considère deux repères de référence notés 1 et 2 pour lesquels la date de référence  $\sigma_F$  et l'équateur de référence (équateur moyen de la date  $\sigma_F$ ) sont les mêmes. On désigne par  $\gamma_1$  et  $\gamma_2$  les équinoxes des deux repères (équinoxes moyens de la date  $\sigma_F$ ), par  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$  les inclinaisons de l'écliptique (moyen de la date  $\sigma_F$ ) sur l'équateur (moyen de la date  $\sigma_F$ ) pour les deux repères (Fig. 5.5) et par  $\Delta\phi$  l'arc  $\gamma_1\gamma_2$ .

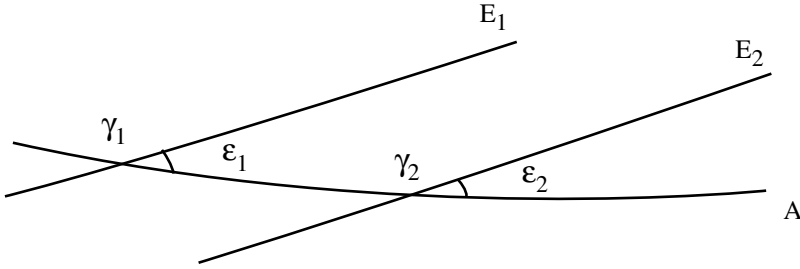


Fig. 5.5. Changement de repère.

On note :

$x_{F,i}^A, y_{F,i}^A, z_{F,i}^A$ , les coordonnées équatoriales moyennes de la date  $\sigma_F$  dans le repère  $i$  ( $i = 1$  ou  $2$ ) ;

$x_{F,i}^E, y_{F,i}^E, z_{F,i}^E$ , les coordonnées écliptiques moyennes de la date  $\sigma_F$  dans le même repère.

On passe du système d'axes équatorial de l'époque  $\sigma_F$  dans le premier repère au système d'axes équatorial de l'époque  $\sigma_F$  dans le deuxième repère par une rotation  $R_3(\Delta\phi)$ . On passe du système d'axes écliptique de l'époque  $\sigma_F$  dans le premier repère au système d'axes équatorial de l'époque  $\sigma_F$  dans le deuxième repère en effectuant successivement les rotations  $R_1(-\varepsilon_1)$  et  $R_3(\Delta\phi)$ . On passe du système d'axes écliptique de l'époque  $\sigma_F$  dans le premier repère au système d'axes écliptique de l'époque  $\sigma_F$  dans le deuxième repère en effectuant successivement les rotations  $R_1(-\varepsilon_1)$ ,  $R_3(\Delta\phi)$ ,  $R_1(\varepsilon_2)$ . Donc :

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^A \\ y_{F,2}^A \\ z_{F,2}^A \end{pmatrix} = R_3(\Delta\phi) \begin{pmatrix} x_{F,1}^A \\ y_{F,1}^A \\ z_{F,1}^A \end{pmatrix}, \quad (5.32)$$

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^A \\ y_{F,2}^A \\ z_{F,2}^A \end{pmatrix} = R_3(\Delta\phi) R_1(-\varepsilon_1) \begin{pmatrix} x_{F,1}^E \\ y_{F,1}^E \\ z_{F,1}^E \end{pmatrix}, \quad (5.33)$$

et :

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^E \\ y_{F,2}^E \\ z_{F,2}^E \end{pmatrix} = R_1(\varepsilon_2) R_3(\Delta\phi) R_1(-\varepsilon_1) \begin{pmatrix} x_{F,1}^E \\ y_{F,1}^E \\ z_{F,1}^E \end{pmatrix}. \quad (5.34)$$

$\Delta\phi$  et  $\varepsilon_2 - \varepsilon_1$  étant en général très petits, on pourra le plus souvent utiliser les formules approchées suivantes, déduites des formules (5.32), (5.33) et (5.34) :

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^A \\ y_{F,2}^A \\ z_{F,2}^A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta\phi & 0 \\ -\Delta\phi & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{F,1}^A \\ y_{F,1}^A \\ z_{F,1}^A \end{pmatrix}, \quad (5.35)$$

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^A \\ y_{F,2}^A \\ z_{F,2}^A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta\phi \cos \varepsilon_1 & -\Delta\phi \sin \varepsilon_1 \\ -\Delta\phi & \cos \varepsilon_1 & -\sin \varepsilon_1 \\ 0 & \sin \varepsilon_1 & \cos \varepsilon_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{F,1}^E \\ y_{F,1}^E \\ z_{F,1}^E \end{pmatrix}, \quad (5.36)$$

$$\begin{pmatrix} x_{F,2}^E \\ y_{F,2}^E \\ z_{F,2}^E \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta\phi \cos \varepsilon_1 & -\Delta\phi \sin \varepsilon_1 \\ -\Delta\phi \cos \varepsilon_1 & 1 & \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \\ \Delta\phi \sin \varepsilon_1 & -(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{F,1}^E \\ y_{F,1}^E \\ z_{F,1}^E \end{pmatrix}, \quad (5.37)$$

où  $\Delta\phi$ ,  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$  sont exprimés en radians.

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

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

##### 5.4.1. Algorithme classique

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

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

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

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

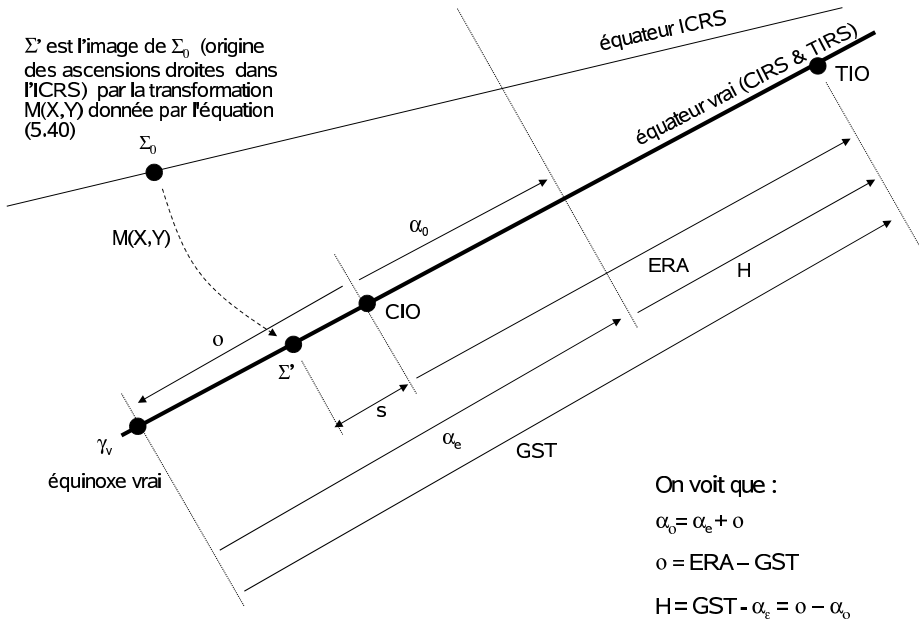
où les décalages  $\eta_0$  et  $\zeta_0$  (cf. 3.6.6) associés au modèle de nutation UAI 2000A sont (Capitaine et al., 2003) :  $\eta_0 = -0.016617''$ ,  $\zeta_0 = -0.006819''$ . Le décalage  $d\alpha_0$  est (Chapront et al., 2002) :  $d\alpha_0 = -0.0146''$ .

2. On applique la matrice de précession,  $P$  définie en 5.3.2, pour passer de l'équateur et de l'équinoxe moyens J2000 à l'équateur et à l'équinoxe moyens de la date.
3. On applique la matrice de nutation,  $N$  définie en 5.3.5, pour passer de l'équateur et de l'équinoxe moyens de la date à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date. Ici, il est possible de passer aux coordonnées sphériques et d'obtenir les  $(\alpha_e, \delta_e)$  géocentriques de l'objet par rapport à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date.
4. Afin de passer du vecteur géocentrique de l'objet donné par rapport à l'équateur et l'équinoxe vrais de la date au vecteur géocentrique exprimé dans le système de référence terrestre, appelé TIRS (Terrestrial Intermediate Reference System), on effectue une rotation  $R_3(GST)$  liée à l'angle de rotation terrestre  $GST$ , appelé le temps sidéral vrai, c'est-à-dire l'angle entre l'équinoxe vrai de la date et l'origine du repère terrestre (cf. 3.6.4.1). Le vecteur est alors exprimé dans le repère terrestre.

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

#### 5.4.2. Origine non-tournante

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



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

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

La matrice  $C$  s'écrit alors :

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

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

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

$$\alpha_o = \alpha_e + o$$

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

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

Le décalage entre le CIO et le TIO permet, de plus, le passage entre le CIRS et le TIRS. Ainsi, pour obtenir les positions et vitesses de l'objet,  $\mathbf{X}_{TIRS}$ , dans le système de référence terrestre, on applique au vecteur  $\mathbf{X}_{CIRS}$ , une rotation  $R_3(ERA)$ . On effectue ainsi une transformation équivalente à l'étape 4 de l'algorithme classique. Une fois ces rotations appliquées, il est alors possible de calculer l'azimut et la hauteur de l'objet que l'on souhaite observé à partir des relations données en 5.3.6. L'angle horaire  $H$  est obtenu avec  $H = ERA - \alpha_o$ .

Les coordonnées  $X, Y$  et la variable  $s$  sont tabulées pages II. 16 – II. 19 ;  $ERA$  et  $o$  sont tabulées pages II. 10 – II. 13.

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

### 5.4.3. Mouvement du pôle

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

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

# EXPLICATIONS LIÉES AUX ÉPHÉMÉRIDES DE LA CONNAISSANCE DES TEMPS

---

J.-L. SIMON, J. NORMAND

### 6.1. PRÉSENTATION DES ÉPHÉMÉRIDES

#### 6.1.1. 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 contenu sur le CDROM qui accompagne l'ouvrage. Ce logiciel permet le calcul non seulement des coordonnées publiées dans la *Connaissance des Temps* mais aussi celui des coordonnées horizontales et des levers et couchers des astres.

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

#### 6.1.2. Définitions astronomiques

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



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

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

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

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

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

### 6.1.3. 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 coordonnée UTC (*cf.* 2.5).

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

Le temps sidéral est une fonction à la fois du Temps universel TU et de TT. Nous l'avons calculé par la formule (3.6.25), en prenant  $t - t_u = 65$  s. Notons qu'une erreur de 1 s sur  $t - t_u$  entraîne une erreur inférieure à  $0.2 \times 10^{-6}$  s sur le temps sidéral pour l'année 2006. L'angle de rotation de la Terre donné par (3.6.17) et l'équation aux origines donnée par (5.41) sont des fonctions de TU. Ces trois quantités sont donc tabulées pour des dates en TU.

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

Enfin, les éphémérides électroniques peuvent être calculées en utilisant soit l'échelle de temps TT, soit l'échelle UTC. La table 6.1 donne la relation entre TT et UTC depuis le 1 juillet 1983, d'après la relation entre TAI et UTC (*cf.* 2.5.1) publiée par l'IERS (*International Earth rotation and Reference systems Service*).

**Table 6.1.** TT–UTC depuis le 1 juillet 1983.

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

#### 6.1.4. Contenu de l'ouvrage

La *Connaissance des Temps* publie des tables donnant :

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

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

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

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

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

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

### 6.1.5. Contenu du CDROM

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

Le logiciel de calcul utilise une représentation des coordonnées sous une forme polynomiale analogue à celle en usage dans les éditions de la *Connaissance des Temps* antérieures à l'édition 2006. Cette représentation est décrite en 6.4.2.

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

## 6.2. SOURCES DES ÉPHÉMÉRIDES

### 6.2.1. Soleil, Lune, Planètes

Depuis 1984, les éphémérides du Soleil, de la Lune et des planètes publiées dans la *Connaissance des Temps* sont issues de théories élaborées à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides et ajustées à l'intégration numérique du Jet Propulsion Laboratory DE200 (Standish et Williams, 1982).

Ces théories sont les suivantes :

- Soleil, Mercure, Vénus et Mars : la théorie VSOP82 (Bretagnon, 1982) ;
- Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune : les théories VSOP82 (Bretagnon, 1982) et TOP82 (Simon, 1983) ;
- Lune : la théorie ELP 2000-82 (Chapront-Touzé et Chapront, 1983).

Les éphémérides de Pluton sont issues de DE200, celles de Cérès, Pallas, Junon et Vesta d'une intégration numérique effectuée à l'IMCCE (Rocher, 1984).

Les programmes de calcul de ces éphémérides sont décrits dans Francou et al., 1983.

### 6.2.2. Satellites

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

- satellites de Mars : les théories ESAPHO et ESADE (Chapront-Touzé, 1990) ;
- satellites galiléens : la théorie de Sampson (1921) améliorée par Lieske (1977) ; les constantes introduites ont été déterminées par Arlot (1982) ;

– 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 GUST86 (Laskar et Jacobson, 1987).

### 6.3. 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  $s$ .

#### 6.3.1. Interpolation par la formule de Bessel

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

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

Formons le tableau des différences :

$$\begin{array}{ccccccc} t_0 & f_0 & & & & & \\ & & \Delta_0^{(1)} & & & & \\ t_1 & f_1 & & \Delta_0^{(2)} & & & \\ & & \Delta_1^{(1)} & & \Delta_0^{(3)} & & \\ t_2 & f_2 & & \Delta_1^{(2)} & & & \\ & & \Delta_2^{(1)} & & & & \\ t_3 & f_3 & & & & & \\ \dots & \dots & & & & & \end{array} \quad (6.3.1)$$

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

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

$$f(t) = f_1 + m\Delta_1^{(1)} - \frac{m(1-m)}{4}(\Delta_0^{(2)} + \Delta_1^{(2)}) + \frac{m(1-m)(1-2m)}{12}\Delta_0^{(3)}. \quad (6.3.2)$$

### 6.3.2. Exemple

Calculer les coordonnées équatoriales apparentes de la Lune pour le 6 janvier 2006 à 7h 59m TT.

Formons les tableaux des différences, à partir des valeurs données page II. 36. Nous obtenons, pour les ascensions droites  $\alpha$  et les déclinaisons  $\delta$  :

06/01	$\alpha$	$\Delta^1$ (s)	$\Delta^2$ (s)	$\Delta^3$ (s)	$\delta$	$\Delta^1$ (")	$\Delta^2$ (")	$\Delta^3$ (")
0h	0h 20m 13.74s	738.68			1° 54' 33.33"	5961.40		
6h	0h 32m 32.42s	737.12	-1.56		3° 33' 55.13"	5891.33	-70.07	
12h	0h 44m 49.54s	736.71		1.15	5° 12' 6.46"	5804.61		-16.65
18h	0h 57m 6.25s		-0.41		6° 48' 51.07"		-86.72	

On a  $t_1 = 6h$ , le pas de tabulation  $h$  est de 6 heures, soit 360 minutes ; la valeur de  $m$  est donc  $m = 119/360 = 0.330\ 555\ 56$ . L'application de la formule (6.3.2) au calcul de  $\alpha(t)$  et  $\delta(t)$ , pour la date  $t$  indiquée, donne :

$$\alpha(t) = 0h\ 32m\ 32.42s + 245.66s + 0.11s + 0.01s = 0h\ 36m\ 36.20s$$

$$\delta(t) = 3^\circ\ 33'\ 55.13'' + 1947.41'' + 8.67'' - 0.10'' = 4^\circ\ 6'\ 31.11''$$

Les valeurs données par les éphémérides électroniques sont :

$$\alpha(t) = 0h\ 36m\ 36.20s$$

$$\delta(t) = 4^\circ\ 6'\ 31.14''$$

### 6.3.3. 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).

## 6.4. UTILISATION DES ÉPHÉMÉRIDES ÉLECTRONIQUES

### 6.4.1. Le logiciel de calcul eCDT

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

#### 6.4.1.1. Description de l'interface graphique

##### • Coordonnées locales

Cette partie de la fenêtre principale (cf. fig. 6.1) permet d'indiquer les coordonnées du lieu d'observation :

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

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

##### • Période de calcul

Cette partie de la fenêtre principale (cf. fig. 6.1) permet d'indiquer :

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

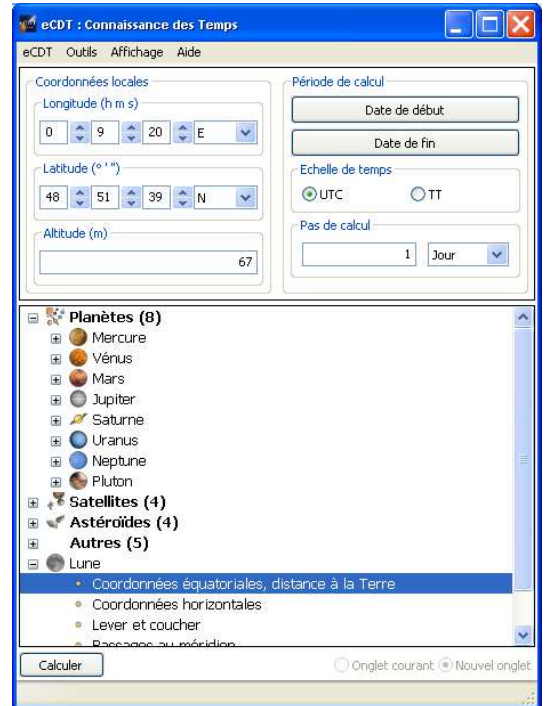


Fig. 6.1. Fenêtre principale.

Pour saisir les dates de début et de fin, il faut cliquer sur les boutons *Date de début* et *Date de fin*. Ces instants peuvent être saisis sous forme de date et heure ou sous forme de jours juliens. Il faut, pour cela, activer la zone de saisie correspondante (cf. fig. 6.2).

- *Liste des éphémérides disponibles*

La partie du bas de la fenêtre principale (cf. fig. 6.1) permet de choisir les éphémérides à calculer. Elles sont présentées sous la forme d'une arborescence. Pour la déployer il faut cliquer deux fois sur les titres. Il est possible de choisir plusieurs éphémérides simultanément en maintenant la touche *Ctrl* enfoncée.

- *Lancement des calculs*

Le bouton *Calculer* (cf. fig. 6.1) permet d'obtenir les éphémérides choisies précédemment.

#### 6.4.1.2. Utilisation simple du logiciel

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

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

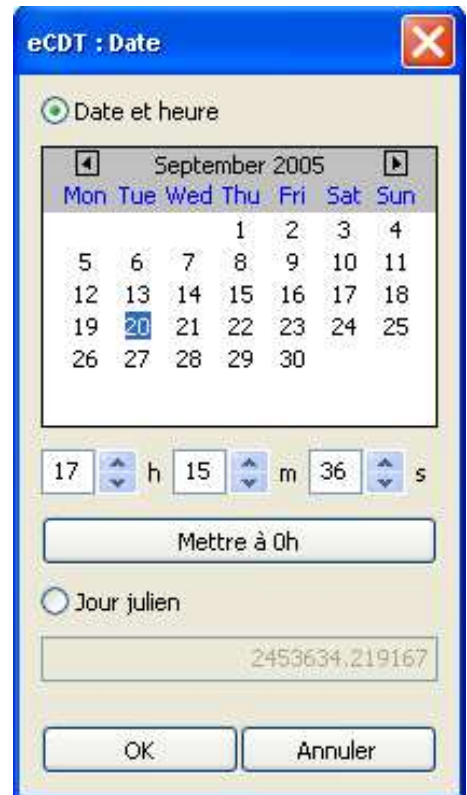


Fig. 6.2. Fenêtre pour choisir la date.

#### 6.4.1.3. Autres possibilités

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

- une visualisation des coefficients utilisés pour représenter les coordonnées (cf. 6.4.2),
- 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).

#### 6.4.1.4. Disponibilité du logiciel

Actuellement le logiciel est disponible pour le système d'opération Microsoft Windows XP. Pour toute information complémentaire, consulter le site web de l'IMCCE à l'adresse :

<http://www.imcce.fr/page.php?nav=fr/publications/logiciels/ecdt/>.



### 6.4.2. Représentation des coordonnées

L'angle de rotation de la Terre est calculé à partir de la formule (3.6.17). Les autres coordonnées données sur le CDROM sont représentées sous formes de polynômes de Tchebychev ou de fonctions mixtes du temps exactement comme dans les volumes de la *Connaissance des Temps* antérieures à l'édition 2006. Il est possible de visualiser et d'utiliser soi-même les coefficients et il est donc utile de rappeler les caractéristiques de ces représentations.

#### 6.4.2.1 Représentation sous forme de polynômes de Tchebychev

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

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

$$y = a_0 + a_1 T_1(x) + \dots + a_n T_n(x), \quad (6.4.1)$$

où :

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

$$x = -1 + 2(t - t_0)/DT; \quad (6.4.2)$$

- $a_0, a_1, \dots, a_n$  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 :

$$T_p(x) = \cos(p \arccos x); \quad (6.4.3)$$

– soit par la relation de récurrence :

$$T_{p+1}(x) = 2xT_p(x) - T_{p-1}(x) \quad (6.4.4)$$

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

La précision des approximations en polynômes de Tchebychev données sur le CDROM est très grande, bien meilleure que celle des éditions antérieures de la *Connaissance des Temps*. Notons toutefois que la déviation relativiste des rayons lumineux dans le champ gravitationnel du Soleil n'est pas prise en compte dans le calcul des coordonnées apparentes des planètes, les variations angulaires produites par ce phénomène étant difficilement représentables dans une éphéméride Tchebychev. La valeur de cette déviation peut être dans certains cas de l'ordre de la seconde de degré. Nous donnons dans la table 6.2 les caractéristiques des approximations en polynômes de Tchebychev avec les précisions de représentation.

**Table 6.2.** Caractéristiques des représentations en polynômes de Tchebychev données sur le CDROM.

Astre	Coordonnées	Nombre de coefficients	Intervalle DT (jours)	Précision de la représentation
	Temps sidéral	19	16	$1.7 \times 10^{-5}$ s
	Équation des équinoxes	19	16	$2 \times 10^{-8}$ s
	Nutations	19	16	$3 \times 10^{-7}$ ''
	Équation des origines	10	5	$5 \times 10^{-7}$ ''
	Coordonnées du CIP	10	5	$2 \times 10^{-7}$ ''
	s	10	5	$2 \times 10^{-10}$ ''
<b>Soleil</b>	Longitude	15	16	$6 \times 10^{-10}$ degré
	Latitude	15	16	$4 \times 10^{-11}$ degré
	Rayon vecteur	15	16	$4 \times 10^{-12}$ ua
	Ascension droite	15	16	$2 \times 10^{-6}$ s
	Déclinaison	15	16	$7 \times 10^{-6}$ ''
	Temps de passage	15	16	$1 \times 10^{-3}$ ''
	Coordonnées rectangulaires	15	16	$1 \times 10^{-11}$ ua
<b>Lune</b>	Ascension droite	9	2	$2 \times 10^{-6}$ s
	Déclinaison	9	2	$2 \times 10^{-5}$ ''
	Distance à la Terre	9	2	$2 \times 10^{-5}$ km
<b>Mercure</b>	Longitude	15	16	$3 \times 10^{-9}$ degré
	Latitude	15	16	$5 \times 10^{-10}$ degré
	Rayon vecteur	15	16	$2 \times 10^{-12}$ ua
	Ascension droite	15	16	$6 \times 10^{-6}$ s
	Déclinaison	15	16	$5 \times 10^{-5}$ ''
	Distance à la Terre	15	16	$2 \times 10^{-10}$ ua
<b>Vénus</b>	Longitude	15	46	$7 \times 10^{-10}$ degré
	Latitude	15	46	$3 \times 10^{-11}$ degré
	Rayon vecteur	15	46	$1 \times 10^{-12}$ ua
	Ascension droite	15	16	$2 \times 10^{-6}$ s
	Déclinaison	15	16	$7 \times 10^{-6}$ ''
	Distance à la Terre	15	16	$8 \times 10^{-12}$ ua
<b>Mars</b>	Longitude	15	46	$2 \times 10^{-10}$ degré
	Latitude	15	46	$4 \times 10^{-12}$ degré
	Rayon vecteur	15	46	$1 \times 10^{-12}$ ua
	Ascension droite	15	16	$2 \times 10^{-6}$ s
	Déclinaison	15	16	$7 \times 10^{-6}$ ''
	Distance à la Terre	15	16	$1 \times 10^{-11}$ ua
<b>Jupiter</b>	Longitude	15	92	$2 \times 10^{-9}$ degré
	Latitude	15	92	$1 \times 10^{-11}$ degré
	Rayon vecteur	15	92	$5 \times 10^{-11}$ ua
	Ascension droite	15	16	$2 \times 10^{-6}$ s
	Déclinaison	15	16	$8 \times 10^{-6}$ ''
	Distance à la Terre	15	16	$2 \times 10^{-11}$ ua

**Table 6.2.** (fin).

Astre	Coordonnées	Nombre de coefficients	Intervalle DT (jours)	Précision de la représentation
<b>Saturne</b>	Longitude	15	92	$2 \times 10^{-8}$ degré
	Latitude	15	92	$2 \times 10^{-10}$ degré
	Rayon vecteur	15	92	$2 \times 10^{-9}$ ua
	Ascension droite	15	16	$2 \times 10^{-6}$ s
	Déclinaison	15	16	$7 \times 10^{-6}$ "
	Distance à la Terre	15	16	$2 \times 10^{-10}$ ua
<b>Uranus</b>	Longitude	15	92	$3 \times 10^{-8}$ degré
	Latitude	15	92	$5 \times 10^{-10}$ degré
	Rayon vecteur	15	92	$2 \times 10^{-8}$ ua
	Ascension droite	15	16	$3 \times 10^{-6}$ s
	Déclinaison	15	16	$2 \times 10^{-5}$ "
	Distance à la Terre	15	16	$6 \times 10^{-9}$ ua
<b>Neptune</b>	Longitude	15	92	$2 \times 10^{-7}$ degré
	Latitude	15	92	$6 \times 10^{-10}$ degré
	Rayon vecteur	15	92	$8 \times 10^{-8}$ ua
	Ascension droite	15	16	$2 \times 10^{-5}$ s
	Déclinaison	15	16	$6 \times 10^{-5}$ "
	Distance à la Terre	15	16	$3 \times 10^{-8}$ ua
<b>Pluton</b>	Ascension droite	10	31	$3 \times 10^{-5}$ s
	Déclinaison	10	31	$8 \times 10^{-5}$ "
	Distance à la Terre	10	31	$5 \times 10^{-8}$ ua
<b>Petites planètes</b>	Ascension droite	10	31	$4 \times 10^{-4}$ s
	Déclinaison	10	31	$3 \times 10^{-3}$ "
	Distance à la Terre	10	31	$5 \times 10^{-8}$ ua

#### 6.4.2.2. Représentation sous forme de fonctions mixtes du temps

C'est la représentation utilisée pour les coordonnées des satellites.

Soit  $t$  une date julienne appartenant à l'intervalle de temps  $t_0, t_0 + DT$ . On calcule les coordonnées  $X$  et  $Y$  d'un satellite pour la date  $t$  par la formule (Chapront et Vu, 1984) :

$$X/Y = A0 + A1 u + B0 \sin(Nu + F0) + B1 u \sin(Nu + F1) + B2 u^2 \sin(Nu + F2) + C0 \sin(2Nu + P0), \quad (6.4.5)$$

où :

- $u = t - t_0$  ;  $u$  est compté en jours ;
- $A0, A1, B0, F0, B1, F1, B2, F2, C0, P0$  sont les coefficients numériques publiés dans la *Connaissance des Temps*, valables pour l'intervalle de temps  $t_0, t_0 + DT$  contenant  $t$  ;
- $N$  est la fréquence associée au satellite considéré. Elle est proche de celle du satellite lui-même, sauf dans le cas d'Hypérior pour lequel on prend une fréquence proche de celle de Titan du fait de l'existence d'un très gros terme perturbateur de fréquence plus grande que celle du satellite

lui-même.

Les caractéristiques des approximations en fonctions mixtes données sur le CDROM sont exactement les mêmes que celles des éditions antérieures de la *Connaissance des Temps*. Nous les donnons dans la table 6.3.

On trouvera des explications détaillées sur les représentations en polynômes de Tchebychev et les représentations sous forme de fonctions mixtes dans le paragraphe 9.1 de l'*Introduction aux éphémérides astronomiques* (Bureau des longitudes, 1997).

**Table 6.3.** Caractéristiques des représentations en fonctions mixtes données sur le CDROM.

Satellite	Coordonnées	Nombre de coefficients	Intervalle DT (jours)	N (rad/jour)
Phobos	Différentielles tangentielles (X, Y)	10	7	19.7027
Déimos	"	10	7	4.9788
Io	Différentielles tangentielles (X, Y)	10	3	3.5516
Europe	"	10	4	1.7693
Ganymède	"	10	9	0.8782
Callisto	"	8	10	0.3765
Mimas	Différentielles tangentielles (X, Y)	10	4	6.6670
Encelade	"	10	16	4.5860
Théthys	"	10	16	3.3280
Dioné	"	10	16	2.2960
Rhée	"	10	16	1.3910
Titan	"	8	11	0.3940
Hypérion	"	8	8	0.3940
Japet	"	6	16	0.0790
Miranda	Différentielles tangentielles (X, Y)	10	9	4.4880
Ariel	"	10	31	2.4930
Umbriel	"	10	27	1.5162
Titania	"	10	17	0.7217
Obéron	"	10	22	0.4667

## 6.5. 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 6.1, 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 6.4 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 6.4.** Précision globale des éphémérides de la Connaissance des Temps.

Astre	Précision globale
Soleil	0''.05
Lune	0''.03
Mercure	0''.06
Vénus	0''.03
Mars	0''.03
Jupiter	0''.2
Saturne	0''.3
Uranus	0''.6
Neptune	0''.8
Pluton et petites planètes	2''
Satellites de Mars	0''.05
Satellites galiléens de Jupiter	0''.05
Satellites de Saturne	de 0''.1 à 0''.5 (Hypérion)
Satellites d'Uranus	0''.1

**6.6. BIBLIOGRAPHIE**

- Arlot, J.-E. : 1982, New constants for Sampson-Lieske theory of the Galilean satellites of Jupiter, *Astron. Astrophys.* **107**, 305.
- Bretagnon, P. : 1982, Théorie du mouvement de l'ensemble des planètes. Solution VSOP82, *Astron. Astrophys.* **114**, 278.
- Bureau des longitudes : 1978, *Connaissance des Temps* pour l'an 1979, Gauthier-Villars éd., Paris.
- Bureau des longitudes : 1997, *Introduction aux éphémérides astronomiques (supplément explicatif à la Connaissance des Temps)*. Simon, J.-L., Chapront-Touzé, M., Morando, B., Thuillot, W. édés, EDP Sciences, Les Ulis.
- Chapront, J., Vu, D.T. : 1984, A new compact representation of ephemerides : application to the motion of Pluto, the Sun and the Galilean satellites of Jupiter, *Astron. Astrophys.* **141**, 131.
- Chapront-Touzé, M. : 1990, Orbits of the Martian satellites from ESAPHO and ESADE theories, *Astron. Astrophys.* **240**, 159.
- Chapront-Touzé, M., Chapront, J. : 1983, The lunar ephemeris ELP 2000, *Astron. Astrophys.* **124**, 50.
- Duriez, L., Vienne, A., : 1997, Theory of motion and ephemerides of Hyperion, *Astron. Astrophys.* **324**, 366.
- Francou, G., Bergeal, L., Chapront, J., Morando, B. : 1983, Nouvelles éphémérides du Soleil, de la Lune et des planètes, *Astron. Astrophys.* **128**, 124.
- Laskar, J., Jacobson, R.A. : 1987, GUST86. An analytical ephemeris of the Uranian satellites, *Astron. Astrophys.* **188**, 212.
- Lieske, J.H. : 1977, Theory of motion of Jupiter's Galilean satellites, *Astron. Astrophys.* **56**, 333.
- Rocher, P. : 1990, communication privée.
- Sampson, R.A. : 1921, Theory of the four great satellites of Jupiter, *Mem. Roy. Astron. Soc.* **63**.
- Simon, J.-L. : 1983, Théorie du mouvement des quatre grosses planètes. Solution TOP82, *Astron. Astrophys.* **120**, 197.
- Standish, E.M. : 1985, Relativity in Celestial Mechanics and Astrometry, J. Kovalevsky and V.A. Brumberg eds. (Reidel, Dordrecht, Holland), 71.
- Standish, E.M., Williams, J.G. : 1982, Development Ephemeris DE200-LE200, bande magnétique.
- Thuillot, W. : 1983, Théorie des phénomènes des satellites galiléens de Jupiter, *Astron. Astrophys.* **127**, 63.
- Thuillot, W. : 1989, Prédiction des phénomènes des satellites galiléens, *Note Scientifique et Technique du Bureau des longitudes* S015.
- Vienne, A., Duriez, L. : 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.* **297**, 588.



**DEUXIÈME PARTIE**  
**ÉPHÉMÉRIDES POUR L'ANNÉE 2006**





## TEMPS SIDÉRAL, NUTATION

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

## TEMPS SIDÉRAL 2006 à 0h TU, NUTATION 2006 à 0h TT

### TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

Date	temps sidéral			nut. long. s	nut. obl. s	Date	temps sidéral			nut. long. s	nut. obl. s			
	h	m	s				h	m	s					
Janv.	0	6	38	4.947 78	-2.195 43	8.342 40	Févr.	15	9	39	26.598 03	-0.505 61	9.376 35	
	1	6	42	1.515 92	-1.986 52	8.381 03		16	9	43	23.146 26	-0.622 25	9.409 72	
	2	6	45	58.081 09	-1.826 18	8.445 15		17	9	47	19.694 13	-0.744 80	9.423 89	
	3	6	49	54.641 83	-1.738 35	8.519 82		18	9	51	16.242 73	-0.855 49	9.418 97	
	4	6	53	51.198 03	-1.724 60	8.587 21		19	9	55	12.793 10	-0.937 24	9.398 00	
	5	6	57	47.750 91	-1.765 34	8.632 83		20	9	59	9.346 11	-0.975 86	9.366 84	
	6	7	1	44.302 40	-1.828 69	8.649 63		21	10	3	5.902 29	-0.962 49	9.333 76	
	7	7	5	40.854 53	-1.881 70	8.638 78		22	10	7	2.461 72	-0.896 20	9.308 73	
	8	7	9	37.408 84	-1.899 01	8.607 85		23	10	10	59.023 79	-0.786 55	9.301 92	
	9	7	13	33.966 16	-1.867 16	8.567 87		24	10	14	55.587 21	-0.654 93	9.321 35	
	10	7	17	30.526 54	-1.785 16	8.530 39		25	10	18	52.150 05	-0.532 84	9.369 82	
	11	7	21	27.089 41	-1.662 54	8.505 26		26	10	22	48.710 16	-0.455 16	9.442 04	
	12	7	25	23.653 74	-1.516 02	8.499 09		27	10	26	45.265 95	-0.448 28	9.524 03	
	13	7	29	20.218 30	-1.365 66	8.514 58		28	10	30	41.817 06	-0.517 77	9.596 55	
	14	7	33	16.781 90	-1.231 05	8.550 52		Mars	1	10	34	38.364 74	-0.643 48	9.642 27
	15	7	37	13.343 57	-1.128 13	8.602 43		2	10	38	34.911 32	-0.787 18	9.652 72	
	16	7	41	9.902 67	-1.066 93	8.663 61		3	10	42	31.459 25	-0.908 73	9.631 00	
	17	7	45	6.459 03	-1.050 65	8.726 38		4	10	46	28.010 22	-0.980 75	9.589 02	
	18	7	49	3.012 87	-1.075 75	8.783 26		5	10	50	24.564 73	-0.994 73	9.541 88	
19	7	52	59.564 74	-1.132 86	8.827 91	6	10	54	21.122 31	-0.958 55	9.502 92			
20	7	56	56.115 50	-1.208 19	8.855 86	7	10	58	17.681 87	-0.890 01	9.481 07			
21	8	0	52.666 17	-1.284 97	8.864 96	8	11	2	14.242 11	-0.810 42	9.480 32			
22	8	4	49.217 86	-1.345 08	8.855 73	9	11	6	10.801 78	-0.740 07	9.500 35			
23	8	8	45.771 65	-1.370 86	8.831 64	10	11	10	7.359 87	-0.695 57	9.537 56			
24	8	12	42.328 45	-1.347 58	8.799 32	11	11	14	3.915 67	-0.688 45	9.586 13			
25	8	16	38.888 78	-1.266 75	8.768 35	12	11	18	0.468 83	-0.724 46	9.638 97			
26	8	20	35.452 48	-1.130 31	8.750 26	13	11	21	57.019 38	-0.803 28	9.688 55			
27	8	24	32.018 62	-0.954 20	8.756 20	14	11	25	53.567 69	-0.918 60	9.727 87			
28	8	28	28.585 33	-0.768 76	8.793 19	15	11	29	50.114 48	-1.058 79	9.751 29			
29	8	32	25.150 23	-0.612 89	8.860 13	16	11	33	46.660 72	-1.208 11	9.755 38			
30	8	36	21.711 19	-0.521 30	8.945 94	17	11	37	43.207 49	-1.348 67	9.739 55			
31	8	40	18.267 25	-0.509 97	9.032 29	18	11	41	39.755 87	-1.462 85	9.706 32			
Févr.	1	8	44	14.819 02	-0.568 82	9.100 33	19	11	45	36.306 77	-1.535 98	9.661 23		
	2	8	48	11.368 40	-0.666 61	9.137 91	20	11	49	32.860 74	-1.558 88	9.612 25		
	3	8	52	7.917 76	-0.764 84	9.143 19	21	11	53	29.417 87	-1.530 05	9.568 78		
	4	8	56	4.469 05	-0.831 58	9.123 32	22	11	57	25.977 70	-1.457 18	9.540 29		
	5	9	0	1.023 34	-0.849 19	9.090 47	23	12	1	22.539 16	-1.357 57	9.534 46		
	6	9	3	57.580 79	-0.815 16	9.057 54	24	12	5	19.100 69	-1.256 83	9.555 02		
	7	9	7	54.140 84	-0.738 75	9.035 25	25	12	9	15.660 46	-1.184 72	9.599 75		
	8	9	11	50.702 46	-0.636 43	9.030 68	26	12	13	12.216 86	-1.167 90	9.659 27		
	9	9	15	47.264 48	-0.527 64	9.046 91	27	12	17	8.769 02	-1.220 31	9.718 07		
	10	9	19	43.825 74	-0.431 39	9.083 29	28	12	21	5.317 35	-1.335 30	9.758 61		
	11	9	23	40.385 25	-0.363 66	9.136 05	29	12	25	1.863 57	-1.484 82	9.767 55		
	12	9	27	36.942 33	-0.335 51	9.199 12	30	12	28	58.410 13	-1.628 80	9.741 28		
	13	9	31	33.496 70	-0.351 90	9.265 13	31	12	32	54.959 27	-1.730 74	9.687 17		
	14	9	35	30.048 44	-0.411 19	9.326 47	Avril	1	12	36	51.512 19	-1.770 71	9.619 99	

## TEMPS SIDÉRAL 2006 à 0h TU, NUTATION 2006 à 0h TT

## TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

Date	temps sidéral			nut. long. s	nut. obl. s	Date	temps sidéral			nut. long. s	nut. obl. s		
	h	m	s				h	m	s				
Avril	2	12	40	48.068 87	-1.749 37	9.555 80	Mai	18	15	42	9.636 20	-1.415 50	8.805 81
	3	12	44	44.628 28	-1.683 20	9.507 00		19	15	46	6.197 58	-1.317 13	8.842 18
	4	12	48	41.188 98	-1.596 10	9.480 12		20	15	50	2.755 32	-1.278 33	8.885 49
	5	12	52	37.749 49	-1.512 02	9.476 05		21	15	53	59.309 34	-1.300 36	8.921 40
	6	12	56	34.308 62	-1.450 51	9.491 45		22	15	57	55.860 55	-1.368 33	8.936 83
	7	13	0	30.865 55	-1.424 82	9.520 38		23	16	1	52.410 65	-1.454 32	8.923 63
	8	13	4	27.419 89	-1.441 69	9.555 58		24	16	5	48.961 71	-1.524 76	8.881 13
	9	13	8	23.971 59	-1.501 60	9.589 48		25	16	9	45.515 53	-1.550 14	8.816 52
	10	13	12	20.520 98	-1.599 26	9.614 94		26	16	13	42.073 13	-1.513 76	8.742 70
	11	13	16	17.068 71	-1.724 21	9.625 97		27	16	17	38.634 47	-1.416 08	8.674 35
	12	13	20	13.615 67	-1.861 68	9.618 46		28	16	21	35.198 59	-1.273 14	8.623 56
13	13	24	10.162 94	-1.994 00	9.590 87	29	16	25	31.763 92	-1.110 24	8.597 06		
14	13	28	6.711 65	-2.102 80	9.544 83	30	16	29	28.328 84	-0.954 05	8.595 42		
15	13	32	3.262 80	-2.171 86	9.485 24	31	16	33	24.892 02	-0.826 31	8.614 22		
16	13	35	59.817 05	-2.190 25	9.419 87	Juin	1	16	37	21.452 62	-0.740 61	8.646 03	
17	13	39	56.374 56	-2.155 13	9.358 33		2	16	41	18.010 36	-0.701 83	8.682 37	
18	13	43	52.934 93	-2.073 37	9.310 35		3	16	45	14.565 39	-0.707 25	8.715 12	
19	13	47	49.497 14	-1.961 51	9.283 83		4	16	49	11.118 26	-0.748 19	8.737 43	
20	13	51	46.059 72	-1.843 65	9.282 81		5	16	53	7.669 75	-0.811 57	8.744 29	
21	13	55	42.620 98	-1.747 25	9.305 94		6	16	57	4.220 85	-0.881 25	8.732 79	
22	13	59	39.179 42	-1.697 06	9.345 82		7	17	1	0.772 67	-0.939 36	8.702 61	
23	14	3	35.734 10	-1.708 23	9.389 78		8	17	4	57.326 29	-0.967 97	8.656 27	
24	14	7	32.285 06	-1.780 18	9.422 50		9	17	8	53.882 66	-0.951 56	8.599 48	
25	14	11	28.833 45	-1.894 26	9.430 27		10	17	12	50.442 39	-0.880 31	8.540 86	
26	14	15	25.381 28	-2.017 53	9.405 66	11	17	16	47.005 50	-0.753 71	8.491 02		
27	14	19	21.930 81	-2.113 00	9.350 58	12	17	20	43.571 29	-0.583 31	8.460 38		
28	14	23	18.483 77	-2.152 46	9.275 83	13	17	24	40.138 33	-0.392 47	8.456 36		
29	14	27	15.040 77	-2.125 72	9.197 01	14	17	28	36.704 73	-0.212 10	8.480 51		
30	14	31	11.601 28	-2.041 81	9.129 08	15	17	32	33.268 63	-0.072 58	8.527 15		
Mai	1	14	35	8.163 90	-1.923 11	9.082 13	16	17	36	29.828 77	0.005 45	8.584 27	
	2	14	39	4.727 01	-1.796 57	9.059 87	17	17	40	26.384 88	0.017 70	8.636 80	
	3	14	43	1.289 12	-1.686 29	9.060 30	18	17	44	22.937 79	-0.022 45	8.670 89	
	4	14	46	57.849 18	-1.609 58	9.077 70	19	17	48	19.489 15	-0.088 07	8.677 79	
	5	14	50	54.406 62	-1.575 74	9.104 46	20	17	52	16.040 93	-0.146 70	8.656 02	
	6	14	54	50.961 31	-1.586 69	9.132 55	21	17	56	12.594 93	-0.169 12	8.611 36	
	7	14	58	47.513 54	-1.638 00	9.154 49	22	18	0	9.152 28	-0.136 75	8.554 98	
	8	15	2	44.063 89	-1.720 07	9.163 97	23	18	4	5.713 22	-0.045 57	8.500 24	
	9	15	6	40.613 20	-1.819 08	9.156 41	24	18	8	2.277 14	0.094 07	8.459 31	
	10	15	10	37.162 51	-1.918 11	9.129 48	25	18	11	58.842 73	0.261 28	8.440 36	
	11	15	14	33.712 95	-1.998 69	9.083 70	26	18	15	55.408 46	0.430 71	8.446 19	
12	15	18	30.265 60	-2.043 20	9.022 83	27	18	19	51.972 88	0.578 76	8.474 35		
13	15	22	26.821 28	-2.038 06	8.953 88	28	18	23	48.534 94	0.688 20	8.518 51		
14	15	26	23.380 37	-1.977 19	8.886 42	29	18	27	45.094 11	0.750 34	8.570 28		
15	15	30	19.942 61	-1.864 90	8.830 93	30	18	31	41.650 37	0.765 04	8.621 08		
16	15	34	16.507 04	-1.716 73	8.796 49	Juill.	1	18	35	38.204 16	0.739 30	8.663 36	
17	15	38	13.072 16	-1.557 34	8.788 30		2	18	39	34.756 23	0.685 29	8.691 44	

## TEMPS SIDÉRAL 2006 à 0h TU, NUTATION 2006 à 0h TT

### TEMPS SIDÉRAL, NUTATION EN LONGITUDE ET EN OBLIQUITÉ

Date	temps sidéral			nut. long. s	nut. obl. s	Date	temps sidéral			nut. long. s	nut. obl. s		
	h	m	s				h	m	s				
<b>Juill.</b>	3	18	43	31.307 51	0.618 57	8.701 93	<b>Août</b>	18	21	44	52.939 11	2.002 93	9.180 38
	4	18	47	27.859 08	0.556 38	8.693 89		19	21	48	49.501 18	2.112 58	9.189 65
	5	18	51	24.411 99	0.516 20	8.669 02		20	21	52	46.062 54	2.210 60	9.221 23
	6	18	55	20.967 22	0.513 95	8.631 78		21	21	56	42.622 05	2.278 39	9.270 84
	7	18	59	17.525 51	0.561 67	8.589 40		22	22	0	39.178 96	2.303 58	9.331 57
	8	19	3	14.087 16	0.664 36	8.551 45		23	22	4	35.732 96	2.281 20	9.395 22
	9	19	7	10.651 85	0.816 70	8.528 55		24	22	8	32.284 19	2.213 71	9.453 67
	10	19	11	7.218 48	1.000 80	8.530 04		25	22	12	28.833 22	2.110 06	9.500 02
	11	19	15	3.785 27	1.187 56	8.560 70		26	22	16	25.380 88	1.984 04	9.529 47
	12	19	19	0.350 14	1.342 90	8.617 98		27	22	20	21.928 18	1.852 19	9.539 86
	13	19	22	56.911 34	1.438 44	8.691 28		28	22	24	18.476 18	1.731 64	9.531 78
	14	19	26	53.468 15	1.461 97	8.764 51		29	22	28	15.025 83	1.638 12	9.508 48
	15	19	30	50.021 10	1.422 52	8.821 33		30	22	32	11.577 89	1.584 13	9.475 56
	16	19	34	46.571 84	1.346 86	8.850 54		31	22	36	8.132 85	1.577 35	9.440 45
	17	19	38	43.122 49	1.269 76	8.849 27		<b>Sept.</b> 1	22	40	4.690 76	1.618 93	9.411 78
	18	19	42	39.674 99	1.222 86	8.822 85		2	22	44	1.251 21	1.701 92	9.398 34
	19	19	46	36.230 59	1.226 57	8.782 33		3	22	47	57.813 19	1.810 06	9.407 52
20	19	50	32.789 64	1.286 71	8.740 91	4	22	51	54.375 17	1.918 21	9.443 11		
21	19	54	29.351 65	1.395 35	8.710 64	5	22	55	50.935 29	1.995 92	9.502 80		
22	19	58	25.915 53	1.534 51	8.700 07	6	22	59	47.491 85	2.015 50	9.576 64		
23	20	2	22.479 87	1.681 19	8.713 01	7	23	3	44.044 01	1.963 00	9.648 09		
24	20	6	19.043 26	1.812 43	8.748 46	8	23	7	40.592 29	1.847 24	9.698 89		
25	20	10	15.604 58	1.909 69	8.801 37	9	23	11	37.138 62	1.699 49	9.716 15		
26	20	14	12.163 12	1.961 60	8.864 13	10	23	15	33.685 57	1.561 81	9.697 86		
27	20	18	8.718 69	1.965 02	8.928 16	11	23	19	30.235 33	1.470 05	9.653 25		
28	20	22	5.271 59	1.924 56	8.985 42	12	23	23	26.788 95	1.441 50	9.598 11		
29	20	26	1.822 45	1.850 96	9.029 53	13	23	27	23.346 23	1.472 73	9.548 54		
30	20	29	58.372 20	1.759 05	9.056 42	14	23	31	19.906 05	1.545 42	9.516 36		
31	20	33	54.921 86	1.665 73	9.064 59	15	23	35	16.466 87	1.634 71	9.507 30		
<b>Août</b> 1	20	37	51.472 48	1.588 11	9.055 20	16	23	39	13.027 22	1.716 13	9.521 51		
2	20	41	48.025 02	1.541 85	9.031 97	17	23	43	9.585 88	1.769 92	9.554 84		
3	20	45	44.580 24	1.539 43	9.001 02	18	23	47	6.142 05	1.783 04	9.600 54		
4	20	49	41.138 58	1.588 02	8.970 60	19	23	51	2.695 37	1.749 73	9.650 59		
5	20	53	37.700 00	1.686 95	8.950 35	20	23	54	59.245 94	1.671 25	9.696 92		
6	20	57	34.263 82	1.825 17	8.949 84	21	23	58	55.794 21	1.555 19	9.732 41		
7	21	1	30.828 67	1.980 14	8.976 13	22	0	2	52.340 95	1.414 15	9.751 73		
8	21	5	27.392 60	2.120 21	9.030 70	23	0	6	48.887 14	1.264 09	9.751 99		
9	21	9	23.953 60	2.212 28	9.107 00	24	0	10	45.433 83	1.122 23	9.733 06		
10	21	13	20.510 26	2.233 52	9.190 56	25	0	14	41.982 02	1.004 86	9.697 66		
11	21	17	17.062 48	2.182 04	9.263 05	26	0	18	38.532 51	0.925 15	9.651 04		
12	21	21	13.611 57	2.079 42	9.308 88	27	0	22	35.085 81	0.891 27	9.600 39		
13	21	25	10.159 78	1.962 49	9.321 10	28	0	26	31.642 02	0.904 95	9.553 96		
14	21	29	6.709 43	1.868 93	9.303 20	29	0	30	28.200 78	0.960 53	9.520 03		
15	21	33	3.262 10	1.824 75	9.266 55	30	0	34	24.761 30	1.044 64	9.505 63		
16	21	36	59.818 33	1.838 82	9.225 67	<b>Oct.</b> 1	0	38	21.322 30	1.136 72	9.514 98		
17	21	40	56.377 69	1.904 13	9.193 84	2	0	42	17.882 23	1.211 33	9.547 78		

## TEMPS SIDÉRAL 2006 à 0h TU, NUTATION 2006 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	14.439 52	1.242 81	9.597 83	Nov.	18	3	47	35.959 86	0.808 58	8.900 61	
	4	0	50	10.993 04	1.212 77	9.652 73		19	3	51	32.513 03	0.772 55	8.840 90	
	5	0	54	7.542 65	1.118 69	9.695 95		20	3	55	29.068 94	0.781 31	8.773 92	
	6	0	58	4.089 50	0.979 30	9.711 82		21	3	59	25.627 91	0.840 20	8.707 92	
	7	1	2	0.635 82	0.831 44	9.691 85		22	4	3	22.189 77	0.946 39	8.651 88	
	8	1	5	57.184 18	0.716 83	9.638 98		23	4	7	18.753 81	1.088 08	8.613 81	
	9	1	9	53.736 40	0.665 28	9.566 61		24	4	11	15.318 82	1.245 69	8.598 92	
	10	1	13	50.292 92	0.684 10	9.492 82		25	4	15	11.883 32	1.395 06	8.608 07	
	11	1	17	46.852 86	0.758 90	9.433 46		26	4	19	8.445 86	1.512 31	8.637 00	
	12	1	21	43.414 58	0.862 69	9.397 81		27	4	23	5.005 33	1.579 43	8.676 56	
	13	1	25	39.976 29	0.966 34	9.387 85		28	4	27	1.561 30	1.589 31	8.714 33	
	14	1	29	36.536 52	1.045 88	9.399 88		29	4	30	58.114 20	1.549 03	8.737 13	
	15	1	33	33.094 32	1.085 63	9.426 80		30	4	34	54.665 34	1.479 95	8.734 47	
	16	1	37	29.649 25	1.078 61	9.460 19		Déc.	1	4	38	51.216 66	1.413 71	8.701 76
	17	1	41	26.201 37	1.025 48	9.491 69			2	4	42	47.770 21	1.384 06	8.642 48
	18	1	45	22.751 09	0.933 18	9.513 95		3	4	46	44.327 56	1.416 33	8.567 88	
	19	1	49	19.299 14	0.813 54	9.521 31		4	4	50	40.889 19	1.518 64	8.493 82	
20	1	53	15.846 45	0.681 88	9.510 30	5	4	54	37.454 37	1.679 03	8.435 70			
21	1	57	12.394 08	0.555 28	9.480 05	6	4	58	34.021 43	1.870 30	8.403 61			
22	2	1	8.943 04	0.450 63	9.432 52	7	5	2	30.588 39	2.059 85	8.400 03			
23	2	5	5.494 24	0.382 34	9.372 39	8	5	6	27.153 53	2.219 54	8.420 44			
24	2	9	2.048 24	0.360 02	9.306 67	9	5	10	23.715 75	2.331 74	8.455 98			
25	2	12	58.605 23	0.386 57	9.243 70	10	5	14	20.274 72	2.390 65	8.496 43			
26	2	16	55.164 91	0.457 03	9.191 97	11	5	18	16.830 69	2.400 45	8.532 45			
27	2	20	51.726 50	0.558 62	9.158 61	12	5	22	13.384 33	2.372 25	8.556 86			
28	2	24	48.288 80	0.671 98	9.147 98	13	5	26	9.936 57	2.321 21	8.565 06			
29	2	28	44.850 39	0.773 81	9.160 29	14	5	30	6.488 46	2.264 34	8.555 06			
30	2	32	41.409 86	0.840 93	9.190 80	15	5	34	3.041 05	2.218 87	8.527 45			
31	2	36	37.966 13	0.855 63	9.229 76	16	5	37	59.595 31	2.200 74	8.485 30			
Nov.	1	2	40	34.518 80	0.811 58	9.263 55	17	5	41	56.152 04	2.223 01	8.434 05		
2	2	44	31.068 48	0.718 67	9.277 71	18	5	45	52.711 74	2.293 75	8.381 27			
3	2	48	27.616 82	0.603 74	9.261 35	19	5	49	49.274 45	2.413 75	8.335 86			
4	2	52	24.166 12	0.504 49	9.211 72	20	5	53	45.839 66	2.574 65	8.306 67			
5	2	56	20.718 57	0.456 74	9.136 32	21	5	57	42.406 28	2.758 59	8.300 55			
6	3	0	17.275 41	0.480 74	9.050 78	22	6	1	38.972 77	2.940 49	8.320 16			
7	3	4	13.836 47	0.573 80	8.972 96	23	6	5	35.537 48	3.093 31	8.362 43			
8	3	8	10.400 38	0.713 41	8.916 67	24	6	9	32.099 08	3.195 11	8.418 50			
9	3	12	6.965 17	0.867 59	8.888 03	25	6	13	28.656 93	3.235 77	8.475 46			
10	3	16	3.529 01	1.006 01	8.885 49	26	6	17	25.211 37	3.220 66	8.519 62			
11	3	20	0.090 55	1.107 00	8.902 27	27	6	21	21.763 64	3.169 97	8.540 15			
12	3	23	56.649 14	1.159 66	8.929 22	28	6	25	18.315 56	3.113 61	8.532 08			
13	3	27	53.204 70	1.162 91	8.957 06	29	6	29	14.869 08	3.083 44	8.497 78			
14	3	31	49.757 64	1.123 16	8.977 73	30	6	33	11.425 75	3.104 72	8.446 38			
15	3	35	46.308 65	1.052 05	8.985 08	31	6	37	7.986 30	3.189 30	8.391 40			
16	3	39	42.858 67	0.964 64	8.975 21	32	6	41	4.550 42	3.332 47	8.347 14			
17	3	43	39.408 73	0.877 77	8.946 67	33	6	45	1.116 93	3.514 60	8.324 79			



## 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 2006 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	26	39.607 55	-4	34.609 09	Févr.	15	144	46	57.002 46	-4	41.967 95	
	1	100	25	47.811 79	-4	34.927 02		16	145	46	5.206 70	-4	41.987 20	
	2	101	24	56.016 03	-4	35.200 35		17	146	45	13.410 93	-4	42.001 04	
	3	102	24	4.220 26	-4	35.407 17		18	147	44	21.615 17	-4	42.025 77	
	4	103	23	12.424 50	-4	35.546 00		19	148	43	29.819 41	-4	42.077 07	
	5	104	22	20.628 74	-4	35.634 88		20	149	42	38.023 64	-4	42.167 95	
	6	105	21	28.832 97	-4	35.703 03		21	150	41	46.227 88	-4	42.306 53	
	7	106	20	37.037 21	-4	35.780 69		22	151	40	54.432 12	-4	42.493 66	
	8	107	19	45.241 45	-4	35.891 11		23	152	40	2.636 36	-4	42.720 55	
	9	108	18	53.445 69	-4	36.046 65		24	153	39	10.840 59	-4	42.967 59	
	10	109	18	1.649 92	-4	36.248 19		25	154	38	19.044 83	-4	43.205 87	
	11	110	17	9.854 16	-4	36.486 99		26	155	37	27.249 07	-4	43.403 38	
	12	111	16	18.058 40	-4	36.747 70		27	156	36	35.453 30	-4	43.535 90	
	13	112	15	26.262 63	-4	37.011 93		28	157	35	43.657 54	-4	43.598 38	
	14	113	14	34.466 87	-4	37.261 68		Mars	1	158	34	51.861 78	-4	43.609 30
	15	114	13	42.671 11	-4	37.482 37			2	159	34	0.066 02	-4	43.603 73
	16	115	12	50.875 35	-4	37.664 76			3	160	33	8.270 25	-4	43.618 52
	17	116	11	59.079 58	-4	37.805 94			4	161	32	16.474 49	-4	43.678 76
	18	117	11	7.283 82	-4	37.909 17			5	162	31	24.678 73	-4	43.792 25
19	118	10	15.488 06	-4	37.983 02	6	163		30	32.882 96	-4	43.951 74		
20	119	9	23.692 29	-4	38.040 18	7	164		29	41.087 20	-4	44.140 92		
21	120	8	31.896 53	-4	38.096 02	8	165		28	49.291 44	-4	44.340 22		
22	121	7	40.100 77	-4	38.167 17	9	166		27	57.495 68	-4	44.531 02		
23	122	6	48.305 01	-4	38.269 81	10	167		27	5.699 91	-4	44.698 10		
24	123	5	56.509 24	-4	38.417 49	11	168		26	13.904 15	-4	44.830 88		
25	124	5	4.713 48	-4	38.617 96	12	169		25	22.108 39	-4	44.924 09		
26	125	4	12.917 72	-4	38.869 45	13	170		24	30.312 62	-4	44.978 03		
27	126	3	21.121 95	-4	39.157 33	14	171		23	38.516 86	-4	44.998 48		
28	127	2	29.326 19	-4	39.453 73	15	172		22	46.721 10	-4	44.996 12		
29	128	1	37.530 43	-4	39.722 98	16	173		21	54.925 34	-4	44.985 40		
30	129	0	45.734 66	-4	39.933 23	17	174		21	3.129 57	-4	44.982 73		
31	129	59	53.938 90	-4	40.069 85	18	175		20	11.333 81	-4	45.004 28		
Févr.	1	130	59	2.143 14	-4	40.142 10	19		176	19	19.538 05	-4	45.063 49	
	2	131	58	10.347 38	-4	40.178 64	20	177	18	27.742 28	-4	45.168 79		
	3	132	57	18.551 61	-4	40.214 80	21	178	17	35.946 52	-4	45.321 55		
	4	133	56	26.755 85	-4	40.279 88	22	179	16	44.150 76	-4	45.514 71		
	5	134	55	34.960 09	-4	40.390 03	23	180	15	52.354 99	-4	45.732 38		
	6	135	54	43.164 32	-4	40.547 56	24	181	15	0.559 23	-4	45.951 08		
	7	136	53	51.368 56	-4	40.743 97	25	182	14	8.763 47	-4	46.143 48		
	8	137	52	59.572 80	-4	40.964 14	26	183	13	16.967 71	-4	46.285 15		
	9	138	52	7.777 04	-4	41.190 22	27	184	12	25.171 94	-4	46.363 29		
	10	139	51	15.981 27	-4	41.404 79	28	185	11	33.376 18	-4	46.384 04		
	11	140	50	24.185 51	-4	41.593 18	29	186	10	41.580 42	-4	46.373 12		
	12	141	49	32.389 75	-4	41.745 25	30	187	9	49.784 65	-4	46.367 32		
	13	142	48	40.593 98	-4	41.856 46	31	188	8	57.988 89	-4	46.400 11		
	14	143	47	48.798 22	-4	41.928 31	Avril	1	189	8	6.193 13	-4	46.489 75	

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2006 à 0h TU

### ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE, ÉQUATION DES ORIGINES

Date	angle de rotation de la Terre			équation des origines		Date	angle de rotation de la Terre			équation des origines				
	°	'	"	'	"		°	'	"	'	"			
<b>Avril</b>	2	190	7	14.397 37	-4	46.635 64	<b>Mai</b>	18	235	27	31.792 27	-4	52.750 73	
	3	191	6	22.601 60	-4	46.822 65		19	236	26	39.996 51	-4	52.967 22	
	4	192	5	30.805 84	-4	47.028 85		20	237	25	48.200 75	-4	53.129 06	
	5	193	4	39.010 08	-4	47.232 25		21	238	24	56.404 98	-4	53.235 08	
	6	194	3	47.214 31	-4	47.414 95		22	239	24	4.609 22	-4	53.298 97	
	7	195	2	55.418 55	-4	47.564 76		23	240	23	12.813 46	-4	53.346 35	
	8	196	2	3.622 79	-4	47.675 53		24	241	22	21.017 70	-4	53.408 03	
	9	197	1	11.827 03	-4	47.746 82		25	242	21	29.221 93	-4	53.511 05	
	10	198	0	20.031 26	-4	47.783 47		26	243	20	37.426 17	-4	53.670 76	
	11	198	59	28.235 50	-4	47.795 09		27	244	19	45.630 41	-4	53.886 69	
	12	199	58	36.439 74	-4	47.795 24		28	245	18	53.834 64	-4	54.144 13	
	13	200	57	44.643 97	-4	47.800 13		29	246	18	2.038 88	-4	54.419 86	
	14	201	56	52.848 21	-4	47.826 61		30	247	17	10.243 12	-4	54.689 43	
	15	202	56	1.052 45	-4	47.889 56		31	248	16	18.447 36	-4	54.932 88	
	16	203	55	9.256 69	-4	47.998 99		<b>Juin</b>	1	249	15	26.651 59	-4	55.137 75
	17	204	54	17.460 92	-4	48.157 53		2	250	14	34.855 83	-4	55.299 58	
18	205	53	25.665 16	-4	48.358 85	3	251	13	43.060 07	-4	55.420 85			
19	206	52	33.869 40	-4	48.587 76	4	252	12	51.264 30	-4	55.509 55			
20	207	51	42.073 63	-4	48.822 16	5	253	11	59.468 54	-4	55.577 67			
21	208	50	50.277 87	-4	49.036 86	6	254	11	7.672 78	-4	55.640 01			
22	209	49	58.482 11	-4	49.209 14	7	255	10	15.877 02	-4	55.712 99			
23	210	49	6.686 35	-4	49.325 14	8	256	9	24.081 25	-4	55.813 05			
24	211	48	14.890 58	-4	49.385 36	9	257	8	32.285 49	-4	55.954 41			
25	212	47	23.094 82	-4	49.406 95	10	258	7	40.489 73	-4	56.146 10			
26	213	46	31.299 06	-4	49.420 14	11	259	6	48.693 96	-4	56.388 56			
27	214	45	39.503 29	-4	49.458 86	12	260	5	56.898 20	-4	56.671 20			
28	215	44	47.707 53	-4	49.548 97	13	261	5	5.102 44	-4	56.972 57			
29	216	43	55.911 77	-4	49.699 83	14	262	4	13.306 68	-4	57.264 31			
30	217	43	4.116 01	-4	49.903 12	15	263	3	21.510 91	-4	57.518 56			
<b>Mai</b>	1	218	42	12.320 24	-4	50.138 31	16	264	2	29.715 15	-4	57.716 38		
2	219	41	20.524 48	-4	50.380 69	17	265	1	37.919 39	-4	57.853 85			
3	220	40	28.728 72	-4	50.608 12	18	266	0	46.123 62	-4	57.943 27			
4	221	39	36.932 95	-4	50.804 75	19	266	59	54.327 86	-4	58.009 33			
5	222	38	45.137 19	-4	50.962 04	20	267	59	2.532 10	-4	58.081 84			
6	223	37	53.341 43	-4	51.078 25	21	268	58	10.736 34	-4	58.187 58			
7	224	37	1.545 67	-4	51.157 42	22	269	57	18.940 57	-4	58.343 59			
8	225	36	9.749 90	-4	51.208 39	23	270	56	27.144 81	-4	58.553 56			
9	226	35	17.954 14	-4	51.243 82	24	271	55	35.349 05	-4	58.807 98			
10	227	34	26.158 38	-4	51.279 25	25	272	54	43.553 28	-4	59.087 67			
11	228	33	34.362 61	-4	51.331 61	26	273	53	51.757 52	-4	59.369 39			
12	229	32	42.566 85	-4	51.417 07	27	274	52	59.961 76	-4	59.631 48			
13	230	31	50.771 09	-4	51.548 11	28	275	52	8.166 00	-4	59.858 13			
14	231	30	58.975 32	-4	51.730 27	29	276	51	16.370 23	-5	0.041 39			
15	232	30	7.179 56	-4	51.959 59	30	277	50	24.574 47	-5	0.181 13			
16	233	29	15.383 80	-4	52.221 83	<b>Juill.</b>	1	278	49	32.778 71	-5	0.283 76		
17	234	28	23.588 04	-4	52.494 35	2	279	48	40.982 94	-5	0.360 48			

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2006 à 0h TU

### ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE, ÉQUATION DES ORIGINES

Date	angle de rotation de la Terre			équation des origines		Date	angle de rotation de la Terre			équation des origines	
	°	'	"	'	"		°	'	"	'	"
<b>Juill.</b>	3	280	47	49.187 18	-5 0.425 53	<b>Août</b>	18	326	8	6.582 09	-5 7.504 49
	4	281	46	57.391 42	-5 0.494 76		19	327	7	14.786 33	-5 7.731 37
	5	282	46	5.595 65	-5 0.584 19		20	328	6	22.990 56	-5 7.947 56
	6	283	45	13.799 89	-5 0.708 44		21	329	5	31.194 80	-5 8.136 01
	7	284	44	22.004 13	-5 0.878 53		22	330	4	39.399 04	-5 8.285 37
	8	285	43	30.208 37	-5 1.099 06		23	331	3	47.603 27	-5 8.391 08
	9	286	42	38.412 60	-5 1.365 13		24	332	2	55.807 51	-5 8.455 40
	10	287	41	46.616 84	-5 1.660 33		25	333	2	4.011 75	-5 8.486 56
	11	288	40	54.821 08	-5 1.957 94		26	334	1	12.215 98	-5 8.497 21
	12	289	40	3.025 31	-5 2.226 71		27	335	0	20.420 22	-5 8.502 52
	13	290	39	11.229 55	-5 2.440 59		28	335	59	28.624 46	-5 8.518 21
	14	291	38	19.433 79	-5 2.588 41		29	336	58	36.828 70	-5 8.558 71
	15	292	37	27.638 03	-5 2.678 46		30	337	57	45.032 93	-5 8.635 48
	16	293	36	35.842 26	-5 2.735 31		31	338	56	53.237 17	-5 8.755 57
	17	294	35	44.046 50	-5 2.790 86		<b>Sept.</b> 1	339	56	1.441 41	-5 8.920 03
	18	295	34	52.250 74	-5 2.874 13		2	340	55	9.645 64	-5 9.122 47
	19	296	34	0.454 97	-5 3.003 85		3	341	54	17.849 88	-5 9.347 97
20	297	33	8.659 21	-5 3.185 34	4	342	53	26.054 12	-5 9.573 46		
21	298	32	16.863 45	-5 3.411 32	5	343	52	34.258 36	-5 9.771 01		
22	299	31	25.067 69	-5 3.665 29	6	344	51	42.462 59	-5 9.915 20		
23	300	30	33.271 92	-5 3.926 13	7	345	50	50.666 83	-5 9.993 26		
24	301	29	41.476 16	-5 4.172 80	8	346	49	58.871 07	-5 10.013 29		
25	302	28	49.680 40	-5 4.388 28	9	347	49	7.075 30	-5 10.004 00		
26	303	27	57.884 63	-5 4.562 15	10	348	48	15.279 54	-5 10.003 99		
27	304	27	6.088 87	-5 4.691 54	11	349	47	23.483 78	-5 10.046 12		
28	305	26	14.293 11	-5 4.780 67	12	350	46	31.688 02	-5 10.146 24		
29	306	25	22.497 35	-5 4.839 40	13	351	45	39.892 25	-5 10.301 21		
30	307	24	30.701 58	-5 4.881 35	14	352	44	48.096 49	-5 10.494 19		
31	308	23	38.905 82	-5 4.922 01	15	353	43	56.300 73	-5 10.702 39		
<b>Août</b> 1	309	22	47.110 06	-5 4.977 08	16	354	43	4.504 96	-5 10.903 36		
2	310	21	55.314 29	-5 5.060 95	17	355	42	12.709 20	-5 11.078 97		
3	311	21	3.518 53	-5 5.185 03	18	356	41	20.913 44	-5 11.217 25		
4	312	20	11.722 77	-5 5.355 92	19	357	40	29.117 68	-5 11.312 93		
5	313	19	19.927 01	-5 5.573 00	20	358	39	37.321 91	-5 11.367 18		
6	314	18	28.131 24	-5 5.826 11	21	359	38	45.526 15	-5 11.386 95		
7	315	17	36.335 48	-5 6.094 57	22	0	37	53.730 39	-5 11.383 82		
8	316	16	44.539 72	-5 6.349 33	23	1	37	1.934 62	-5 11.372 41		
9	317	15	52.743 95	-5 6.560 04	24	2	36	10.138 86	-5 11.368 55		
10	318	15	0.948 19	-5 6.705 75	25	3	35	18.343 10	-5 11.387 17		
11	319	14	9.152 43	-5 6.784 76	26	4	34	26.547 34	-5 11.440 34		
12	320	13	17.356 67	-5 6.816 86	27	5	33	34.751 57	-5 11.535 56		
13	321	12	25.560 90	-5 6.835 86	28	6	32	42.955 81	-5 11.674 42		
14	322	11	33.765 14	-5 6.876 32	29	7	31	51.160 05	-5 11.851 72		
15	323	10	41.969 38	-5 6.962 11	30	8	30	59.364 28	-5 12.055 17		
16	324	9	50.173 61	-5 7.101 33	<b>Oct.</b> 1	9	30	7.568 52	-5 12.265 93		
17	325	8	58.377 85	-5 7.287 56	2	10	29	15.772 76	-5 12.460 64		

## ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE 2006 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	28	23.977 00	-5	12.615 76	Nov.	18	56	48	41.371 90	-5	18.026 06
	4	12	27	32.181 23	-5	12.714 43		19	57	47	49.576 14	-5	18.119 31
	5	13	26	40.385 47	-5	12.754 35		20	58	46	57.780 38	-5	18.253 66
	6	14	25	48.589 71	-5	12.752 73		21	59	46	5.984 61	-5	18.434 00
	7	15	24	56.793 94	-5	12.743 35		22	60	45	14.188 85	-5	18.657 73
	8	16	24	4.998 18	-5	12.764 51		23	61	44	22.393 09	-5	18.914 02
	9	17	23	13.202 42	-5	12.843 54		24	62	43	30.597 33	-5	19.184 91
	10	18	22	21.406 66	-5	12.987 13		25	63	42	38.801 56	-5	19.448 21
	11	19	21	29.610 89	-5	13.182 07		26	64	41	47.005 80	-5	19.682 03
	12	20	20	37.815 13	-5	13.403 58		27	65	40	55.210 04	-5	19.869 85
	13	21	19	46.019 37	-5	13.624 94		28	66	40	3.414 27	-5	20.005 16
	14	22	18	54.223 60	-5	13.824 17		29	67	39	11.618 51	-5	20.094 45
15	23	18	2.427 84	-5	13.986 89	30	68	38	19.822 75	-5	20.157 34		
16	24	17	10.632 08	-5	14.106 69	Déc.	1	69	37	28.026 99	-5	20.222 86	
17	25	16	18.836 31	-5	14.184 19		2	70	36	36.231 22	-5	20.321 96	
18	26	15	27.040 55	-5	14.225 76		3	71	35	44.435 46	-5	20.477 90	
19	27	14	35.244 79	-5	14.242 26		4	72	34	52.639 70	-5	20.698 09	
20	28	13	43.449 03	-5	14.247 74		5	73	34	0.843 93	-5	20.971 55	
21	29	12	51.653 26	-5	14.257 87		6	74	33	9.048 17	-5	21.273 32	
22	30	11	59.857 50	-5	14.288 16		7	75	32	17.252 41	-5	21.573 50	
23	31	11	8.061 74	-5	14.351 81	8	76	31	25.456 64	-5	21.846 26		
24	32	10	16.265 97	-5	14.457 64	9	77	30	33.660 88	-5	22.075 44		
25	33	9	24.470 21	-5	14.608 31	10	78	29	41.865 12	-5	22.255 72		
26	34	8	32.674 45	-5	14.799 26	11	79	28	50.069 36	-5	22.390 96		
27	35	7	40.878 69	-5	15.018 76	12	80	27	58.273 59	-5	22.491 34		
28	36	6	49.082 92	-5	15.249 03	13	81	27	6.477 83	-5	22.570 78		
29	37	5	57.287 16	-5	15.468 72	14	82	26	14.682 07	-5	22.644 89		
30	38	5	5.491 40	-5	15.656 55	15	83	25	22.886 30	-5	22.729 46		
31	39	4	13.695 63	-5	15.796 28	16	84	24	31.090 54	-5	22.839 13		
Nov.	1	40	3	21.899 87	-5	15.882 10	17	85	23	39.294 78	-5	22.985 87	
	2	41	2	30.104 11	-5	15.923 10	18	86	22	47.499 02	-5	23.177 08	
	3	42	1	38.308 35	-5	15.943 94	19	87	21	55.703 25	-5	23.413 49	
	4	43	0	46.512 58	-5	15.979 17	20	88	21	3.907 49	-5	23.687 41	
	5	43	59	54.716 82	-5	16.061 69	21	89	20	12.111 73	-5	23.982 45	
	6	44	59	2.921 06	-5	16.210 03	22	90	19	20.315 96	-5	24.275 61	
	7	45	58	11.125 29	-5	16.421 73	23	91	18	28.520 20	-5	24.542 07	
	8	46	57	19.329 53	-5	16.676 12	24	92	17	36.724 44	-5	24.761 70	
	9	47	56	27.533 77	-5	16.943 85	25	93	16	44.928 68	-5	24.925 24	
	10	48	55	35.738 01	-5	17.197 11	26	94	15	53.132 91	-5	25.037 63	
	11	49	54	43.942 24	-5	17.416 00	27	95	15	1.337 15	-5	25.117 38	
	12	50	53	52.146 48	-5	17.590 56	28	96	14	9.541 39	-5	25.191 96	
13	51	53	0.350 72	-5	17.719 79	29	97	13	17.745 62	-5	25.290 58		
14	52	52	8.554 95	-5	17.809 57	30	98	12	25.949 86	-5	25.436 42		
15	53	51	16.759 19	-5	17.870 60	31	99	11	34.154 10	-5	25.640 34		
16	54	50	24.963 43	-5	17.916 66	32	100	10	42.358 34	-5	25.898 01		
17	55	49	33.167 67	-5	17.963 25	33	101	9	50.562 57	-5	26.191 40		



## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE

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

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2006 à 0h TT

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

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s		
"	"	"	"	"	"	"	"		
<b>Janv.</b>	0	119.316 28	8.254 62	-0.002 51	<b>Févr.</b>	15	122.514 18	9.284 23	-0.002 74
	1	119.454 31	8.293 07	-0.002 52		16	122.522 70	9.317 59	-0.002 75
	2	119.573 05	8.357 04	-0.002 53		17	122.528 84	9.331 74	-0.002 76
	3	119.662 97	8.431 58	-0.002 55		18	122.539 68	9.326 81	-0.002 76
	4	119.723 40	8.498 89	-0.002 57		19	122.562 00	9.305 82	-0.002 75
	5	119.762 13	8.544 46	-0.002 58		20	122.601 47	9.274 60	-0.002 74
	6	119.791 83	8.561 22	-0.002 59		21	122.661 62	9.241 44	-0.002 73
	7	119.825 61	8.550 33	-0.002 58		22	122.742 83	9.216 30	-0.002 72
	8	119.873 55	8.519 33	-0.002 57		23	122.841 32	9.209 35	-0.002 71
	9	119.941 05	8.479 26	-0.002 56		24	122.948 58	9.228 63	-0.002 72
	10	120.028 49	8.441 66	-0.002 55		25	123.052 09	9.276 96	-0.002 73
	11	120.132 11	8.416 39	-0.002 54		26	123.137 97	9.349 06	-0.002 75
	12	120.245 27	8.410 07	-0.002 53		27	123.195 69	9.430 96	-0.002 77
	13	120.359 98	8.425 40	-0.002 54		28	123.223 03	9.503 45	-0.002 79
14	120.468 45	8.461 20	-0.002 54	<b>Mars</b>	1	123.227 96	9.549 16	-0.002 81	
15	120.564 34	8.512 98	-0.002 56	2	123.225 68	9.559 61	-0.002 81		
16	120.643 64	8.574 05	-0.002 57	3	123.232 18	9.537 89	-0.002 80		
17	120.705 07	8.636 74	-0.002 59	4	123.258 35	9.495 87	-0.002 79		
18	120.750 04	8.693 55	-0.002 61	5	123.307 60	9.448 66	-0.002 78		
19	120.782 26	8.738 16	-0.002 62	6	123.376 81	9.409 60	-0.002 76		
20	120.807 21	8.766 08	-0.002 63	7	123.458 92	9.387 64	-0.002 75		
21	120.831 55	8.775 14	-0.002 63	8	123.545 46	9.386 77	-0.002 75		
22	120.862 50	8.765 86	-0.002 63	9	123.628 35	9.406 69	-0.002 76		
23	120.907 09	8.741 72	-0.002 62	10	123.700 98	9.443 79	-0.002 76		
24	120.971 18	8.709 32	-0.002 61	11	123.758 75	9.492 29	-0.002 78		
25	121.058 17	8.678 23	-0.002 60	12	123.799 38	9.545 07	-0.002 79		
26	121.167 30	8.659 99	-0.002 59	13	123.822 97	9.594 62	-0.002 81		
27	121.292 24	8.665 75	-0.002 59	14	123.832 02	9.633 92	-0.002 82		
28	121.420 94	8.702 57	-0.002 59	15	123.831 16	9.657 34	-0.002 83		
29	121.537 90	8.769 35	-0.002 61	16	123.826 64	9.661 43	-0.002 83		
30	121.629 33	8.855 04	-0.002 64	17	123.825 58	9.645 61	-0.002 82		
31	121.688 83	8.941 31	-0.002 66	18	123.834 99	9.612 37	-0.002 81		
<b>Févr.</b>	1	121.720 39	9.009 30	-0.002 68	19	123.860 71	9.567 24	-0.002 80	
	2	121.736 41	9.046 86	-0.002 69	20	123.906 41	9.518 19	-0.002 78	
	3	121.752 22	9.052 12	-0.002 69	21	123.972 70	9.474 64	-0.002 77	
	4	121.780 52	9.032 21	-0.002 68	22	124.056 52	9.446 03	-0.002 76	
	5	121.828 35	8.999 30	-0.002 67	23	124.151 02	9.440 06	-0.002 75	
	6	121.896 71	8.966 27	-0.002 66	24	124.246 00	9.460 49	-0.002 76	
	7	121.981 96	8.943 87	-0.002 65	25	124.329 62	9.505 10	-0.002 77	
	8	122.077 53	8.939 16	-0.002 65	26	124.391 27	9.564 53	-0.002 78	
	9	122.175 71	8.955 26	-0.002 65	27	124.425 38	9.623 29	-0.002 80	
	10	122.268 92	8.991 51	-0.002 66	28	124.434 57	9.663 82	-0.002 81	
	11	122.350 81	9.044 16	-0.002 68	29	124.429 98	9.672 77	-0.002 82	
	12	122.416 97	9.107 13	-0.002 69	30	124.427 54	9.646 49	-0.002 81	
	13	122.465 42	9.173 07	-0.002 71	31	124.441 79	9.592 37	-0.002 79	
	14	122.496 79	9.234 37	-0.002 73	<b>Avril</b>	1	124.480 67	9.525 13	-0.002 77

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2006 à 0h TT

## COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s			
"	"	"	"	"	"	"	"			
<b>Avril</b>	2	124.543 95	9.460 85	-0.002 75	<b>Mai</b>	18	127.200 00	8.707 10	-0.002 46	
	3	124.625 08	9.411 93	-0.002 73		19	127.294 06	8.743 34	-0.002 47	
	4	124.714 56	9.384 93	-0.002 72		20	127.364 43	8.786 54	-0.002 48	
	5	124.802 88	9.380 74	-0.002 72		21	127.410 59	8.822 39	-0.002 49	
	6	124.882 25	9.396 03	-0.002 72		22	127.438 45	8.837 78	-0.002 50	
	7	124.947 38	9.424 87	-0.002 73		23	127.459 10	8.824 55	-0.002 49	
	8	124.995 60	9.460 00	-0.002 74		24	127.485 89	8.782 01	-0.002 48	
	9	125.026 69	9.493 86	-0.002 75		25	127.530 58	8.717 33	-0.002 46	
	10	125.042 75	9.519 29	-0.002 76		26	127.599 82	8.643 42	-0.002 43	
	11	125.047 94	9.530 31	-0.002 76		27	127.693 46	8.574 93	-0.002 41	
	12	125.048 12	9.522 80	-0.002 76		28	127.805 12	8.523 98	-0.002 39	
	13	125.050 32	9.495 21	-0.002 75		29	127.924 76	8.497 31	-0.002 38	
	14	125.061 85	9.449 16	-0.002 73		30	128.041 77	8.495 50	-0.002 38	
	15	125.089 17	9.389 52	-0.002 72		31	128.147 49	8.514 15	-0.002 38	
	16	125.136 64	9.324 09	-0.002 70		<b>Juin</b>	1	128.236 50	8.545 83	-0.002 39
	17	125.205 40	9.262 45	-0.002 67		2	128.306 85	8.582 07	-0.002 40	
18	125.292 73	9.214 35	-0.002 66	3	128.359 62	8.614 74	-0.002 41			
19	125.392 07	9.187 69	-0.002 65	4	128.398 24	8.637 00	-0.002 41			
20	125.493 83	9.186 53	-0.002 64	5	128.427 91	8.643 81	-0.002 42			
21	125.587 09	9.209 52	-0.002 65	6	128.455 05	8.632 28	-0.002 41			
22	125.661 98	9.249 29	-0.002 66	7	128.486 77	8.602 05	-0.002 40			
23	125.712 48	9.293 18	-0.002 67	8	128.530 20	8.555 65	-0.002 39			
24	125.738 78	9.325 87	-0.002 68	9	128.591 52	8.498 76	-0.002 37			
25	125.748 28	9.333 62	-0.002 68	10	128.674 66	8.440 03	-0.002 35			
26	125.754 09	9.309 00	-0.002 68	11	128.779 82	8.390 03	-0.002 33			
27	125.770 91	9.253 90	-0.002 66	12	128.902 44	8.359 22	-0.002 32			
28	125.809 98	9.179 09	-0.002 64	13	129.033 22	8.355 01	-0.002 31			
29	125.875 38	9.100 18	-0.002 61	14	129.159 88	8.378 98	-0.002 32			
30	125.963 54	9.032 12	-0.002 59	15	129.270 33	8.425 45	-0.002 33			
<b>Mai</b>	1	126.065 57	8.985 04	-0.002 57	16	129.356 33	8.482 46	-0.002 35		
2	126.170 76	8.962 62	-0.002 56	17	129.416 15	8.534 90	-0.002 36			
3	126.269 50	8.962 92	-0.002 56	18	129.455 11	8.568 93	-0.002 37			
4	126.354 92	8.980 20	-0.002 56	19	129.483 89	8.575 79	-0.002 37			
5	126.423 29	9.006 86	-0.002 57	20	129.515 41	8.553 97	-0.002 37			
6	126.473 85	9.034 87	-0.002 58	21	129.561 30	8.509 25	-0.002 35			
7	126.508 35	9.056 76	-0.002 58	22	129.628 97	8.452 76	-0.002 33			
8	126.530 59	9.066 21	-0.002 59	23	129.720 04	8.397 90	-0.002 31			
9	126.546 07	9.058 63	-0.002 58	24	129.830 40	8.356 80	-0.002 30			
10	126.561 51	9.031 68	-0.002 57	25	129.951 77	8.337 68	-0.002 29			
11	126.584 27	8.985 87	-0.002 56	26	130.074 05	8.343 33	-0.002 29			
12	126.621 35	8.924 94	-0.002 54	27	130.187 86	8.371 32	-0.002 30			
13	126.678 17	8.855 91	-0.002 52	28	130.286 34	8.415 33	-0.002 31			
14	126.757 17	8.788 34	-0.002 50	29	130.366 01	8.466 99	-0.002 32			
15	126.856 63	8.732 71	-0.002 48	30	130.426 81	8.517 70	-0.002 34			
16	126.970 40	8.698 11	-0.002 46	<b>Juill.</b>	1	130.471 50	8.559 91	-0.002 35		
17	127.088 67	8.689 75	-0.002 46	2	130.504 93	8.587 94	-0.002 36			



## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2006 à 0h TT

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

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s		
"	"	"	"	"	"	"	"		
<b>Juill.</b>	3	130.533 28	8.598 39	-0.002 36	<b>Août</b>	18	133.608 97	9.072 28	-0.002 45
	4	130.563 41	8.590 31	-0.002 36		19	133.707 48	9.081 40	-0.002 45
	5	130.602 26	8.565 38	-0.002 35		20	133.801 39	9.112 84	-0.002 46
	6	130.656 19	8.528 06	-0.002 34		21	133.883 31	9.162 33	-0.002 47
	7	130.729 98	8.485 58	-0.002 32		22	133.948 30	9.222 96	-0.002 49
	8	130.825 66	8.447 48	-0.002 31		23	133.994 37	9.286 54	-0.002 51
	9	130.941 10	8.424 42	-0.002 30		24	134.022 48	9.344 95	-0.002 53
	10	131.069 21	8.425 71	-0.002 29		25	134.036 19	9.391 28	-0.002 54
	11	131.198 42	8.456 18	-0.002 30		26	134.040 98	9.420 72	-0.002 55
	12	131.315 18	8.513 30	-0.002 32		27	134.043 42	9.431 10	-0.002 55
	13	131.408 17	8.586 46	-0.002 34		28	134.050 33	9.423 01	-0.002 55
	14	131.472 51	8.659 59	-0.002 36		29	134.067 97	9.399 69	-0.002 54
	15	131.511 78	8.716 35	-0.002 38		30	134.101 32	9.366 72	-0.002 53
	16	131.536 60	8.745 53	-0.002 39		31	134.153 45	9.331 53	-0.002 52
	17	131.560 80	8.744 22	-0.002 39		<b>Sept.</b> 1	134.224 82	9.302 75	-0.002 51
	18	131.596 98	8.717 75	-0.002 38		2	134.312 69	9.289 17	-0.002 50
	19	131.653 27	8.677 15	-0.002 36		3	134.410 60	9.298 21	-0.002 50
20	131.732 01	8.635 60	-0.002 35	4	134.508 55	9.333 65	-0.002 51		
21	131.830 06	8.605 19	-0.002 34	5	134.594 43	9.393 21	-0.002 53		
22	131.940 28	8.594 46	-0.002 33	6	134.657 20	9.466 95	-0.002 55		
23	132.053 52	8.607 24	-0.002 33	7	134.691 30	9.538 36	-0.002 57		
24	132.160 65	8.642 52	-0.002 34	8	134.700 20	9.589 14	-0.002 59		
25	132.254 30	8.695 29	-0.002 36	9	134.696 33	9.606 41	-0.002 60		
26	132.329 92	8.757 94	-0.002 37	10	134.696 41	9.588 12	-0.002 59		
27	132.386 25	8.821 89	-0.002 39	11	134.714 72	9.543 47	-0.002 58		
28	132.425 12	8.879 09	-0.002 41	12	134.758 15	9.488 27	-0.002 56		
29	132.450 78	8.923 17	-0.002 42	13	134.825 38	9.438 61	-0.002 54		
30	132.469 13	8.950 02	-0.002 43	14	134.909 12	9.406 29	-0.002 53		
31	132.486 89	8.958 17	-0.002 43	15	134.999 50	9.397 10	-0.002 52		
<b>Août</b> 1	132.510 88	8.948 74	-0.002 43	16	135.086 79	9.411 17	-0.002 52		
2	132.547 32	8.925 45	-0.002 42	17	135.163 11	9.444 39	-0.002 53		
3	132.601 18	8.894 42	-0.002 41	18	135.223 28	9.490 00	-0.002 55		
4	132.675 34	8.863 89	-0.002 40	19	135.264 98	9.539 98	-0.002 56		
5	132.769 54	8.843 50	-0.002 39	20	135.288 71	9.586 28	-0.002 58		
6	132.879 40	8.842 83	-0.002 39	21	135.297 47	9.621 75	-0.002 59		
7	132.995 96	8.868 95	-0.002 39	22	135.296 26	9.641 08	-0.002 59		
8	133.106 64	8.923 36	-0.002 41	23	135.291 44	9.641 34	-0.002 59		
9	133.198 26	8.999 52	-0.002 43	24	135.289 86	9.622 41	-0.002 59		
10	133.261 71	9.082 99	-0.002 46	25	135.297 99	9.587 00	-0.002 58		
11	133.296 21	9.155 42	-0.002 48	26	135.321 09	9.540 35	-0.002 56		
12	133.310 33	9.201 23	-0.002 50	27	135.362 41	9.489 63	-0.002 54		
13	133.318 71	9.213 44	-0.002 50	28	135.422 66	9.443 11	-0.002 53		
14	133.336 34	9.195 51	-0.002 49	29	135.499 59	9.409 07	-0.002 51		
15	133.373 59	9.158 80	-0.002 48	30	135.587 91	9.394 53	-0.002 51		
16	133.434 00	9.117 83	-0.002 47	<b>Oct.</b> 1	135.679 43	9.403 73	-0.002 51		
17	133.514 81	9.085 88	-0.002 45	2	135.764 03	9.436 41	-0.002 52		

## SYSTÈME CÉLESTE INTERMÉDIAIRE 2006 à 0h TT

## COORDONNÉES DU CIP X et Y, ANGLE s

Date	X	Y	s	Date	X	Y	s
	"	"	"		"	"	"
Oct. 3	135.831 51	9.486 35	-0.002 53	Nov. 18	138.181 99	8.785 51	-0.002 25
4	135.874 52	9.541 19	-0.002 55	19	138.222 44	8.725 74	-0.002 23
5	135.892 03	9.584 39	-0.002 56	20	138.280 69	8.658 67	-0.002 20
6	135.891 48	9.600 26	-0.002 57	21	138.358 90	8.592 55	-0.002 18
7	135.887 51	9.580 29	-0.002 56	22	138.455 93	8.536 36	-0.002 16
8	135.896 71	9.527 40	-0.002 54	23	138.567 11	8.498 11	-0.002 14
9	135.930 97	9.454 98	-0.002 52	24	138.684 66	8.483 04	-0.002 14
10	135.993 22	9.381 10	-0.002 49	25	138.798 97	8.492 02	-0.002 14
11	136.077 76	9.321 61	-0.002 47	26	138.900 53	8.520 78	-0.002 14
12	136.173 87	9.285 81	-0.002 46	27	138.982 17	8.560 22	-0.002 16
13	136.269 97	9.275 71	-0.002 45	28	139.041 03	8.597 89	-0.002 17
14	136.356 50	9.287 60	-0.002 45	29	139.079 92	8.620 64	-0.002 17
15	136.427 23	9.314 42	-0.002 46	30	139.107 31	8.617 93	-0.002 17
16	136.479 37	9.347 73	-0.002 47	Déc. 1	139.135 78	8.585 18	-0.002 16
17	136.513 16	9.379 17	-0.002 48	2	139.178 77	8.525 83	-0.002 14
18	136.531 35	9.401 41	-0.002 49	3	139.246 37	8.451 12	-0.002 11
19	136.538 64	9.408 76	-0.002 49	4	139.341 83	8.376 92	-0.002 09
20	136.541 12	9.397 74	-0.002 49	5	139.460 42	8.318 61	-0.002 06
21	136.545 59	9.367 48	-0.002 48	6	139.591 33	8.286 32	-0.002 05
22	136.558 77	9.319 92	-0.002 46	7	139.721 60	8.282 53	-0.002 05
23	136.586 38	9.259 76	-0.002 44	8	139.840 03	8.302 75	-0.002 05
24	136.632 28	9.193 97	-0.002 42	9	139.939 60	8.338 14	-0.002 06
25	136.697 62	9.130 90	-0.002 39	10	140.017 97	8.378 46	-0.002 07
26	136.780 45	9.079 03	-0.002 38	11	140.076 80	8.414 39	-0.002 08
27	136.875 69	9.045 54	-0.002 36	12	140.120 49	8.438 74	-0.002 09
28	136.975 64	9.034 74	-0.002 36	13	140.155 08	8.446 88	-0.002 09
29	137.071 04	9.046 91	-0.002 36	14	140.187 32	8.436 83	-0.002 09
30	137.152 67	9.077 30	-0.002 37	15	140.224 06	8.409 16	-0.002 08
31	137.213 45	9.116 16	-0.002 38	16	140.271 66	8.366 93	-0.002 06
Nov. 1	137.250 85	9.149 89	-0.002 39	17	140.335 31	8.315 59	-0.002 05
2	137.268 79	9.164 03	-0.002 39	18	140.418 24	8.262 68	-0.002 03
3	137.277 92	9.147 66	-0.002 39	19	140.520 78	8.217 10	-0.002 01
4	137.293 24	9.098 00	-0.002 37	20	140.639 62	8.187 72	-0.002 00
5	137.329 00	9.022 55	-0.002 34	21	140.767 65	8.181 40	-0.001 99
6	137.393 30	8.936 90	-0.002 32	22	140.894 92	8.200 81	-0.002 00
7	137.485 07	8.858 94	-0.002 29	23	141.010 65	8.242 90	-0.002 01
8	137.595 40	8.802 49	-0.002 27	24	141.106 11	8.298 82	-0.002 02
9	137.711 56	8.773 66	-0.002 25	25	141.177 25	8.355 67	-0.002 04
10	137.821 50	8.770 95	-0.002 25	26	141.226 19	8.399 75	-0.002 06
11	137.916 57	8.787 59	-0.002 25	27	141.260 93	8.420 22	-0.002 06
12	137.992 44	8.814 42	-0.002 26	28	141.293 37	8.412 10	-0.002 06
13	138.048 65	8.842 17	-0.002 27	29	141.336 19	8.377 73	-0.002 05
14	138.087 74	8.862 78	-0.002 28	30	141.399 45	8.326 23	-0.002 03
15	138.114 35	8.870 09	-0.002 28	31	141.487 89	8.271 12	-0.002 01
16	138.134 43	8.860 19	-0.002 27	32	141.599 65	8.226 68	-0.001 99
17	138.154 71	8.831 61	-0.002 26	33	141.726 94	8.204 12	-0.001 98



## SOLEIL

<b>Longitude, latitude, rayon vecteur</b> .....	II. 22
<b>Ascension droite et déclinaison apparentes, temps de passage</b> <sup>(1)</sup> .....	II. 26
<b>Coordonnées rectangulaires (X, Y, Z)</b> .....	II. 30

(1) Temps de passage au méridien des éphémérides (*cf.* p. I. 169) dans l'échelle TT ou temps de passage au méridien de Greenwich dans l'échelle TU.

## SOLEIL 2006 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			
<b>Janv.</b>	0	279 19 24.54	+2.15	0.983 369 67	<b>Févr.</b>	15	326 4 31.25	+1.56	0.987 663 93	
	1	280 20 34.99	+2.15	0.983 353 75		16	327 5 5.99	+1.38	0.987 864 57	
	2	281 21 45.46	+2.20	0.983 341 38		17	328 5 39.40	+1.21	0.988 069 90	
	3	282 22 55.84	+2.27	0.983 332 70		18	329 6 11.49	+1.03	0.988 279 74	
	4	283 24 6.02	+2.36	0.983 327 90		19	330 6 42.27	+0.87	0.988 493 85	
	5	284 25 15.92	+2.47	0.983 327 27		20	331 7 11.75	+0.71	0.988 711 99	
	6	285 26 25.46	+2.59	0.983 331 15		21	332 7 39.94	+0.58	0.988 933 86	
	7	286 27 34.58	+2.71	0.983 339 86		22	333 8 6.82	+0.47	0.989 159 12	
	8	287 28 43.26	+2.83	0.983 353 73		23	334 8 32.39	+0.39	0.989 387 41	
	9	288 29 51.47	+2.93	0.983 373 05		24	335 8 56.60	+0.35	0.989 618 35	
	10	289 30 59.22	+3.01	0.983 398 09		25	336 9 19.43	+0.33	0.989 851 54	
	11	290 32 6.48	+3.07	0.983 429 04		26	337 9 40.80	+0.35	0.990 086 61	
	12	291 33 13.29	+3.09	0.983 466 08		27	338 10 0.63	+0.40	0.990 323 23	
	13	292 34 19.65	+3.09	0.983 509 31		28	339 10 18.83	+0.47	0.990 561 14	
	14	293 35 25.57	+3.07	0.983 558 78		<b>Mars</b>	1	340 10 35.29	+0.56	0.990 800 22
	15	294 36 31.08	+3.01	0.983 614 51			2	341 10 49.90	+0.65	0.991 040 45
	16	295 37 36.18	+2.92	0.983 676 45			3	342 11 2.59	+0.75	0.991 281 92
	17	296 38 40.89	+2.82	0.983 744 54			4	343 11 13.25	+0.82	0.991 524 81
	18	297 39 45.22	+2.69	0.983 818 64			5	344 11 21.85	+0.88	0.991 769 34
	19	298 40 49.17	+2.55	0.983 898 61			6	345 11 28.33	+0.92	0.992 015 74
	20	299 41 52.75	+2.40	0.983 984 28			7	346 11 32.68	+0.93	0.992 264 24
	21	300 42 55.94	+2.25	0.984 075 42			8	347 11 34.88	+0.91	0.992 515 06
	22	301 43 58.73	+2.10	0.984 171 81			9	348 11 34.94	+0.85	0.992 768 36
	23	302 45 1.11	+1.95	0.984 273 19			10	349 11 32.86	+0.77	0.993 024 31
24	303 46 3.05	+1.82	0.984 379 26	11	350 11 28.68		+0.66	0.993 283 01		
25	304 47 4.52	+1.71	0.984 489 72	12	351 11 22.39		+0.53	0.993 544 56		
26	305 48 5.46	+1.63	0.984 604 23	13	352 11 14.04		+0.38	0.993 809 00		
27	306 49 5.80	+1.57	0.984 722 48	14	353 11 3.66		+0.21	0.994 076 36		
28	307 50 5.48	+1.55	0.984 844 14	15	354 10 51.29		+0.03	0.994 346 63		
29	308 51 4.39	+1.56	0.984 968 97	16	355 10 36.95		-0.15	0.994 619 74		
30	309 52 2.42	+1.61	0.985 096 78	17	356 10 20.70		-0.33	0.994 895 61		
<b>Févr.</b>	31	310 52 59.45	+1.67	0.985 227 52	18		357 10 2.56	-0.51	0.995 174 09	
	1	311 53 55.36	+1.76	0.985 361 21	19		358 9 42.60	-0.67	0.995 455 02	
	2	312 54 50.05	+1.86	0.985 498 03	20		359 9 20.82	-0.81	0.995 738 15	
	3	313 55 43.43	+1.96	0.985 638 20	21		0 8 57.29	-0.93	0.996 023 22	
	4	314 56 35.43	+2.06	0.985 781 98	22		1 8 32.01	-1.02	0.996 309 93	
	5	315 57 26.01	+2.14	0.985 929 68	23		2 8 5.01	-1.08	0.996 597 91	
	6	316 58 15.12	+2.20	0.986 081 55	24		3 7 36.29	-1.11	0.996 886 78	
	7	317 59 2.75	+2.24	0.986 237 84	25	4 7 5.85	-1.10	0.997 176 11		
	8	318 59 48.90	+2.25	0.986 398 76	26	5 6 33.67	-1.06	0.997 465 49		
	9	320 0 33.57	+2.23	0.986 564 48	27	6 5 59.70	-1.00	0.997 754 50		
	10	321 1 16.77	+2.18	0.986 735 13	28	7 5 23.88	-0.92	0.998 042 79		
	11	322 1 58.50	+2.10	0.986 910 79	29	8 4 46.14	-0.83	0.998 330 08		
	12	323 2 38.80	+2.00	0.987 091 52	30	9 4 6.40	-0.73	0.998 616 19		
	13	324 3 17.67	+1.87	0.987 277 31	31	10 3 24.57	-0.64	0.998 901 07		
14	325 3 55.15	+1.72	0.987 468 14	<b>Avril</b>	1	11 2 40.58	-0.57	0.999 184 76		

## SOLEIL 2006 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	12	1	54.37	-0.52	0.999 467 40	Mai	18	56	50	47.52	-3.30	1.011 403 93
	3	13	1	5.89	-0.50	0.999 749 16		19	57	48	34.32	-3.25	1.011 615 70
	4	14	0	15.11	-0.51	1.000 030 25		20	58	46	20.03	-3.18	1.011 824 55
	5	14	59	22.02	-0.55	1.000 310 85		21	59	44	4.67	-3.09	1.012 030 09
	6	15	58	26.63	-0.62	1.000 591 17		22	60	41	48.27	-2.98	1.012 231 91
	7	16	57	28.94	-0.71	1.000 871 37		23	61	39	30.85	-2.87	1.012 429 62
	8	17	56	28.96	-0.83	1.001 151 61		24	62	37	12.40	-2.75	1.012 622 85
	9	18	55	26.74	-0.97	1.001 432 01		25	63	34	52.88	-2.65	1.012 811 28
	10	19	54	22.29	-1.13	1.001 712 68		26	64	32	32.26	-2.56	1.012 994 67
	11	20	53	15.67	-1.30	1.001 993 71		27	65	30	10.51	-2.50	1.013 172 88
	12	21	52	6.91	-1.47	1.002 275 15		28	66	27	47.57	-2.46	1.013 345 81
13	22	50	56.06	-1.65	1.002 557 03	29	67	25	23.42	-2.45	1.013 513 48		
14	23	49	43.19	-1.82	1.002 839 33	30	68	22	58.01	-2.47	1.013 675 97		
15	24	48	28.35	-1.97	1.003 122 01	31	69	20	31.33	-2.51	1.013 833 39		
16	25	47	11.61	-2.11	1.003 404 96	1	70	18	3.37	-2.58	1.013 985 91		
17	26	45	53.03	-2.23	1.003 688 03	2	71	15	34.12	-2.67	1.014 133 71		
18	27	44	32.66	-2.32	1.003 971 02	3	72	13	3.60	-2.78	1.014 276 96		
19	28	43	10.58	-2.38	1.004 253 65	4	73	10	31.81	-2.90	1.014 415 86		
20	29	41	46.82	-2.41	1.004 535 62	5	74	7	58.79	-3.03	1.014 550 62		
21	30	40	21.43	-2.40	1.004 816 57	6	75	5	24.57	-3.17	1.014 681 42		
22	31	38	54.44	-2.37	1.005 096 10	7	76	2	49.19	-3.29	1.014 808 45		
23	32	37	25.85	-2.30	1.005 373 78	8	77	0	12.70	-3.41	1.014 931 93		
24	33	35	55.68	-2.22	1.005 649 20	9	77	57	35.16	-3.51	1.015 052 01		
25	34	34	23.88	-2.12	1.005 921 95	10	78	54	56.63	-3.60	1.015 168 87		
26	35	32	50.43	-2.02	1.006 191 68	11	79	52	17.19	-3.65	1.015 282 63		
27	36	31	15.26	-1.92	1.006 458 12	12	80	49	36.94	-3.68	1.015 393 39		
28	37	29	38.33	-1.84	1.006 721 09	13	81	46	55.97	-3.68	1.015 501 16		
29	38	27	59.56	-1.77	1.006 980 53	14	82	44	14.37	-3.65	1.015 605 88		
30	39	26	18.91	-1.73	1.007 236 44	15	83	41	32.25	-3.58	1.015 707 43		
Mai	1	40	24	36.32	-1.71	1.007 488 92	16	84	38	49.70	-3.49	1.015 805 58	
2	41	22	51.77	-1.73	1.007 738 12	17	85	36	6.79	-3.38	1.015 900 06		
3	42	21	5.24	-1.77	1.007 984 21	18	86	33	23.60	-3.26	1.015 990 51		
4	43	19	16.72	-1.84	1.008 227 38	19	87	30	40.16	-3.12	1.016 076 58		
5	44	17	26.23	-1.94	1.008 467 81	20	88	27	56.52	-2.99	1.016 157 89		
6	45	15	33.77	-2.06	1.008 705 68	21	89	25	12.68	-2.86	1.016 234 09		
7	46	13	39.37	-2.20	1.008 941 15	22	90	22	28.64	-2.76	1.016 304 86		
8	47	11	43.06	-2.34	1.009 174 40	23	91	19	44.40	-2.67	1.016 369 94		
9	48	9	44.89	-2.50	1.009 405 56	24	92	16	59.92	-2.60	1.016 429 12		
10	49	7	44.90	-2.65	1.009 634 77	25	93	14	15.18	-2.57	1.016 482 28		
11	50	5	43.15	-2.81	1.009 862 13	26	94	11	30.14	-2.56	1.016 529 35		
12	51	3	39.69	-2.95	1.010 087 74	27	95	8	44.79	-2.58	1.016 570 35		
13	52	1	34.61	-3.07	1.010 311 65	28	96	5	59.09	-2.62	1.016 605 33		
14	52	59	27.97	-3.17	1.010 533 87	29	97	3	13.03	-2.69	1.016 634 41		
15	53	57	19.86	-3.25	1.010 754 34	30	98	0	26.60	-2.77	1.016 657 73		
16	54	55	10.36	-3.30	1.010 972 98	Juill.	1	98	57	39.80	-2.87	1.016 675 47	
17	55	52	59.55	-3.32	1.011 189 58	2	99	54	52.64	-2.98	1.016 687 83		

## SOLEIL 2006 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		
<b>Juill.</b>	3	100	52	5.11	-3.08	1.016 695 02	<b>Août</b>	18	144	50	28.47	-1.04	1.012 332 78
	4	101	49	17.26	-3.19	1.016 697 26		19	145	48	11.58	-0.99	1.012 145 07
	5	102	46	29.10	-3.29	1.016 694 78		20	146	45	56.24	-0.97	1.011 953 02
	6	103	43	40.66	-3.37	1.016 687 83		21	147	43	42.45	-0.97	1.011 756 51
	7	104	40	52.00	-3.43	1.016 676 68		22	148	41	30.18	-1.00	1.011 555 45
	8	105	38	3.18	-3.47	1.016 661 56		23	149	39	19.42	-1.04	1.011 349 81
	9	106	35	14.24	-3.48	1.016 642 72		24	150	37	10.13	-1.11	1.011 139 60
	10	107	32	25.29	-3.46	1.016 620 38		25	151	35	2.28	-1.18	1.010 924 88
	11	108	29	36.41	-3.40	1.016 594 70		26	152	32	55.86	-1.26	1.010 705 74
	12	109	26	47.70	-3.32	1.016 565 78		27	153	30	50.83	-1.34	1.010 482 33
	13	110	23	59.27	-3.21	1.016 533 62		28	154	28	47.19	-1.41	1.010 254 80
	14	111	21	11.23	-3.07	1.016 498 14		29	155	26	44.91	-1.46	1.010 023 38
15	112	18	23.67	-2.92	1.016 459 13	30	156	24	43.98	-1.51	1.009 788 29		
16	113	15	36.69	-2.77	1.016 416 35	31	157	22	44.39	-1.53	1.009 549 81		
17	114	12	50.34	-2.61	1.016 369 47	<b>Sept.</b>	1	158	20	46.15	-1.52	1.009 308 23	
18	115	10	4.68	-2.46	1.016 318 17	2	159	18	49.25	-1.48	1.009 063 89		
19	116	7	19.73	-2.33	1.016 262 11	3	160	16	53.73	-1.41	1.008 817 14		
20	117	4	35.52	-2.21	1.016 201 00	4	161	14	59.60	-1.31	1.008 568 36		
21	118	1	52.03	-2.13	1.016 134 55	5	162	13	6.91	-1.18	1.008 317 93		
22	118	59	9.27	-2.07	1.016 062 57	6	163	11	15.73	-1.02	1.008 066 21		
23	119	56	27.22	-2.03	1.015 984 88	7	164	9	26.14	-0.85	1.007 813 51		
24	120	53	45.85	-2.03	1.015 901 39	8	165	7	38.22	-0.65	1.007 560 04		
25	121	51	5.14	-2.05	1.015 812 05	9	166	5	52.09	-0.45	1.007 305 94		
26	122	48	25.06	-2.10	1.015 716 87	10	167	4	7.83	-0.26	1.007 051 18		
27	123	45	45.60	-2.16	1.015 615 91	11	168	2	25.55	-0.08	1.006 795 66		
28	124	43	6.74	-2.24	1.015 509 28	12	169	0	45.31	+0.08	1.006 539 17		
29	125	40	28.46	-2.32	1.015 397 13	13	169	59	7.18	+0.21	1.006 281 47		
30	126	37	50.76	-2.41	1.015 279 62	14	170	57	31.17	+0.31	1.006 022 31		
31	127	35	13.63	-2.50	1.015 156 95	15	171	55	57.32	+0.38	1.005 761 45		
<b>Août</b>	1	128	32	37.07	-2.58	1.015 029 36	16	172	54	25.63	+0.42	1.005 498 66	
2	129	30	1.11	-2.65	1.014 897 10	17	173	52	56.08	+0.43	1.005 233 76		
3	130	27	25.74	-2.69	1.014 760 43	18	174	51	28.67	+0.42	1.004 966 60		
4	131	24	51.00	-2.72	1.014 619 66	19	175	50	3.37	+0.38	1.004 697 07		
5	132	22	16.92	-2.72	1.014 475 08	20	176	48	40.16	+0.33	1.004 425 10		
6	133	19	43.54	-2.68	1.014 327 02	21	177	47	19.00	+0.26	1.004 150 65		
7	134	17	10.93	-2.62	1.014 175 80	22	178	45	59.86	+0.19	1.003 873 71		
8	135	14	39.16	-2.52	1.014 021 72	23	179	44	42.69	+0.11	1.003 594 34		
9	136	12	8.32	-2.39	1.013 865 02	24	180	43	27.47	+0.04	1.003 312 62		
10	137	9	38.52	-2.24	1.013 705 87	25	181	42	14.15	-0.02	1.003 028 65		
11	138	7	9.86	-2.07	1.013 544 33	26	182	41	2.70	-0.06	1.002 742 61		
12	139	4	42.44	-1.89	1.013 380 34	27	183	39	53.07	-0.08	1.002 454 69		
13	140	2	16.38	-1.71	1.013 213 76	28	184	38	45.24	-0.08	1.002 165 12		
14	140	59	51.74	-1.53	1.013 044 36	29	185	37	39.18	-0.05	1.001 874 20		
15	141	57	28.60	-1.38	1.012 871 85	30	186	36	34.86	+0.01	1.001 582 22		
16	142	55	6.99	-1.24	1.012 695 93	<b>Oct.</b>	1	187	35	32.27	+0.10	1.001 289 55	
17	143	52	46.95	-1.13	1.012 516 33	2	188	34	31.40	+0.22	1.000 996 56		

## SOLEIL 2006 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	33	32.27	+0.37	1.000 703 68	Nov.	18	235	24	20.65	+2.49	0.988 601 53	
	4	190	32	34.90	+0.54	1.000 411 31		19	236	24	52.78	+2.41	0.988 393 75	
	5	191	31	39.34	+0.73	1.000 119 86		20	237	25	26.55	+2.36	0.988 188 28	
	6	192	30	45.65	+0.93	0.999 829 66		21	238	26	1.88	+2.33	0.987 985 10	
	7	193	29	53.90	+1.13	0.999 540 99		22	239	26	38.70	+2.32	0.987 784 23	
	8	194	29	4.18	+1.32	0.999 254 00		23	240	27	16.91	+2.34	0.987 585 75	
	9	195	28	16.57	+1.48	0.998 968 70		24	241	27	56.44	+2.39	0.987 389 77	
	10	196	27	31.16	+1.63	0.998 685 03		25	242	28	37.20	+2.47	0.987 196 48	
	11	197	26	48.00	+1.74	0.998 402 83		26	243	29	19.11	+2.57	0.987 006 13	
	12	198	26	7.14	+1.82	0.998 121 89		27	244	30	2.11	+2.69	0.986 819 00	
	13	199	25	28.59	+1.86	0.997 842 00		28	245	30	46.13	+2.84	0.986 635 43	
	14	200	24	52.37	+1.88	0.997 562 94		29	246	31	31.12	+2.99	0.986 455 80	
	15	201	24	18.46	+1.87	0.997 284 51		30	247	32	17.06	+3.15	0.986 280 50	
	16	202	23	46.86	+1.83	0.997 006 55		Déc.	1	248	33	3.94	+3.30	0.986 109 93
	17	203	23	17.54	+1.78	0.996 728 91			2	249	33	51.75	+3.43	0.985 944 46
	18	204	22	50.47	+1.71	0.996 451 47		3	250	34	40.51	+3.55	0.985 784 41	
	19	205	22	25.61	+1.63	0.996 174 14		4	251	35	30.27	+3.64	0.985 630 03	
20	206	22	2.92	+1.55	0.995 896 88	5	252	36	21.07	+3.70	0.985 481 47			
21	207	21	42.34	+1.48	0.995 619 64	6	253	37	12.94	+3.72	0.985 338 79			
22	208	21	23.83	+1.41	0.995 342 44	7	254	38	5.92	+3.71	0.985 201 97			
23	209	21	7.33	+1.36	0.995 065 31	8	255	39	0.05	+3.67	0.985 070 91			
24	210	20	52.78	+1.32	0.994 788 35	9	256	39	55.34	+3.61	0.984 945 45			
25	211	20	40.12	+1.31	0.994 511 68	10	257	40	51.80	+3.52	0.984 825 42			
26	212	20	29.28	+1.32	0.994 235 47	11	258	41	49.41	+3.42	0.984 710 62			
27	213	20	20.22	+1.37	0.993 959 94	12	259	42	48.16	+3.30	0.984 600 84			
28	214	20	12.87	+1.44	0.993 685 37	13	260	43	48.03	+3.19	0.984 495 89			
29	215	20	7.19	+1.54	0.993 412 06	14	261	44	48.97	+3.07	0.984 395 57			
30	216	20	3.15	+1.67	0.993 140 38	15	262	45	50.94	+2.96	0.984 299 69			
31	217	20	0.70	+1.82	0.992 870 70	16	263	46	53.89	+2.86	0.984 208 07			
Nov.	1	218	19	59.85	+1.99	0.992 603 46	17	264	47	57.76	+2.78	0.984 120 51		
	2	219	20	0.60	+2.17	0.992 339 08	18	265	49	2.48	+2.72	0.984 036 87		
	3	220	20	2.96	+2.36	0.992 077 94	19	266	50	7.98	+2.68	0.983 957 00		
	4	221	20	6.98	+2.53	0.991 820 41	20	267	51	14.17	+2.67	0.983 880 78		
	5	222	20	12.72	+2.69	0.991 566 76	21	268	52	20.96	+2.69	0.983 808 15		
	6	223	20	20.24	+2.83	0.991 317 14	22	269	53	28.24	+2.74	0.983 739 09		
	7	224	20	29.61	+2.93	0.991 071 62	23	270	54	35.92	+2.82	0.983 673 65		
	8	225	20	40.87	+3.01	0.990 830 15	24	271	55	43.88	+2.92	0.983 611 96		
	9	226	20	54.08	+3.05	0.990 592 61	25	272	56	52.05	+3.04	0.983 554 22		
	10	227	21	9.26	+3.06	0.990 358 82	26	273	58	0.33	+3.16	0.983 500 67		
	11	228	21	26.43	+3.04	0.990 128 59	27	274	59	8.64	+3.29	0.983 451 64		
	12	229	21	45.57	+3.00	0.989 901 73	28	276	0	16.93	+3.41	0.983 407 46		
	13	230	22	6.69	+2.93	0.989 678 04	29	277	1	25.16	+3.52	0.983 368 48		
	14	231	22	29.75	+2.85	0.989 457 34	30	278	2	33.31	+3.61	0.983 335 06		
	15	232	22	54.72	+2.76	0.989 239 48	31	279	3	41.37	+3.68	0.983 307 50		
	16	233	23	21.56	+2.67	0.989 024 30	32	280	4	49.35	+3.71	0.983 286 08		
	17	234	23	50.22	+2.57	0.988 811 69	33	281	5	57.26	+3.71	0.983 271 00		



## SOLEIL 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	t. passage	Date	asc. droite	déclinaison	t. passage		
	h m s	° ' "	h m s		h m s	° ' "	h m s		
<b>Janv.</b>	0	18 40 55.05	-23 6 27.95	12 3 4.54	<b>Févr.</b>	15	21 53 35.67	-12 48 1.73	12 14 7.60
	1	18 45 20.30	-23 1 54.80	12 3 33.08		16	21 57 29.15	-12 27 23.97	12 14 4.17
	2	18 49 45.24	-22 56 54.04	12 4 1.30		17	22 1 21.93	-12 6 34.18	12 14 0.05
	3	18 54 9.83	-22 51 25.81	12 4 29.14		18	22 5 14.02	-11 45 32.74	12 13 55.24
	4	18 58 34.02	-22 45 30.29	12 4 56.58		19	22 9 5.43	-11 24 20.04	12 13 49.76
	5	19 2 57.80	-22 39 7.65	12 5 23.59		20	22 12 56.18	-11 2 56.47	12 13 43.63
	6	19 7 21.12	-22 32 18.07	12 5 50.14		21	22 16 46.29	-10 41 22.43	12 13 36.86
	7	19 11 43.97	-22 25 1.79	12 6 16.19		22	22 20 35.78	-10 19 38.32	12 13 29.47
	8	19 16 6.32	-22 17 19.03	12 6 41.73		23	22 24 24.65	-9 57 44.55	12 13 21.48
	9	19 20 28.14	-22 9 10.03	12 7 6.72		24	22 28 12.93	-9 35 41.53	12 13 12.90
	10	19 24 49.41	-22 0 35.05	12 7 31.16		25	22 32 0.62	-9 13 29.68	12 13 3.73
	11	19 29 10.12	-21 51 34.35	12 7 55.01		26	22 35 47.74	-8 51 9.44	12 12 54.01
	12	19 33 30.23	-21 42 8.20	12 8 18.25		27	22 39 34.30	-8 28 41.24	12 12 43.73
	13	19 37 49.73	-21 32 16.87	12 8 40.88		28	22 43 20.30	-8 6 5.50	12 12 32.92
14	19 42 8.60	-21 22 0.63	12 9 2.87	<b>Mars</b>	1	22 47 5.77	-7 43 22.65	12 12 21.57	
15	19 46 26.82	-21 11 19.78	12 9 24.20	2	22 50 50.72	-7 20 33.12	12 12 9.72		
16	19 50 44.38	-21 0 14.58	12 9 44.86	3	22 54 35.17	-6 57 37.33	12 11 57.37		
17	19 55 1.26	-20 48 45.34	12 10 4.84	4	22 58 19.13	-6 34 35.70	12 11 44.53		
18	19 59 17.45	-20 36 52.35	12 10 24.13	5	23 2 2.61	-6 11 28.65	12 11 31.23		
19	20 3 32.93	-20 24 35.92	12 10 42.70	6	23 5 45.65	-5 48 16.59	12 11 17.49		
20	20 7 47.70	-20 11 56.35	12 11 0.55	7	23 9 28.25	-5 24 59.92	12 11 3.32		
21	20 12 1.74	-19 58 53.97	12 11 17.67	8	23 13 10.43	-5 1 39.04	12 10 48.74		
22	20 16 15.04	-19 45 29.12	12 11 34.05	9	23 16 52.21	-4 38 14.34	12 10 33.77		
23	20 20 27.60	-19 31 42.13	12 11 49.67	10	23 20 33.62	-4 14 46.20	12 10 18.44		
24	20 24 39.41	-19 17 33.35	12 12 4.54	11	23 24 14.67	-3 51 14.98	12 10 2.77		
25	20 28 50.45	-19 3 3.15	12 12 18.63	12	23 27 55.39	-3 27 41.06	12 9 46.77		
26	20 33 0.72	-18 48 11.90	12 12 31.94	13	23 31 35.79	-3 4 4.78	12 9 30.48		
27	20 37 10.21	-18 32 60.00	12 12 44.46	14	23 35 15.91	-2 40 26.51	12 9 13.92		
28	20 41 18.91	-18 17 27.84	12 12 56.19	15	23 38 55.76	-2 16 46.58	12 8 57.10		
29	20 45 26.80	-18 1 35.83	12 13 7.11	16	23 42 35.37	-1 53 5.34	12 8 40.05		
30	20 49 33.88	-17 45 24.40	12 13 17.21	17	23 46 14.76	-1 29 23.12	12 8 22.80		
31	20 53 40.13	-17 28 53.95	12 13 26.48	18	23 49 53.96	-1 5 40.27	12 8 5.37		
<b>Févr.</b>	1	20 57 45.55	-17 12 4.90	12 13 34.93	19	23 53 32.99	-0 41 57.13	12 7 47.78	
	2	21 1 50.14	-16 54 57.67	12 13 42.55	20	23 57 11.88	-0 18 14.02	12 7 30.05	
	3	21 5 53.89	-16 37 32.69	12 13 49.33	21	0 0 50.65	0 5 28.70	12 7 12.21	
	4	21 9 56.82	-16 19 50.37	12 13 55.27	22	0 4 29.32	0 29 10.68	12 6 54.27	
	5	21 13 58.91	-16 1 51.15	12 14 0.39	23	0 8 7.90	0 52 51.58	12 6 36.27	
	6	21 18 0.18	-15 43 35.45	12 14 4.68	24	0 11 46.43	1 16 31.02	12 6 18.22	
	7	21 22 0.62	-15 25 3.72	12 14 8.15	25	0 15 24.92	1 40 8.64	12 6 0.14	
	8	21 26 0.26	-15 6 16.35	12 14 10.81	26	0 19 3.38	2 3 44.07	12 5 42.05	
	9	21 29 59.09	-14 47 13.79	12 14 12.67	27	0 22 41.84	2 27 16.91	12 5 23.96	
	10	21 33 57.12	-14 27 56.42	12 14 13.73	28	0 26 20.31	2 50 46.78	12 5 5.90	
	11	21 37 54.36	-14 8 24.67	12 14 14.02	29	0 29 58.81	3 14 13.31	12 4 47.87	
	12	21 41 50.82	-13 48 38.93	12 14 13.53	30	0 33 37.35	3 37 36.11	12 4 29.90	
	13	21 45 46.52	-13 28 39.60	12 14 12.29	31	0 37 15.95	4 0 54.80	12 4 12.00	
	14	21 49 41.46	-13 8 27.07	12 14 10.31	<b>Avril</b>	1	0 40 54.64	4 24 9.01	12 3 54.18

## SOLEIL 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	t. passage	Date	asc. droite	déclinaison	t. passage	
	h m s	° ' "	h m s		h m s	° ' "	h m s	
<b>Avril</b>	2	0 44 33.42	4 47 18.35	12	3 36.45			
	3	0 48 12.31	5 10 22.46	12	3 18.85			
	4	0 51 51.32	5 33 20.96	12	3 1.38			
	5	0 55 30.48	5 56 13.50	12	2 44.05			
	6	0 59 9.80	6 18 59.72	12	2 26.90			
	7	1 2 49.29	6 41 39.28	12	2 9.94			
	8	1 6 28.98	7 4 11.84	12	1 53.18			
	9	1 10 8.88	7 26 37.07	12	1 36.66			
	10	1 13 49.02	7 48 54.64	12	1 20.37			
	11	1 17 29.41	8 11 4.24	12	1 4.35			
	12	1 21 10.08	8 33 5.54	12	0 48.62			
	13	1 24 51.04	8 54 58.24	12	0 33.19			
	14	1 28 32.31	9 16 42.02	12	0 18.08			
	15	1 32 13.92	9 38 16.59	12	0 3.31			
	16	1 35 55.88	9 59 41.64	11	59 48.91			
	17	1 39 38.21	10 20 56.85	11	59 34.88			
18	1 43 20.94	10 42 1.92	11	59 21.24				
19	1 47 4.07	11 2 56.54	11	59 8.02				
20	1 50 47.62	11 23 40.36	11	58 55.23				
21	1 54 31.61	11 44 13.07	11	58 42.88				
22	1 58 16.05	12 4 34.31	11	58 30.99				
23	2 2 0.94	12 24 43.75	11	58 19.57				
24	2 5 46.31	12 44 41.03	11	58 8.63				
25	2 9 32.16	13 4 25.80	11	57 58.18				
26	2 13 18.51	13 23 57.71	11	57 48.22				
27	2 17 5.35	13 43 16.41	11	57 38.77				
28	2 20 52.70	14 2 21.56	11	57 29.83				
29	2 24 40.57	14 21 12.82	11	57 21.39				
30	2 28 28.96	14 39 49.83	11	57 13.48				
<b>Mai</b>	1	2 32 17.86	14 58 12.26	11	57 6.08			
2	2 36 7.29	15 16 19.77	11	56 59.21				
3	2 39 57.24	15 34 12.03	11	56 52.86				
4	2 43 47.73	15 51 48.70	11	56 47.05				
5	2 47 38.74	16 9 9.48	11	56 41.78				
6	2 51 30.30	16 26 14.05	11	56 37.05				
7	2 55 22.39	16 43 2.11	11	56 32.87				
8	2 59 15.04	16 59 33.37	11	56 29.24				
9	3 3 8.24	17 15 47.54	11	56 26.16				
10	3 7 1.99	17 31 44.34	11	56 23.65				
11	3 10 56.31	17 47 23.49	11	56 21.69				
12	3 14 51.19	18 2 44.73	11	56 20.31				
13	3 18 46.65	18 17 47.79	11	56 19.49				
14	3 22 42.67	18 32 32.42	11	56 19.24				
15	3 26 39.28	18 46 58.35	11	56 19.57				
16	3 30 36.46	19 1 5.34	11	56 20.47				
17	3 34 34.21	19 14 53.11	11	56 21.94				
<b>Mai</b>	18	3 38 32.54	19 28 21.40	11	56 23.99			
	19	3 42 31.43	19 41 29.94	11	56 26.61			
	20	3 46 30.90	19 54 18.45	11	56 29.80			
	21	3 50 30.92	20 6 46.66	11	56 33.54			
	22	3 54 31.50	20 18 54.29	11	56 37.84			
	23	3 58 32.62	20 30 41.09	11	56 42.69			
	24	4 2 34.28	20 42 6.80	11	56 48.06			
	25	4 6 36.48	20 53 11.16	11	56 53.96			
	26	4 10 39.18	21 3 53.95	11	57 0.35			
	27	4 14 42.38	21 14 14.93	11	57 7.24			
	28	4 18 46.07	21 24 13.86	11	57 14.59			
	29	4 22 50.21	21 33 50.54	11	57 22.39			
	30	4 26 54.80	21 43 4.74	11	57 30.62			
	31	4 30 59.80	21 51 56.25	11	57 39.27			
	<b>Juin</b>	1	4 35 5.21	22 0 24.88	11	57 48.31		
	2	4 39 11.00	22 8 30.44	11	57 57.73			
3	4 43 17.16	22 16 12.76	11	58 7.51				
4	4 47 23.66	22 23 31.68	11	58 17.63				
5	4 51 30.50	22 30 27.04	11	58 28.08				
6	4 55 37.65	22 36 58.70	11	58 38.83				
7	4 59 45.10	22 43 6.54	11	58 49.87				
8	5 3 52.82	22 48 50.44	11	59 1.18				
9	5 8 0.82	22 54 10.29	11	59 12.74				
10	5 12 9.05	22 59 6.00	11	59 24.53				
11	5 16 17.52	23 3 37.49	11	59 36.54				
12	5 20 26.19	23 7 44.68	11	59 48.74				
13	5 24 35.06	23 11 27.49	12	0 1.13				
14	5 28 44.09	23 14 45.85	12	0 13.68				
15	5 32 53.28	23 17 39.67	12	0 26.38				
16	5 37 2.60	23 20 8.90	12	0 39.21				
17	5 41 12.04	23 22 13.45	12	0 52.14				
18	5 45 21.56	23 23 53.27	12	1 5.15				
19	5 49 31.16	23 25 8.29	12	1 18.23				
20	5 53 40.81	23 25 58.50	12	1 31.34				
21	5 57 50.49	23 26 23.86	12	1 44.47				
22	6 2 0.17	23 26 24.37	12	1 57.59				
23	6 6 9.82	23 26 0.05	12	2 10.66				
24	6 10 19.43	23 25 10.91	12	2 23.66				
25	6 14 28.95	23 23 56.99	12	2 36.57				
26	6 18 38.36	23 22 18.34	12	2 49.35				
27	6 22 47.64	23 20 14.99	12	3 1.98				
28	6 26 56.74	23 17 47.01	12	3 14.43				
29	6 31 5.64	23 14 54.47	12	3 26.67				
30	6 35 14.33	23 11 37.44	12	3 38.68				
<b>Juill.</b>	1	6 39 22.77	23 7 56.02	12	3 50.44			
2	6 43 30.94	23 3 50.30	12	4 1.91				

## SOLEIL 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, TEMPS DE PASSAGE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			t. passage			Date	asc. droite			déclinaison			t. passage				
	h	m	s	°	'	"	h	m	s		h	m	s	°	'	"	h	m	s		
<b>Juill.</b>	3	6	47	38.81	22	59	20.41	12	4	13.09	<b>Août</b>	18	9	48	51.26	13	12	48.22	12	3	51.68
	4	6	51	46.38	22	54	26.45	12	4	23.94		19	9	52	34.48	12	53	23.97	12	3	38.09
	5	6	55	53.62	22	49	8.58	12	4	34.45		20	9	56	17.22	12	33	47.39	12	3	24.04
	6	7	0	0.51	22	43	26.93	12	4	44.60		21	9	59	59.49	12	13	58.81	12	3	9.52
	7	7	4	7.03	22	37	21.65	12	4	54.37		22	10	3	41.30	11	53	58.56	12	2	54.54
	8	7	8	13.17	22	30	52.91	12	5	3.75		23	10	7	22.65	11	33	46.98	12	2	39.12
	9	7	12	18.90	22	24	0.88	12	5	12.72		24	10	11	3.56	11	13	24.41	12	2	23.26
	10	7	16	24.23	22	16	45.73	12	5	21.26		25	10	14	44.03	10	52	51.17	12	2	6.98
	11	7	20	29.12	22	9	7.64	12	5	29.37		26	10	18	24.09	10	32	7.62	12	1	50.29
	12	7	24	33.58	22	1	6.79	12	5	37.03		27	10	22	3.74	10	11	14.08	12	1	33.19
	13	7	28	37.57	21	52	43.32	12	5	44.24		28	10	25	42.99	9	50	10.89	12	1	15.71
	14	7	32	41.10	21	43	57.42	12	5	50.97		29	10	29	21.87	9	28	58.38	12	0	57.86
15	7	36	44.16	21	34	49.24	12	5	57.24	30	10	33	0.38	9	7	36.90	12	0	39.64		
16	7	40	46.73	21	25	18.95	12	6	3.01	31	10	36	38.54	8	46	6.78	12	0	21.08		
17	7	44	48.81	21	15	26.75	12	6	8.29	<b>Sept.</b>	1	10	40	16.37	8	24	28.37	12	0	2.20	
18	7	48	50.40	21	5	12.84	12	6	13.06	2	10	43	53.88	8	2	41.99	11	59	43.00		
19	7	52	51.47	20	54	37.44	12	6	17.32	3	10	47	31.09	7	40	47.98	11	59	23.50		
20	7	56	52.02	20	43	40.78	12	6	21.04	4	10	51	8.01	7	18	46.67	11	59	3.73		
21	8	0	52.03	20	32	23.10	12	6	24.22	5	10	54	44.67	6	56	38.38	11	58	43.70		
22	8	4	51.50	20	20	44.66	12	6	26.84	6	10	58	21.07	6	34	23.44	11	58	23.44		
23	8	8	50.41	20	8	45.72	12	6	28.90	7	11	1	57.24	6	12	2.12	11	58	2.96		
24	8	12	48.75	19	56	26.55	12	6	30.38	8	11	5	33.21	5	49	34.73	11	57	42.29		
25	8	16	46.50	19	43	47.41	12	6	31.27	9	11	9	9.00	5	27	1.51	11	57	21.46		
26	8	20	43.66	19	30	48.58	12	6	31.57	10	11	12	44.63	5	4	22.76	11	57	0.48		
27	8	24	40.22	19	17	30.34	12	6	31.27	11	11	16	20.14	4	41	38.73	11	56	39.39		
28	8	28	36.16	19	3	52.96	12	6	30.35	12	11	19	55.54	4	18	49.73	11	56	18.19		
29	8	32	31.49	18	49	56.72	12	6	28.82	13	11	23	30.85	3	55	56.08	11	55	56.92		
30	8	36	26.20	18	35	41.93	12	6	26.66	14	11	27	6.10	3	32	58.08	11	55	35.59		
31	8	40	20.29	18	21	8.86	12	6	23.89	15	11	30	41.31	3	9	56.08	11	55	14.22		
<b>Août</b>	1	8	44	13.75	18	6	17.82	12	6	20.49	16	11	34	16.49	2	46	50.43	11	54	52.84	
2	8	48	6.60	17	51	9.11	12	6	16.46	17	11	37	51.65	2	23	41.46	11	54	31.45		
3	8	51	58.82	17	35	43.02	12	6	11.81	18	11	41	26.82	2	0	29.53	11	54	10.08		
4	8	55	50.41	17	19	59.87	12	6	6.54	19	11	45	2.02	1	37	15.00	11	53	48.75		
5	8	59	41.40	17	3	59.96	12	6	0.65	20	11	48	37.26	1	13	58.20	11	53	27.47		
6	9	3	31.76	16	47	43.60	12	5	54.14	21	11	52	12.55	0	50	39.51	11	53	6.26		
7	9	7	21.52	16	31	11.10	12	5	47.03	22	11	55	47.93	0	27	19.27	11	52	45.15		
8	9	11	10.67	16	14	22.74	12	5	39.32	23	11	59	23.40	0	3	57.85	11	52	24.13		
9	9	14	59.23	15	57	18.83	12	5	31.02	24	12	2	58.99	-	0	19	24.41	11	52	3.25	
10	9	18	47.20	15	39	59.64	12	5	22.14	25	12	6	34.72	-	0	42	47.14	11	51	42.50	
11	9	22	34.59	15	22	25.42	12	5	12.70	26	12	10	10.60	-	1	6	9.97	11	51	21.91	
12	9	26	21.42	15	4	36.45	12	5	2.70	27	12	13	46.65	-	1	29	32.55	11	51	1.50	
13	9	30	7.69	14	46	32.98	12	4	52.16	28	12	17	22.89	-	1	52	54.51	11	50	41.29	
14	9	33	53.43	14	28	15.28	12	4	41.08	29	12	20	59.33	-	2	16	15.48	11	50	21.29	
15	9	37	38.65	14	9	43.65	12	4	29.49	30	12	24	36.01	-	2	39	35.11	11	50	1.53	
16	9	41	23.35	13	50	58.38	12	4	17.38	<b>Oct.</b>	1	12	28	12.93	-	3	2	53.02	11	49	42.02
17	9	45	7.56	13	31	59.80	12	4	4.78	2	12	31	50.11	-	3	26	8.85	11	49	22.78	

## SOLEIL 2006 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 27.57	- 3 49 22.25	11 49 3.83	Nov.	18	15 32 38.20	-19 8 12.81	11 45 8.36	
	4	12 39 5.33	- 4 12 32.86	11 48 45.20		19	15 36 47.47	-19 22 28.69	11 45 21.50	
	5	12 42 43.41	- 4 35 40.34	11 48 26.91		20	15 40 57.58	-19 36 23.66	11 45 35.46	
	6	12 46 21.85	- 4 58 44.37	11 48 8.99		21	15 45 8.52	-19 49 57.33	11 45 50.24	
	7	12 50 0.66	- 5 21 44.64	11 47 51.45		22	15 49 20.27	-20 3 9.33	11 46 5.82	
	8	12 53 39.87	- 5 44 40.85	11 47 34.32		23	15 53 32.81	-20 15 59.28	11 46 22.19	
	9	12 57 19.50	- 6 7 32.68	11 47 17.62		24	15 57 46.14	-20 28 26.83	11 46 39.32	
	10	13 0 59.60	- 6 30 19.81	11 47 1.39		25	16 2 0.23	-20 40 31.60	11 46 57.22	
	11	13 4 40.16	- 6 53 1.89	11 46 45.64		26	16 6 15.05	-20 52 13.26	11 47 15.85	
	12	13 8 21.22	- 7 15 38.56	11 46 30.39		27	16 10 30.61	-21 3 31.45	11 47 35.19	
	13	13 12 2.80	- 7 38 9.45	11 46 15.66		28	16 14 46.86	-21 14 25.85	11 47 55.24	
	14	13 15 44.90	- 8 0 34.18	11 46 1.48		29	16 19 3.81	-21 24 56.13	11 48 15.97	
	15	13 19 27.56	- 8 22 52.35	11 45 47.85		30	16 23 21.42	-21 35 2.00	11 48 37.36	
	16	13 23 10.77	- 8 45 3.58	11 45 34.80		Déc.	1	16 27 39.69	-21 44 43.17	11 48 59.40
	17	13 26 54.57	- 9 7 7.46	11 45 22.35			2	16 31 58.59	-21 53 59.38	11 49 22.06
	18	13 30 38.97	- 9 29 3.59	11 45 10.50		3	16 36 18.12	-22 2 50.38	11 49 45.33	
	19	13 34 23.99	- 9 50 51.58	11 44 59.27		4	16 40 38.25	-22 11 15.93	11 50 9.20	
20	13 38 9.63	-10 12 31.01	11 44 48.69	5	16 44 58.96	-22 19 15.81	11 50 33.63			
21	13 41 55.92	-10 34 1.49	11 44 38.75	6	16 49 20.24	-22 26 49.78	11 50 58.62			
22	13 45 42.87	-10 55 22.59	11 44 29.48	7	16 53 42.06	-22 33 57.61	11 51 24.14			
23	13 49 30.50	-11 16 33.92	11 44 20.88	8	16 58 4.40	-22 40 39.06	11 51 50.17			
24	13 53 18.80	-11 37 35.07	11 44 12.98	9	17 2 27.23	-22 46 53.92	11 52 16.68			
25	13 57 7.81	-11 58 25.61	11 44 5.77	10	17 6 50.53	-22 52 41.96	11 52 43.65			
26	14 0 57.52	-12 19 5.13	11 43 59.27	11	17 11 14.26	-22 58 2.99	11 53 11.05			
27	14 4 47.95	-12 39 33.22	11 43 53.49	12	17 15 38.42	-23 2 56.80	11 53 38.85			
28	14 8 39.11	-12 59 49.46	11 43 48.44	13	17 20 2.95	-23 7 23.22	11 54 7.02			
29	14 12 31.00	-13 19 53.43	11 43 44.14	14	17 24 27.84	-23 11 22.09	11 54 35.53			
30	14 16 23.63	-13 39 44.71	11 43 40.58	15	17 28 53.05	-23 14 53.26	11 55 4.35			
31	14 20 17.01	-13 59 22.89	11 43 37.78	16	17 33 18.55	-23 17 56.60	11 55 33.44			
Nov.	1	14 24 11.16	-14 18 47.57	11 43 35.75	17	17 37 44.32	-23 20 32.00	11 56 2.77		
	2	14 28 6.08	-14 37 58.35	11 43 34.50	18	17 42 10.30	-23 22 39.35	11 56 32.30		
	3	14 32 1.78	-14 56 54.85	11 43 34.04	19	17 46 36.47	-23 24 18.59	11 57 1.99		
	4	14 35 58.29	-15 15 36.71	11 43 34.39	20	17 51 2.79	-23 25 29.64	11 57 31.82		
	5	14 39 55.61	-15 34 3.57	11 43 35.56	21	17 55 29.21	-23 26 12.46	11 58 1.73		
	6	14 43 53.75	-15 52 15.06	11 43 37.56	22	17 59 55.71	-23 26 27.02	11 58 31.68		
	7	14 47 52.74	-16 10 10.83	11 43 40.39	23	18 4 22.23	-23 26 13.29	11 59 1.65		
	8	14 51 52.57	-16 27 50.50	11 43 44.08	24	18 8 48.74	-23 25 31.28	11 59 31.59		
	9	14 55 53.26	-16 45 13.66	11 43 48.62	25	18 13 15.20	-23 24 21.00	12 0 1.46		
	10	14 59 54.80	-17 2 19.94	11 43 54.02	26	18 17 41.56	-23 22 42.46	12 0 31.22		
	11	15 3 57.20	-17 19 8.91	11 44 0.29	27	18 22 7.80	-23 20 35.72	12 1 0.84		
	12	15 8 0.47	-17 35 40.16	11 44 7.42	28	18 26 33.88	-23 18 0.84	12 1 30.29		
	13	15 12 4.60	-17 51 53.29	11 44 15.42	29	18 30 59.77	-23 14 57.92	12 1 59.53		
	14	15 16 9.60	-18 7 47.88	11 44 24.29	30	18 35 25.44	-23 11 27.05	12 2 28.53		
	15	15 20 15.46	-18 23 23.53	11 44 34.02	31	18 39 50.86	-23 7 28.36	12 2 57.26		
	16	15 24 22.19	-18 38 39.83	11 44 44.62	32	18 44 16.00	-23 3 1.99	12 3 25.69		
	17	15 28 29.76	-18 53 36.39	11 44 56.07	33	18 48 40.84	-22 58 8.08	12 3 53.81		

## SOLEIL 2006 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	0.159 314 02	-0.890 309 18	-0.385 985 12	Févr.	15	0.819 536 09	-0.505 735 06	-0.219 254 86
	1	0.176 552 76	-0.887 552 98	-0.384 790 11		16	0.829 290 18	-0.492 506 97	-0.213 520 68
	2	0.193 735 85	-0.884 519 07	-0.383 474 53		17	0.838 791 21	-0.479 127 76	-0.207 721 00
	3	0.210 857 53	-0.881 208 59	-0.382 038 90		18	0.848 036 42	-0.465 601 36	-0.201 857 49
	4	0.227 912 12	-0.877 622 86	-0.380 483 81		19	0.857 023 06	-0.451 931 72	-0.195 931 85
	5	0.244 894 10	-0.873 763 38	-0.378 809 94		20	0.865 748 44	-0.438 122 87	-0.189 945 78
	6	0.261 798 08	-0.869 631 72	-0.377 018 02		21	0.874 209 85	-0.424 178 88	-0.183 901 01
	7	0.278 618 82	-0.865 229 56	-0.375 108 82		22	0.882 404 65	-0.410 103 88	-0.177 799 32
	8	0.295 351 23	-0.860 558 64	-0.373 083 14		23	0.890 330 17	-0.395 902 10	-0.171 642 51
	9	0.311 990 30	-0.855 620 72	-0.370 941 76		24	0.897 983 82	-0.381 577 84	-0.165 432 43
	10	0.328 531 14	-0.850 417 59	-0.368 685 51		25	0.905 363 00	-0.367 135 54	-0.159 170 99
	11	0.344 968 91	-0.844 951 07	-0.366 315 19		26	0.912 465 23	-0.352 579 74	-0.152 860 18
	12	0.361 298 85	-0.839 222 99	-0.363 831 62		27	0.919 288 09	-0.337 915 16	-0.146 502 05
	13	0.377 516 23	-0.833 235 20	-0.361 235 59		28	0.925 829 35	-0.323 146 63	-0.140 098 73
14	0.393 616 37	-0.826 989 57	-0.358 527 93	Mars	1	0.932 086 96	-0.308 279 12	-0.133 652 42	
15	0.409 594 57	-0.820 488 01	-0.355 709 45		2	0.938 059 12	-0.293 317 64	-0.127 165 33	
16	0.425 446 19	-0.813 732 44	-0.352 780 99		3	0.943 744 27	-0.278 267 25	-0.120 639 72	
17	0.441 166 55	-0.806 724 84	-0.349 743 37		4	0.949 141 06	-0.263 132 97	-0.114 077 79	
18	0.456 751 00	-0.799 467 22	-0.346 597 47		5	0.954 248 33	-0.247 919 77	-0.107 481 74	
19	0.472 194 87	-0.791 961 67	-0.343 344 14		6	0.959 065 10	-0.232 632 53	-0.100 853 73	
20	0.487 493 49	-0.784 210 32	-0.339 984 30		7	0.963 590 46	-0.217 276 09	-0.094 195 85	
21	0.502 642 19	-0.776 215 38	-0.336 518 87		8	0.967 823 63	-0.201 855 22	-0.087 510 20	
22	0.517 636 30	-0.767 979 11	-0.332 948 80		9	0.971 763 90	-0.186 374 61	-0.080 798 81	
23	0.532 471 13	-0.759 503 87	-0.329 275 08		10	0.975 410 63	-0.170 838 95	-0.074 063 70	
24	0.547 141 99	-0.750 792 08	-0.325 498 73		11	0.978 763 24	-0.155 252 86	-0.067 306 86	
25	0.561 644 16	-0.741 846 27	-0.321 620 81		12	0.981 821 20	-0.139 620 93	-0.060 530 28	
26	0.575 972 92	-0.732 669 07	-0.317 642 45		13	0.984 584 05	-0.123 947 71	-0.053 735 92	
27	0.590 123 52	-0.723 263 23	-0.313 564 80		14	0.987 051 36	-0.108 237 77	-0.046 925 70	
28	0.604 091 22	-0.713 631 67	-0.309 389 12	15	0.989 222 75	-0.092 495 60	-0.040 101 57		
29	0.617 871 28	-0.703 777 47	-0.305 116 74	16	0.991 097 88	-0.076 725 71	-0.033 265 45		
30	0.631 459 06	-0.693 703 91	-0.300 749 09	17	0.992 676 44	-0.060 932 59	-0.026 419 26		
Févr.	31	0.644 850 02	-0.683 414 45	-0.296 287 71	18	0.993 958 15	-0.045 120 74	-0.019 564 90	
	1	0.658 039 80	-0.672 912 71	-0.291 734 19	19	0.994 942 77	-0.029 294 65	-0.012 704 30	
	2	0.671 024 23	-0.662 202 44	-0.287 090 20	20	0.995 630 06	-0.013 458 83	-0.005 839 39	
	3	0.683 799 37	-0.651 287 46	-0.282 357 44	21	0.996 019 85	0.002 382 17	0.001 027 90	
	4	0.696 361 47	-0.640 171 61	-0.277 537 64	22	0.996 111 96	0.018 223 79	0.007 895 60	
	5	0.708 706 94	-0.628 858 76	-0.272 632 49	23	0.995 906 27	0.034 061 41	0.014 761 74	
	6	0.720 832 34	-0.617 352 74	-0.267 643 70	24	0.995 402 73	0.049 890 34	0.021 624 28	
	7	0.732 734 37	-0.605 657 39	-0.262 572 95	25	0.994 601 31	0.065 705 83	0.028 481 16	
	8	0.744 409 78	-0.593 776 52	-0.257 421 91	26	0.993 502 10	0.081 503 04	0.035 330 28	
	9	0.755 855 44	-0.581 713 93	-0.252 192 24	27	0.992 105 32	0.097 277 04	0.042 169 48	
	10	0.767 068 28	-0.569 473 42	-0.246 885 59	28	0.990 411 32	0.113 022 84	0.048 996 55	
	11	0.778 045 27	-0.557 058 79	-0.241 503 59	29	0.988 420 70	0.128 735 36	0.055 809 25	
	12	0.788 783 44	-0.544 473 82	-0.236 047 88	30	0.986 134 24	0.144 409 53	0.062 605 34	
	13	0.799 279 89	-0.531 722 33	-0.230 520 10	31	0.983 552 99	0.160 040 32	0.069 382 57	
14	0.809 531 72	-0.518 808 13	-0.224 921 88	Avril	1	0.980 678 20	0.175 622 75	0.076 138 75	

## SOLEIL 2006 à 0h TT

## COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Z	Date	X	Y	Z		
	ua	ua	ua		ua	ua	ua		
<b>Avril</b>	2	0.977 511 27	0.191 151 97	0.082 871 75	<b>Mai</b>	18	0.553 120 09	0.776 890 06	0.336 805 43
	3	0.974 053 77	0.206 623 23	0.089 579 48		19	0.538 923 56	0.785 473 73	0.340 527 15
	4	0.970 307 35	0.222 031 91	0.096 259 92		20	0.524 571 87	0.793 834 08	0.344 152 18
	5	0.966 273 74	0.237 373 48	0.102 911 10		21	0.510 068 92	0.801 968 59	0.347 679 42
	6	0.961 954 72	0.252 643 52	0.109 531 12		22	0.495 418 71	0.809 874 74	0.351 107 72
	7	0.957 352 11	0.267 837 69	0.116 118 09		23	0.480 625 39	0.817 550 06	0.354 435 99
	8	0.952 467 80	0.282 951 71	0.122 670 18		24	0.465 693 25	0.824 992 08	0.357 663 10
	9	0.947 303 67	0.297 981 39	0.129 185 60		25	0.450 626 72	0.832 198 45	0.360 788 00
	10	0.941 861 69	0.312 922 57	0.135 662 56		26	0.435 430 40	0.839 166 91	0.363 809 66
	11	0.936 143 82	0.327 771 17	0.142 099 32		27	0.420 108 98	0.845 895 34	0.366 727 14
	12	0.930 152 05	0.342 523 16	0.148 494 16		28	0.404 667 25	0.852 381 76	0.369 539 55
13	0.923 888 43	0.357 174 57	0.154 845 40	29	0.389 110 04	0.858 624 36	0.372 246 11		
14	0.917 354 97	0.371 721 45	0.161 151 34	30	0.373 442 23	0.864 621 47	0.374 846 08		
15	0.910 553 72	0.386 159 89	0.167 410 34	31	0.357 668 68	0.870 371 58	0.377 338 81		
16	0.903 486 75	0.400 486 02	0.173 620 73	<b>Juin</b>	1	0.341 794 24	0.875 873 30	0.379 723 72	
17	0.896 156 11	0.414 695 95	0.179 780 87		2	0.325 823 72	0.881 125 35	0.382 000 26	
18	0.888 563 88	0.428 785 81	0.185 889 09		3	0.309 761 92	0.886 126 55	0.384 167 97	
19	0.880 712 17	0.442 751 71	0.191 943 73		4	0.293 613 60	0.890 875 85	0.386 226 38	
20	0.872 603 10	0.456 589 72	0.197 943 10		5	0.277 383 49	0.895 372 23	0.388 175 11	
21	0.864 238 87	0.470 295 90	0.203 885 48		6	0.261 076 28	0.899 614 81	0.390 013 78	
22	0.855 621 72	0.483 866 25	0.209 769 13		7	0.244 696 61	0.903 602 74	0.391 742 08	
23	0.846 754 02	0.497 296 73	0.215 592 28		8	0.228 249 12	0.907 335 28	0.393 359 69	
24	0.837 638 25	0.510 583 26	0.221 353 14		9	0.211 738 35	0.910 811 73	0.394 866 36	
25	0.828 277 04	0.523 721 75	0.227 049 88		10	0.195 168 82	0.914 031 46	0.396 261 84	
26	0.818 673 21	0.536 708 09	0.232 680 69	11	0.178 544 97	0.916 993 88	0.397 545 90		
27	0.808 829 77	0.549 538 23	0.238 243 75	12	0.161 871 20	0.919 698 41	0.398 718 30		
28	0.798 749 93	0.562 208 18	0.243 737 30	13	0.145 151 86	0.922 144 48	0.399 778 81		
29	0.788 437 06	0.574 714 06	0.249 159 62	14	0.128 391 27	0.924 331 50	0.400 727 18		
30	0.777 894 69	0.587 052 15	0.254 509 06	15	0.111 593 76	0.926 258 86	0.401 563 13		
<b>Mai</b>	1	0.767 126 41	0.599 218 85	0.259 784 05	16	0.094 763 69	0.927 925 92	0.402 286 37	
	2	0.756 135 92	0.611 210 73	0.264 983 08	17	0.077 905 51	0.929 332 02	0.402 896 59	
	3	0.744 926 93	0.623 024 46	0.270 104 72	18	0.061 023 73	0.930 476 51	0.403 393 46	
	4	0.733 503 17	0.634 656 87	0.275 147 60	19	0.044 122 99	0.931 358 77	0.403 776 68	
	5	0.721 868 40	0.646 104 87	0.280 110 40	20	0.027 208 03	0.931 978 24	0.404 045 97	
	6	0.710 026 37	0.657 365 47	0.284 991 83	21	0.010 283 72	0.932 334 42	0.404 201 06	
	7	0.697 980 84	0.668 435 77	0.289 790 67	22	-0.006 644 97	0.932 426 95	0.404 241 76	
	8	0.685 735 57	0.679 312 95	0.294 505 71	23	-0.023 573 02	0.932 255 57	0.404 167 93	
	9	0.673 294 34	0.689 994 27	0.299 135 80	24	-0.040 495 30	0.931 820 18	0.403 979 51	
	10	0.660 660 89	0.700 477 06	0.303 679 81	25	-0.057 406 69	0.931 120 82	0.403 676 49	
	11	0.647 838 99	0.710 758 73	0.308 136 65	26	-0.074 302 04	0.930 157 69	0.403 258 97	
12	0.634 832 37	0.720 836 72	0.312 505 24	27	-0.091 176 23	0.928 931 14	0.402 727 09		
13	0.621 644 74	0.730 708 56	0.316 784 53	28	-0.108 024 17	0.927 441 63	0.402 081 07		
14	0.608 279 79	0.740 371 80	0.320 973 51	29	-0.124 840 84	0.925 689 79	0.401 321 19		
15	0.594 741 20	0.749 823 99	0.325 071 12	30	-0.141 621 26	0.923 676 31	0.400 447 79		
16	0.581 032 61	0.759 062 73	0.329 076 34	<b>Juill.</b>	1	-0.158 360 53	0.921 402 02	0.399 461 24	
17	0.567 157 68	0.768 085 57	0.332 988 13		2	-0.175 053 80	0.918 867 82	0.398 361 96	

## SOLEIL 2006 à 0h TT

## COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Z	Date	X	Y	Z
	ua	ua	ua		ua	ua	ua
<b>Juill.</b> 3	-0.191 696 29	0.916 074 69	0.397 150 42	<b>Août</b> 18	-0.827 642 40	0.534 844 28	0.231 877 79
4	-0.208 283 32	0.913 023 71	0.395 827 09	19	-0.837 157 45	0.521 923 48	0.226 276 22
5	-0.224 810 24	0.909 715 99	0.394 392 50	20	-0.846 433 55	0.508 852 33	0.220 609 32
6	-0.241 272 49	0.906 152 75	0.392 847 21	21	-0.855 467 58	0.495 634 54	0.214 878 69
7	-0.257 665 59	0.902 335 25	0.391 191 78	22	-0.864 256 51	0.482 273 94	0.209 086 01
8	-0.273 985 15	0.898 264 78	0.389 426 81	23	-0.872 797 42	0.468 774 42	0.203 233 00
9	-0.290 226 87	0.893 942 69	0.387 552 90	24	-0.881 087 49	0.455 139 97	0.197 321 41
10	-0.306 386 52	0.889 370 32	0.385 570 65	25	-0.889 124 04	0.441 374 64	0.191 353 02
11	-0.322 459 97	0.884 549 01	0.383 480 64	26	-0.896 904 51	0.427 482 54	0.185 329 64
12	-0.338 443 10	0.879 480 07	0.381 283 44	27	-0.904 426 45	0.413 467 84	0.179 253 11
13	-0.354 331 84	0.874 164 77	0.378 979 57	28	-0.911 687 54	0.399 334 74	0.173 125 29
14	-0.370 122 07	0.868 604 33	0.376 569 55	29	-0.918 685 59	0.385 087 49	0.166 948 04
15	-0.385 809 62	0.862 799 99	0.374 053 87	30	-0.925 418 53	0.370 730 34	0.160 723 24
16	-0.401 390 21	0.856 752 95	0.371 433 00	31	-0.931 884 42	0.356 267 58	0.154 452 76
17	-0.416 859 50	0.850 464 50	0.368 707 47	<b>Sept.</b> 1	-0.938 081 45	0.341 703 50	0.148 138 50
18	-0.432 213 02	0.843 935 99	0.365 877 82	2	-0.944 007 94	0.327 042 39	0.141 782 33
19	-0.447 446 26	0.837 168 88	0.362 944 63	3	-0.949 662 31	0.312 288 53	0.135 386 11
20	-0.462 554 62	0.830 164 74	0.359 908 58	4	-0.955 043 14	0.297 446 15	0.128 951 69
21	-0.477 533 52	0.822 925 31	0.356 770 37	5	-0.960 149 08	0.282 519 44	0.122 480 86
22	-0.492 378 34	0.815 452 44	0.353 530 81	6	-0.964 978 88	0.267 512 52	0.115 975 41
23	-0.507 084 50	0.807 748 12	0.350 190 75	7	-0.969 531 32	0.252 429 41	0.109 437 04
24	-0.521 647 46	0.799 814 49	0.346 751 12	8	-0.973 805 18	0.237 274 10	0.102 867 44
25	-0.536 062 73	0.791 653 81	0.343 212 92	9	-0.977 799 19	0.222 050 49	0.096 268 26
26	-0.550 325 90	0.783 268 46	0.339 577 19	10	-0.981 512 01	0.206 762 50	0.089 641 13
27	-0.564 432 66	0.774 660 94	0.335 845 03	11	-0.984 942 22	0.191 414 08	0.082 987 73
28	-0.578 378 76	0.765 833 82	0.332 017 59	12	-0.988 088 38	0.176 009 29	0.076 309 78
29	-0.592 160 07	0.756 789 77	0.328 096 05	13	-0.990 949 01	0.160 552 28	0.069 609 05
30	-0.605 772 55	0.747 531 54	0.324 081 64	14	-0.993 522 70	0.145 047 31	0.062 887 36
31	-0.619 212 27	0.738 061 94	0.319 975 60	15	-0.995 808 07	0.129 498 77	0.056 146 62
<b>Août</b> 1	-0.632 475 38	0.728 383 83	0.315 779 20	16	-0.997 803 87	0.113 911 14	0.049 388 77
2	-0.645 558 14	0.718 500 15	0.311 493 74	17	-0.999 508 92	0.098 288 98	0.042 615 79
3	-0.658 456 91	0.708 413 86	0.307 120 55	18	-1.000 922 19	0.082 636 94	0.035 829 73
4	-0.671 168 17	0.698 127 99	0.302 660 95	19	-1.002 042 77	0.066 959 73	0.029 032 62
5	-0.683 688 49	0.687 645 56	0.298 116 28	20	-1.002 869 86	0.051 262 08	0.022 226 57
6	-0.696 014 56	0.676 969 64	0.293 487 88	21	-1.003 402 82	0.035 548 80	0.015 413 68
7	-0.708 143 19	0.666 103 28	0.288 777 08	22	-1.003 641 13	0.019 824 72	0.008 596 06
8	-0.720 071 28	0.655 049 48	0.283 985 20	23	-1.003 584 42	0.004 094 69	0.001 775 87
9	-0.731 795 77	0.643 811 22	0.279 113 50	24	-1.003 232 45	-0.011 636 43	-0.005 044 78
10	-0.743 313 67	0.632 391 42	0.274 163 23	25	-1.002 585 13	-0.027 363 76	-0.011 863 72
11	-0.754 621 95	0.620 792 93	0.269 135 58	26	-1.001 642 52	-0.043 082 44	-0.018 678 83
12	-0.765 717 52	0.609 018 59	0.264 031 75	27	-1.000 404 81	-0.058 787 60	-0.025 487 98
13	-0.776 597 22	0.597 071 24	0.258 852 91	28	-0.998 872 32	-0.074 474 43	-0.032 289 04
14	-0.787 257 81	0.584 953 77	0.253 600 28	29	-0.997 045 53	-0.090 138 11	-0.039 079 92
15	-0.797 695 97	0.572 669 17	0.248 275 11	30	-0.994 925 03	-0.105 773 90	-0.045 858 54
16	-0.807 908 35	0.560 220 55	0.242 878 71	<b>Oct.</b> 1	-0.992 511 56	-0.121 377 10	-0.052 622 88
17	-0.817 891 61	0.547 611 14	0.237 412 45	2	-0.989 805 94	-0.136 943 09	-0.059 370 92

## SOLEIL 2006 à 0h TT

## COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Équinoxe et équateur moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Z	Date	X	Y	Z
	ua	ua	ua		ua	ua	ua
<b>Oct.</b> 3	-0.986 809 13	-0.152 467 33	-0.066 100 71	<b>Nov.</b> 18	-0.561 289 74	-0.746 660 88	-0.323 704 12
4	-0.983 522 14	-0.167 945 37	-0.072 810 35	19	-0.546 758 07	-0.755 453 90	-0.327 516 74
5	-0.979 946 01	-0.183 372 88	-0.079 497 99	20	-0.532 057 60	-0.764 014 66	-0.331 228 58
6	-0.976 081 79	-0.198 745 62	-0.086 161 85	21	-0.517 192 94	-0.772 340 17	-0.334 838 30
7	-0.971 930 50	-0.214 059 41	-0.092 800 15	22	-0.502 168 79	-0.780 427 51	-0.338 344 64
8	-0.967 493 07	-0.229 310 10	-0.099 411 15	23	-0.486 989 97	-0.788 273 93	-0.341 746 37
9	-0.962 770 40	-0.244 493 53	-0.105 993 09	24	-0.471 661 41	-0.795 876 78	-0.345 042 35
10	-0.957 763 34	-0.259 605 46	-0.112 544 16	25	-0.456 188 09	-0.803 233 55	-0.348 231 51
11	-0.952 472 75	-0.274 641 57	-0.119 062 53	26	-0.440 575 07	-0.810 341 91	-0.351 312 82
12	-0.946 899 54	-0.289 597 47	-0.125 546 29	27	-0.424 827 43	-0.817 199 65	-0.354 285 36
13	-0.941 044 74	-0.304 468 66	-0.131 993 49	28	-0.408 950 26	-0.823 804 75	-0.357 148 27
14	-0.934 909 47	-0.319 250 60	-0.138 402 16	29	-0.392 948 64	-0.830 155 30	-0.359 900 78
15	-0.928 494 97	-0.333 938 70	-0.144 770 29	30	-0.376 827 62	-0.836 249 57	-0.362 542 16
16	-0.921 802 64	-0.348 528 31	-0.151 095 85	<b>Déc.</b> 1	-0.360 592 18	-0.842 085 92	-0.365 071 75
17	-0.914 834 02	-0.363 014 82	-0.157 376 81	2	-0.344 247 22	-0.847 662 81	-0.367 488 91
18	-0.907 590 77	-0.377 393 58	-0.163 611 13	3	-0.327 797 56	-0.852 978 76	-0.369 793 06
19	-0.900 074 70	-0.391 659 95	-0.169 796 77	4	-0.311 247 96	-0.858 032 33	-0.371 983 59
20	-0.892 287 75	-0.405 809 32	-0.175 931 69	5	-0.294 603 12	-0.862 822 07	-0.374 059 90
21	-0.884 232 02	-0.419 837 06	-0.182 013 87	6	-0.277 867 73	-0.867 346 52	-0.376 021 37
22	-0.875 909 73	-0.433 738 62	-0.188 041 29	7	-0.261 046 51	-0.871 604 22	-0.377 867 35
23	-0.867 323 26	-0.447 509 45	-0.194 011 96	8	-0.244 144 22	-0.875 593 66	-0.379 597 19
24	-0.858 475 11	-0.461 145 06	-0.199 923 91	9	-0.227 165 70	-0.879 313 39	-0.381 210 23
25	-0.849 367 96	-0.474 641 04	-0.205 775 20	10	-0.210 115 89	-0.882 761 96	-0.382 705 82
26	-0.840 004 57	-0.487 993 02	-0.211 563 92	11	-0.192 999 82	-0.885 937 96	-0.384 083 33
27	-0.830 387 88	-0.501 196 74	-0.217 288 20	12	-0.175 822 60	-0.888 840 07	-0.385 342 14
28	-0.820 520 90	-0.514 248 03	-0.222 946 25	13	-0.158 589 44	-0.891 467 03	-0.386 481 68
29	-0.810 406 78	-0.527 142 81	-0.228 536 28	14	-0.141 305 61	-0.893 817 66	-0.387 501 42
30	-0.800 048 75	-0.539 877 13	-0.234 056 61	15	-0.123 976 47	-0.895 890 90	-0.388 400 86
31	-0.789 450 09	-0.552 447 16	-0.239 505 59	16	-0.106 603 44	-0.897 685 73	-0.389 179 53
<b>Nov.</b> 1	-0.778 614 15	-0.564 849 21	-0.244 881 65	17	-0.089 204 02	-0.899 201 27	-0.389 837 02
2	-0.767 544 26	-0.577 079 70	-0.250 183 27	18	-0.071 771 79	-0.900 436 74	-0.390 372 98
3	-0.756 243 78	-0.589 135 16	-0.255 409 00	19	-0.054 316 37	-0.901 391 46	-0.390 787 08
4	-0.744 715 97	-0.601 012 22	-0.260 557 43	20	-0.036 843 49	-0.902 064 90	-0.391 079 10
5	-0.732 964 05	-0.612 707 56	-0.265 627 14	21	-0.019 358 91	-0.902 456 67	-0.391 248 84
6	-0.720 991 19	-0.624 217 87	-0.270 616 76	22	-0.001 868 42	-0.902 566 55	-0.391 296 22
7	-0.708 800 52	-0.635 539 79	-0.275 524 86	23	0.015 622 14	-0.902 394 46	-0.391 221 22
8	-0.696 395 18	-0.646 669 95	-0.280 349 98	24	0.033 106 95	-0.901 940 54	-0.391 023 91
9	-0.683 778 35	-0.657 604 90	-0.285 090 65	25	0.050 580 24	-0.901 205 07	-0.390 704 44
10	-0.670 953 30	-0.668 341 15	-0.289 745 34	26	0.068 036 29	-0.900 188 53	-0.390 263 06
11	-0.657 923 42	-0.678 875 21	-0.294 312 51	27	0.085 469 50	-0.898 891 51	-0.389 700 07
12	-0.644 692 22	-0.689 203 55	-0.298 790 63	28	0.102 874 34	-0.897 314 76	-0.389 015 83
13	-0.631 263 34	-0.699 322 68	-0.303 178 16	29	0.120 245 44	-0.895 459 12	-0.388 210 73
14	-0.617 640 54	-0.709 229 16	-0.307 473 57	30	0.137 577 52	-0.893 325 48	-0.387 285 23
15	-0.603 827 71	-0.718 919 55	-0.311 675 34	31	0.154 865 41	-0.890 914 82	-0.386 239 75
16	-0.589 828 86	-0.728 390 49	-0.315 782 00	32	0.172 104 06	-0.888 228 10	-0.385 074 74
17	-0.575 648 12	-0.737 638 69	-0.319 792 07	33	0.189 288 47	-0.885 266 33	-0.383 790 66





## LUNE

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

## LUNE 2006 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 18 34 14.13	-28 12 48.70	364 794.399	Janv. 11	0 4 38 7.83	26 39 1.40	391 944.472
	6 18 50 50.41	-27 56 25.41	364 069.012		6 4 52 7.68	27 10 11.04	392 794.486
	12 19 7 24.18	-27 32 29.50	363 438.952		12 5 6 11.52	27 35 59.33	393 624.294
	18 19 23 52.72	-27 1 7.97	362 906.786		18 5 20 18.18	27 56 21.67	394 433.753
1	0 19 40 13.54	-26 22 32.05	362 474.346	12	0 5 34 26.41	28 11 15.05	395 222.697
	6 19 56 24.38	-25 36 56.81	362 142.715		6 5 48 34.87	28 20 38.09	395 990.922
	12 20 12 23.33	-24 44 40.79	361 912.231		12 6 2 42.19	28 24 31.12	396 738.162
	18 20 28 8.80	-23 46 5.43	361 782.486		18 6 16 46.98	28 22 56.21	397 464.070
2	0 20 43 39.59	-22 41 34.60	361 752.353	13	0 6 30 47.88	28 15 57.07	398 168.204
	6 20 58 54.84	-21 31 33.95	361 820.015		6 6 44 43.56	28 3 39.06	398 850.012
	12 21 13 54.05	-20 16 30.45	361 982.996		12 6 58 32.80	27 46 9.04	399 508.819
	18 21 28 37.04	-18 56 51.87	362 238.219		18 7 12 14.44	27 23 35.28	400 143.818
3	0 21 43 3.92	-17 33 6.29	362 582.049	14	0 7 25 47.48	26 56 7.30	400 754.064
	6 21 57 15.04	-16 5 41.79	363 010.363		6 7 39 11.05	26 23 55.68	401 338.470
	12 22 11 10.98	-14 35 6.06	363 518.606		12 7 52 24.41	25 47 11.92	401 895.803
	18 22 24 52.50	-13 1 46.20	364 101.867		18 8 5 27.01	25 6 8.22	402 424.685
4	0 22 38 20.51	-11 26 8.48	364 754.942	15	0 8 18 18.42	24 20 57.35	402 923.596
	6 22 51 36.03	-9 48 38.25	365 472.408		6 8 30 58.38	23 31 52.44	403 390.883
	12 23 4 40.16	-8 9 39.84	366 248.691		12 8 43 26.79	22 39 6.84	403 824.758
	18 23 17 34.08	-6 29 36.49	367 078.132		18 8 55 43.65	21 42 53.96	404 223.319
5	0 23 30 19.00	-4 48 50.40	367 955.052	16	0 9 7 49.13	20 43 27.21	404 584.554
	6 23 42 56.17	-3 7 42.70	368 873.813		6 9 19 43.48	19 40 59.79	404 906.356
	12 23 55 26.85	-1 26 33.52	369 828.869		12 9 31 27.09	18 35 44.70	405 186.542
	18 0 7 52.29	0 14 17.93	370 814.822		18 9 43 0.40	17 27 54.63	405 422.864
6	0 0 20 13.74	1 54 33.33	371 826.460	17	0 9 54 23.98	16 17 41.88	405 613.032
	6 0 32 32.42	3 33 55.13	372 858.798		6 10 5 38.42	15 5 18.40	405 754.733
	12 0 44 49.54	5 12 6.46	373 907.108		12 10 16 44.42	13 50 55.71	405 845.650
	18 0 57 6.25	6 48 51.07	374 966.948		18 10 27 42.69	12 34 44.91	405 883.486
7	0 1 9 23.68	8 23 53.22	376 034.180	18	0 10 38 34.01	11 16 56.69	405 865.986
	6 1 21 42.92	9 56 57.63	377 104.982		6 10 49 19.20	9 57 41.36	405 790.960
	12 1 34 4.96	11 27 49.36	378 175.859		12 10 59 59.09	8 37 8.85	405 656.308
	18 1 46 30.79	12 56 13.80	379 243.644		18 11 10 34.56	7 15 28.76	405 460.041
8	0 1 59 1.26	14 21 56.58	380 305.499	19	0 11 21 6.52	5 52 50.39	405 200.314
	6 2 11 37.20	15 44 43.57	381 358.907		6 11 31 35.88	4 29 22.82	404 875.440
	12 2 24 19.30	17 4 20.84	382 401.661		12 11 42 3.58	3 5 14.92	404 483.925
	18 2 37 8.18	18 20 34.66	383 431.851		18 11 52 30.61	1 40 35.45	404 024.485
9	0 2 50 4.32	19 33 11.53	384 447.849	20	0 12 2 57.92	0 15 33.08	403 496.075
	6 3 3 8.09	20 41 58.22	385 448.285		6 12 13 26.54	-1 9 43.48	402 897.911
	12 3 16 19.71	21 46 41.82	386 432.029		12 12 23 57.48	-2 35 5.46	402 229.497
	18 3 29 39.28	22 47 9.84	387 398.166		18 12 34 31.78	-4 0 23.93	401 490.644
10	0 3 43 6.72	23 43 10.27	388 345.969	21	0 12 45 10.50	-5 25 29.71	400 681.494
	6 3 56 41.78	24 34 31.77	389 274.876		6 12 55 54.71	-6 50 13.30	399 802.541
	12 4 10 24.06	25 21 3.74	390 184.460		12 13 6 45.50	-8 14 24.78	398 854.653
	18 4 24 12.99	26 2 36.49	391 074.404		18 13 17 43.98	-9 37 53.72	397 839.088

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
<b>Janv.</b>	22 0	13 28 51.25	-11 0 29.07	396 757.513	<b>Févr.</b>	2 0	0 3 24.82	- 0 6 23.48	364 063.341
	6	13 40 8.45	-12 21 59.10	395 612.019		6	0 16 14.57	1 38 13.10	365 178.042
	12	13 51 36.70	-13 42 11.29	394 405.136		12	0 29 0.47	3 21 49.84	366 354.654
	18	14 3 17.09	-15 0 52.22	393 139.840		18	0 41 43.69	5 4 6.43	367 585.620
	23 0	14 15 10.74	-16 17 47.50	391 819.569	3 0	0 54 25.35	6 44 43.58	368 863.360	
	6	14 27 18.71	-17 32 41.73	390 448.220	6	1 7 6.56	8 23 22.96	370 180.352	
	12	14 39 42.01	-18 45 18.38	389 030.158	12	1 19 48.37	9 59 47.13	371 529.196	
	18	14 52 21.59	-19 55 19.78	387 570.211	18	1 32 31.75	11 33 39.46	372 902.678	
	24 0	15 5 18.31	-21 2 27.11	386 073.666	4 0	1 45 17.65	13 4 44.11	374 293.818	
	6	15 18 32.92	-22 6 20.44	384 546.258	6	1 58 6.90	14 32 45.89	375 695.920	
	12	15 32 6.03	-23 6 38.73	382 994.157	12	2 11 0.26	15 57 30.31	377 102.615	
	18	15 45 58.04	-24 3 0.01	381 423.946	18	2 23 58.42	17 18 43.46	378 507.884	
	25 0	16 0 9.17	-24 55 1.52	379 842.596	5 0	2 37 1.93	18 36 12.02	379 906.093	
	6	16 14 39.39	-25 42 19.93	378 257.433	6	2 50 11.26	19 49 43.24	381 292.007	
	12	16 29 28.39	-26 24 31.67	376 676.101	12	3 3 26.72	20 59 4.98	382 660.802	
	18	16 44 35.55	-27 1 13.29	375 106.518	18	3 16 48.52	22 4 5.66	384 008.075	
	26 0	16 59 59.92	-27 32 1.88	373 556.822	6 0	3 30 16.71	23 4 34.41	385 329.845	
	6	17 15 40.24	-27 56 35.61	372 035.317	6	3 43 51.21	24 0 21.00	386 622.549	
	12	17 31 34.88	-28 14 34.20	370 550.405	12	3 57 31.77	24 51 16.03	387 883.036	
	18	17 47 41.93	-28 25 39.53	369 110.520	18	4 11 18.00	25 37 10.94	389 108.554	
	27 0	18 3 59.17	-28 29 36.18	367 724.048	7 0	4 25 9.36	26 17 58.13	390 296.738	
	6	18 20 24.17	-28 26 11.91	366 399.253	6	4 39 5.16	26 53 31.05	391 445.593	
	12	18 36 54.31	-28 15 18.14	365 144.187	12	4 53 4.57	27 23 44.30	392 553.471	
	18	18 53 26.90	-27 56 50.26	363 966.612	18	5 7 6.66	27 48 33.75	393 619.054	
	28 0	19 9 59.22	-27 30 47.89	362 873.904	8 0	5 21 10.37	28 7 56.54	394 641.327	
	6	19 26 28.63	-26 57 14.99	361 872.976	6	5 35 14.57	28 21 51.25	395 619.552	
	12	19 42 52.64	-26 16 19.75	360 970.188	12	5 49 18.08	28 30 17.86	396 553.246	
	18	19 59 8.96	-25 28 14.49	360 171.270	18	6 3 19.68	28 33 17.80	397 442.154	
	29 0	20 15 15.61	-24 33 15.34	359 481.251	9 0	6 17 18.13	28 30 53.97	398 286.218	
	6	20 31 10.88	-23 31 41.83	358 904.388	6	6 31 12.24	28 23 10.66	399 085.553	
	12	20 46 53.41	-22 23 56.51	358 444.115	12	6 45 0.86	28 10 13.52	399 840.420	
	18	21 2 22.21	-21 10 24.36	358 102.999	18	6 58 42.90	27 52 9.47	400 551.198	
	30 0	21 17 36.58	-19 51 32.36	357 882.702	10 0	7 12 17.38	27 29 6.59	401 218.360	
	6	21 32 36.18	-18 27 48.96	357 783.968	6	7 25 43.42	27 1 14.02	401 842.443	
	12	21 47 20.94	-16 59 43.58	357 806.615	12	7 39 0.26	26 28 41.81	402 424.029	
	18	22 1 51.07	-15 27 46.21	357 949.544	18	7 52 7.27	25 51 40.78	402 963.717	
	31 0	22 16 7.00	-13 52 27.01	358 210.761	11 0	8 5 3.98	25 10 22.39	403 462.105	
	6	22 30 9.35	-12 14 15.96	358 587.417	6	8 17 50.03	24 24 58.60	403 919.765	
	12	22 43 58.91	-10 33 42.59	359 075.851	12	8 30 25.19	23 35 41.74	404 337.230	
	18	22 57 36.61	- 8 51 15.76	359 671.651	18	8 42 49.37	22 42 44.38	404 714.969	
<b>Févr.</b>	1 0	23 11 3.45	- 7 7 23.47	360 369.723	12 0	8 55 2.62	21 46 19.22	405 053.380	
	6	23 24 20.53	- 5 22 32.73	361 164.365	6	9 7 5.07	20 46 39.00	405 352.770	
	12	23 37 28.99	- 3 37 9.47	362 049.351	12	9 18 56.97	19 43 56.40	405 613.346	
	18	23 50 30.03	- 1 51 38.51	363 018.017	18	9 30 38.66	18 38 24.00	405 835.208	

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km
<b>Févr.</b> 13	0 9 42 10.56	17 30 14.19	406 018.339	<b>Févr.</b> 24	0 18 41 48.00	-28 18 46.40	369 704.482
	6 9 53 33.18	16 19 39.13	406 162.600		6 18 57 52.68	-27 58 13.91	368 297.987
	12 10 4 47.07	15 6 50.74	406 267.730		12 19 13 57.85	-27 30 28.82	366 938.067
	18 10 15 52.86	13 52 0.67	406 333.345		18 19 30 1.31	-26 55 33.32	365 632.897
14	0 10 26 51.20	12 35 20.27	406 358.938	25	0 19 46 0.98	-26 13 33.12	364 390.607
	6 10 37 42.80	11 17 0.60	406 343.885		6 20 1 54.96	-25 24 37.35	363 219.197
	12 10 48 28.41	9 57 12.47	406 287.452		12 20 17 41.55	-24 28 58.50	362 126.453
	18 10 59 8.80	8 36 6.38	406 188.802		18 20 33 19.32	-23 26 52.09	361 119.851
15	0 11 9 44.77	7 13 52.62	406 047.005	26	0 20 48 47.07	-22 18 36.50	360 206.473
	6 11 20 17.14	5 50 41.24	405 861.054		6 21 4 3.93	-21 4 32.62	359 392.909
	12 11 30 46.76	4 26 42.10	405 629.875		12 21 19 9.27	-19 45 3.48	358 685.177
	18 11 41 14.49	3 2 4.90	405 352.346		18 21 34 2.74	-18 20 33.97	358 088.633
16	0 11 51 41.21	1 36 59.24	405 027.315	27	0 21 48 44.26	-16 51 30.44	357 607.899
	6 12 2 7.81	0 11 34.64	404 653.619		6 22 3 13.95	-15 18 20.40	357 246.793
	12 12 12 35.21	-1 13 59.42	404 230.103		12 22 17 32.17	-13 41 32.19	357 008.269
	18 12 23 4.34	-2 39 33.40	403 755.645		18 22 31 39.42	-12 1 34.69	356 894.377
17	0 12 33 36.14	-4 4 57.70	403 229.177	28	0 22 45 36.38	-10 18 57.07	356 906.224
	6 12 44 11.56	-5 30 2.58	402 649.710		6 22 59 23.85	-8 34 8.53	357 043.959
	12 12 54 51.56	-6 54 38.09	402 016.361		12 23 13 2.72	-6 47 38.12	357 306.770
	18 13 5 37.14	-8 18 34.02	401 328.375		18 23 26 33.96	-4 4 59 54.50	357 692.890
18	0 13 16 29.28	-9 41 39.81	400 585.153	<b>Mars</b> 1	0 23 39 58.61	-3 11 25.86	358 199.630
	6 13 27 28.96	-11 3 44.53	399 786.278		6 23 53 17.72	-1 22 39.72	358 823.411
	12 13 38 37.20	-12 24 36.75	398 931.542		12 0 6 32.39	0 25 57.12	359 559.821
	18 13 49 54.99	-13 44 4.51	398 020.973		18 0 19 43.71	2 13 58.72	360 403.674
19	0 14 1 23.31	-15 1 55.26	397 054.860	2	0 0 32 52.75	4 1 0.04	361 349.085
	6 14 13 3.15	-16 17 55.76	396 033.777		6 0 46 0.58	5 46 36.97	362 389.550
	12 14 24 55.44	-17 31 52.06	394 958.611		12 0 59 8.23	7 30 26.41	363 518.028
	18 14 37 1.09	-18 43 29.42	393 830.587		18 1 12 16.67	9 12 6.25	364 727.034
20	0 14 49 20.97	-19 52 32.29	392 651.284	3	0 1 25 26.83	10 51 15.40	366 008.729
	6 15 1 55.85	-20 58 44.32	391 422.661		6 1 38 39.56	12 27 33.79	367 355.008
	12 15 14 46.44	-22 1 48.30	390 147.076		12 1 51 55.64	14 0 42.36	368 757.591
	18 15 27 53.32	-23 1 26.24	388 827.302		18 2 5 15.76	15 30 23.07	370 208.108
21	0 15 41 16.95	-23 57 19.42	387 466.538	4	0 2 18 40.51	16 56 18.91	371 698.180
	6 15 54 57.60	-24 49 8.48	386 068.424		6 2 32 10.34	18 18 13.89	373 219.493
	12 16 8 55.39	-25 36 33.58	384 637.046		12 2 45 45.62	19 35 53.02	374 763.871
	18 16 23 10.21	-26 19 14.57	383 176.943		18 2 59 26.56	20 49 2.40	376 323.335
22	0 16 37 41.70	-26 56 51.24	381 693.100	5	0 3 13 13.24	21 57 29.20	377 890.160
	6 16 52 29.29	-27 29 3.61	380 190.948		6 3 27 5.58	23 1 1.69	379 456.924
	12 17 7 32.10	-27 55 32.26	378 676.349		12 3 41 3.37	23 59 29.32	381 016.549
	18 17 22 49.00	-28 15 58.69	377 155.580		18 3 55 6.23	24 52 42.75	382 562.336
23	0 17 38 18.59	-28 30 5.74	375 635.312	6	0 4 9 13.62	25 40 33.91	384 087.993
	6 17 53 59.24	-28 37 37.99	374 122.576		6 4 23 24.89	26 22 56.09	385 587.654
	12 18 9 49.07	-28 38 22.19	372 624.729		12 4 37 39.22	26 59 43.93	387 055.899
	18 18 25 46.05	-28 32 7.60	371 149.408		18 4 51 55.69	27 30 53.53	388 487.759

## LUNE 2006 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	5 6 13.25	27 56 22.48	389 878.726	Mars 18 0	13 50 12.87	-13 50 33.42	398 696.777
6	5 20 30.81	28 16 9.84	391 224.750	6	14 1 42.27	-15 8 35.39	397 943.475
12	5 34 47.19	28 30 16.19	392 522.238	12	14 13 22.45	-16 24 40.31	397 154.851
18	5 49 1.19	28 38 43.61	393 768.045	18	14 25 14.19	-17 38 33.97	396 330.783
8 0	6 3 11.61	28 41 35.59	394 959.462	19 0	14 37 18.27	-18 50 1.62	395 471.219
6	6 17 17.26	28 38 57.03	396 094.209	6	14 49 35.37	-19 58 47.96	394 576.197
12	6 31 17.01	28 30 54.12	397 170.410	12	15 2 6.12	-21 4 37.13	393 645.871
18	6 45 9.80	28 17 34.23	398 186.583	18	15 14 51.04	-22 7 12.77	392 680.542
9 0	6 58 54.67	27 59 5.84	399 141.617	20 0	15 27 50.56	-23 6 18.06	391 680.680
6	7 12 30.75	27 35 38.32	400 034.748	6	15 41 4.96	-24 1 35.78	390 646.952
12	7 25 57.31	27 7 21.91	400 865.543	12	15 54 34.38	-24 52 48.45	389 580.249
18	7 39 13.74	26 34 27.46	401 633.870	18	16 8 18.81	-25 39 38.44	388 481.712
10 0	7 52 19.57	25 57 6.39	402 339.878	21 0	16 22 18.02	-26 21 48.14	387 352.752
6	8 5 14.46	25 15 30.51	402 983.969	6	16 36 31.62	-26 59 0.15	386 195.077
12	8 17 58.20	24 29 51.92	403 566.776	12	16 50 58.99	-27 30 57.55	385 010.713
18	8 30 30.72	23 40 22.86	404 089.132	18	17 5 39.29	-27 57 24.08	383 802.019
11 0	8 42 52.04	22 47 15.69	404 552.051	22 0	17 20 31.48	-28 18 4.50	382 571.706
6	8 55 2.33	21 50 42.73	404 956.698	6	17 35 34.31	-28 32 44.79	381 322.850
12	9 7 1.82	20 50 56.23	405 304.366	12	17 50 46.33	-28 41 12.50	380 058.900
18	9 18 50.86	19 48 8.33	405 596.450	18	18 6 5.95	-28 43 16.98	378 783.683
12 0	9 30 29.87	18 42 30.98	405 834.423	23 0	18 21 31.45	-28 38 49.67	377 501.407
6	9 41 59.35	17 34 15.93	406 019.813	6	18 37 1.00	-28 27 44.28	376 216.654
12	9 53 19.83	16 23 34.74	406 154.181	12	18 52 32.76	-28 9 57.02	374 934.376
18	10 4 31.94	15 10 38.71	406 239.097	18	19 8 4.88	-27 45 26.63	373 659.873
13 0	10 15 36.31	13 55 38.94	406 276.123	24 0	19 23 35.55	-27 14 14.55	372 398.778
6	10 26 33.64	12 38 46.32	406 266.791	6	19 39 3.10	-26 36 24.85	371 157.024
12	10 37 24.65	11 20 11.52	406 212.587	12	19 54 25.96	-25 52 4.23	369 940.816
18	10 48 10.08	10 0 5.04	406 114.936	18	20 9 42.76	-25 1 21.88	368 756.585
14 0	10 58 50.72	8 38 37.21	405 975.182	25 0	20 24 52.32	-24 4 29.39	367 610.942
6	11 9 27.35	7 15 58.25	405 794.585	6	20 39 53.68	-23 1 40.56	366 510.628
12	11 20 0.78	5 52 18.24	405 574.299	12	20 54 46.11	-21 53 11.20	365 462.447
18	11 30 31.83	4 27 47.24	405 315.372	18	21 9 29.10	-20 39 18.98	364 473.206
15 0	11 41 1.35	3 2 35.22	405 018.735	26 0	21 24 2.37	-19 20 23.15	363 549.640
6	11 51 30.17	1 36 52.19	404 685.200	6	21 38 25.86	-17 56 44.42	362 698.341
12	12 1 59.17	0 10 48.17	404 315.455	12	21 52 39.69	-16 28 44.72	361 925.679
18	12 12 29.20	-1 15 26.73	403 910.066	18	22 6 44.17	-14 56 47.04	361 237.720
16 0	12 23 1.15	-2 41 42.30	403 469.477	27 0	22 20 39.77	-13 21 15.26	360 640.150
6	12 33 35.89	-4 7 48.15	402 994.018	6	22 34 27.09	-11 42 34.00	360 138.194
12	12 44 14.33	-5 33 33.72	402 483.907	12	22 48 6.86	-10 1 8.47	359 736.543
18	12 54 57.36	-6 58 48.19	401 939.265	18	23 1 39.89	-8 17 24.37	359 439.280
17 0	13 5 45.89	-8 23 20.47	401 360.119	28 0	23 15 7.09	-6 31 47.73	359 249.818
6	13 16 40.80	-9 46 59.14	400 746.425	6	23 28 29.42	-4 44 44.82	359 170.844
12	13 27 43.01	-11 9 32.39	400 098.074	12	23 41 47.88	-2 56 42.03	359 204.271
18	13 38 53.41	-12 30 48.04	399 414.917	18	23 55 3.51	-1 8 5.79	359 351.199

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
<b>Mars</b>	29 0 0 8	17.36	0 40 37.54	359 611.894	<b>Avril</b>	9 0 10 3	28.00	15 18 0.07	405 393.467
	6 0 21	30.47	2 29 1.79	359 985.774		6 10 14	32.44	14 3 14.71	405 503.771
	12 0 34	43.87	4 16 41.04	360 471.407		12 10 25	29.70	12 46 36.64	405 549.165
	18 0 47	58.59	6 3 9.73	361 066.524		18 10 36	20.58	11 28 15.95	405 531.740
	30 0 1 1	15.58	7 48 2.73	361 768.046		10 0 10 47	5.91	10 8 22.51	405 453.737
	6 1 14	35.75	9 30 55.47	362 572.115		6 10 57	46.54	8 47 6.02	405 317.527
	12 1 27	59.98	11 11 23.99	363 474.142		12 11 8	23.32	7 24 36.07	405 125.590
	18 1 41	29.01	12 49 5.06	364 468.866		18 11 18	57.12	6 1 2.16	404 880.487
	31 0 1 55	3.52	14 23 36.24	365 550.410		11 0 11 29	28.82	4 36 33.80	404 584.837
	6 2 8	44.09	15 54 36.00	366 712.356		6 11 39	59.30	3 11 20.52	404 241.300
	12 2 22	31.15	17 21 43.81	367 947.818		12 11 50	29.45	1 45 31.93	403 852.548
	18 2 36	25.02	18 44 40.24	369 249.517		18 12 1	0.18	0 19 17.77	403 421.247
<b>Avril</b>	1 0 2 50	25.84	20 3 7.04	370 609.861		12 0 12 11	32.37	- 1 7 12.02	402 950.037
	6 3 4	33.61	21 16 47.27	372 021.024		6 12 22	6.94	- 2 33 47.27	402 441.513
	12 3 18	48.17	22 25 25.43	373 475.023		12 12 32	44.80	- 4 0 17.54	401 898.202
	18 3 33	9.16	23 28 47.52	374 963.791		18 12 43	26.85	- 5 26 32.03	401 322.555
	2 0 3 47	36.05	24 26 41.19	376 479.251		13 0 12 54	13.99	- 6 52 19.59	400 716.923
	6 4 2	8.15	25 18 55.81	378 013.382		6 13 5	7.15	- 8 17 28.64	400 083.548
	12 4 16	44.59	26 5 22.59	379 558.281		12 13 16	7.21	- 9 41 47.16	399 424.553
	18 4 31	24.35	26 45 54.65	381 106.220		18 13 27	15.07	-11 5 2.62	398 741.929
	3 0 4 46	6.27	27 20 27.07	382 649.697		14 0 13 38	31.59	-12 27 1.97	398 037.527
	6 5 0	49.10	27 48 56.93	384 181.484		6 13 49	57.64	-13 47 31.62	397 313.059
	12 5 15	31.48	28 11 23.28	385 694.661		12 14 1	34.03	-15 6 17.40	396 570.086
	18 5 30	12.02	28 27 47.16	387 182.659		18 14 13	21.56	-16 23 4.59	395 810.026
	4 0 5 44	49.30	28 38 11.52	388 639.278		15 0 14 25	20.95	-17 37 37.89	395 034.152
	6 5 59	21.93	28 42 41.10	390 058.722		6 14 37	32.87	-18 49 41.45	394 243.595
	12 6 13	48.55	28 41 22.31	391 435.605		12 14 49	57.93	-19 58 58.90	393 439.355
	18 6 28	7.89	28 34 23.11	392 764.975		18 15 2	36.62	-21 5 13.40	392 622.310
	5 0 6 42	18.78	28 21 52.78	394 042.320		16 0 15 15	29.35	-22 8 7.74	391 793.223
	6 6 56	20.19	28 4 1.77	395 263.570		6 15 28	36.37	-23 7 24.38	390 952.764
	12 7 10	11.22	27 41 1.49	396 425.104		12 15 41	57.80	-24 2 45.64	390 101.519
	18 7 23	51.13	27 13 4.12	397 523.747		18 15 55	33.60	-24 53 53.80	389 240.014
	6 0 7 37	19.32	26 40 22.40	398 556.762		17 0 16 9	23.56	-25 40 31.30	388 368.730
	6 7 50	35.39	26 3 9.45	399 521.849		6 16 23	27.24	-26 22 20.92	387 488.130
	12 8 3	39.06	25 21 38.65	400 417.132		12 16 37	44.04	-26 59 6.06	386 598.679
	18 8 16	30.21	24 36 3.43	401 241.147		18 16 52	13.12	-27 30 30.90	385 700.868
	7 0 8 29	8.87	23 46 37.18	401 992.831		18 0 17 6	53.46	-27 56 20.75	384 795.240
	6 8 41	35.19	22 53 33.16	402 671.506		6 17 21	43.84	-28 16 22.24	383 882.414
	12 8 53	49.45	21 57 4.37	403 276.859		12 17 36	42.84	-28 30 23.59	382 963.112
	18 9 5	52.00	20 57 23.55	403 808.930		18 17 51	48.92	-28 38 14.88	382 038.183
	8 0 9 17	43.32	19 54 43.09	404 268.089		19 0 18 7	0.40	-28 39 48.21	381 108.625
	6 9 29	23.95	18 49 15.02	404 655.019		6 18 22	15.52	-28 34 57.90	380 175.612
	12 9 40	54.48	17 41 11.02	404 970.690		12 18 37	32.49	-28 23 40.60	379 240.513
	18 9 52	15.60	16 30 42.38	405 216.344		18 18 52	49.51	-28 5 55.36	378 304.911

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
<b>Avril</b>	20 0	19 8 4.84	-27 41 43.63	377 370.624	<b>Mai</b>	1 0	5 21 55.75	28 13 53.95	382 843.358
	6	19 23 16.86	-27 11 9.27	376 439.711		6	5 36 54.52	28 27 41.90	384 235.941
	12	19 38 24.04	-26 34 18.40	375 514.494		12	5 51 49.38	28 35 16.85	385 624.683
	18	19 53 25.04	-25 51 19.31	374 597.555		18	6 6 38.70	28 36 44.51	387 002.827
	21 0	20 8 18.72	-25 2 22.27	373 691.745	2 0	6 21 20.89	28 32 12.65	388 363.784	
	6	20 23 4.13	-24 7 39.37	372 800.181	6	6 35 54.51	28 21 50.86	389 701.177	
	12	20 37 40.55	-23 7 24.31	371 926.241	12	6 50 18.24	28 5 50.31	391 008.872	
	18	20 52 7.46	-22 1 52.20	371 073.551	18	7 4 30.94	27 44 23.52	392 281.010	
	22 0	21 6 24.59	-20 51 19.36	370 245.971	3 0	7 18 31.66	27 17 44.03	393 512.040	
	6	21 20 31.84	-19 36 3.17	369 447.573	6	7 32 19.65	26 46 6.21	394 696.739	
	12	21 34 29.32	-18 16 21.86	368 682.613	12	7 45 54.33	26 9 44.93	395 830.234	
	18	21 48 17.33	-16 52 34.43	367 955.497	18	7 59 15.33	25 28 55.37	396 908.022	
	23 0	22 1 56.29	-15 25 0.48	367 270.751	4 0	8 12 22.47	24 43 52.80	397 925.978	
	6	22 15 26.80	-13 54 0.17	366 632.969	6	8 25 15.74	23 54 52.42	398 880.374	
	12	22 28 49.55	-12 19 54.08	366 046.773	12	8 37 55.26	23 2 9.16	399 767.883	
	18	22 42 5.35	-10 43 3.22	365 516.758	18	8 50 21.33	22 5 57.61	400 585.583	
	24 0	22 55 15.09	- 9 3 48.94	365 047.442	5 0	9 2 34.35	21 6 31.91	401 330.964	
	6	23 8 19.73	- 7 22 32.92	364 643.204	6	9 14 34.83	20 4 5.70	402 001.927	
	12	23 21 20.29	- 5 39 37.15	364 308.232	12	9 26 23.37	18 58 52.04	402 596.781	
	18	23 34 17.82	- 3 55 23.92	364 046.456	18	9 38 0.66	17 51 3.47	403 114.242	
	25 0	23 47 13.40	- 2 10 15.77	363 861.499	6 0	9 49 27.43	16 40 51.94	403 553.426	
	6	0 0 8.13	- 0 24 35.52	363 756.611	6	10 0 44.49	15 28 28.85	403 913.846	
	12	0 13 3.11	1 21 13.78	363 734.621	12	10 11 52.67	14 14 5.12	404 195.395	
	18	0 25 59.44	3 6 48.86	363 797.882	18	10 22 52.83	12 57 51.17	404 398.346	
	26 0	0 38 58.20	4 51 46.30	363 948.230	7 0	10 33 45.89	11 39 57.01	404 523.332	
	6	0 52 0.42	6 35 42.53	364 186.942	6	10 44 32.74	10 20 32.28	404 571.338	
	12	1 5 7.11	8 18 13.89	364 514.703	12	10 55 14.33	8 59 46.34	404 543.686	
	18	1 18 19.20	9 58 56.75	364 931.584	18	11 5 51.60	7 37 48.27	404 442.018	
	27 0	1 31 37.58	11 37 27.52	365 437.021	8 0	11 16 25.50	6 14 47.03	404 268.279	
	6	1 45 3.01	13 13 22.82	366 029.812	6	11 26 56.98	4 50 51.44	404 024.703	
	12	1 58 36.18	14 46 19.53	366 708.113	12	11 37 27.02	3 26 10.32	403 713.788	
	18	2 12 17.65	16 15 54.98	367 469.451	18	11 47 56.58	2 0 52.50	403 338.284	
	28 0	2 26 7.83	17 41 47.06	368 310.739	9 0	11 58 26.64	0 35 6.96	402 901.162	
	6	2 40 6.99	19 3 34.39	369 228.305	6	12 8 58.18	- 0 50 57.16	402 405.603	
	12	2 54 15.21	20 20 56.49	370 217.921	12	12 19 32.17	- 2 17 10.45	401 854.965	
	18	3 8 32.40	21 33 34.03	371 274.845	18	12 30 9.59	- 3 43 23.18	401 252.769	
	29 0	3 22 58.27	22 41 8.93	372 393.867	10 0	12 40 51.44	- 5 9 25.24	400 602.665	
	6	3 37 32.31	23 43 24.67	373 569.355	6	12 51 38.70	- 6 35 6.04	399 908.416	
	12	3 52 13.82	24 40 6.41	374 795.313	12	13 2 32.33	- 8 0 14.47	399 173.866	
	18	4 7 1.87	25 31 1.25	376 065.435	18	13 13 33.32	- 9 24 38.86	398 402.920	
	30 0	4 21 55.35	26 15 58.37	377 373.161	11 0	13 24 42.62	-10 48 6.89	397 599.513	
	6	4 36 52.99	26 54 49.20	378 711.739	6	13 36 1.18	-12 10 25.56	396 767.587	
	12	4 51 53.32	27 27 27.51	380 074.280	12	13 47 29.92	-13 31 21.17	395 911.065	
	18	5 6 54.79	27 53 49.53	381 453.817	18	13 59 9.73	-14 50 39.25	395 033.824	



## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km
<b>Mai</b> 12	0 14 11 1.46	-16 8 4.58	394 139.675	<b>Mai</b> 23	0 0 22 33.61	2 47 6.01	368 656.467
	6 14 23 5.89	-17 23 21.18	393 232.333		6 0 35 10.29	4 28 50.07	368 749.654
	12 14 35 23.73	-18 36 12.32	392 315.400		12 0 47 50.32	6 9 43.43	368 893.915
	18 14 47 55.63	-19 46 20.59	391 392.342		18 1 0 34.78	7 49 25.66	369 090.970
13	0 15 0 42.11	-20 53 27.91	390 466.467	24	0 1 13 24.72	9 27 36.13	369 342.359
	6 15 13 43.56	-21 57 15.71	389 540.912	6 1 26 21.13	11 3 54.01	369 649.399	
	12 15 27 0.25	-22 57 24.96	388 618.625	12 1 39 24.91	12 37 58.32	370 013.155	
	18 15 40 32.24	-23 53 36.42	387 702.351	18 1 52 36.89	14 9 27.99	370 434.397	
14	0 15 54 19.44	-24 45 30.78	386 794.626	25	0 2 5 57.78	15 38 1.91	370 913.581
	6 16 8 21.54	-25 32 48.89	385 897.764	6 2 19 28.18	17 3 19.05	371 450.810	
	12 16 22 37.99	-26 15 12.08	385 013.858	12 2 33 8.53	18 24 58.60	372 045.820	
	18 16 37 8.04	-26 52 22.38	384 144.774	18 2 46 59.11	19 42 40.09	372 697.959	
15	0 16 51 50.68	-27 24 2.88	383 292.154	26	0 3 1 0.04	20 56 3.61	373 406.172
	6 17 6 44.68	-27 49 58.03	382 457.424	6 3 15 11.22	22 4 49.99	374 168.992	
	12 17 21 48.58	-28 9 53.96	381 641.797	12 3 29 32.36	23 8 41.02	374 984.539	
	18 17 37 0.75	-28 23 38.80	380 846.287	18 3 44 2.93	24 7 19.73	375 850.524	
16	0 17 52 19.37	-28 31 2.93	380 071.722	27	0 3 58 42.19	25 0 30.59	376 764.251
	6 18 7 42.53	-28 31 59.19	379 318.760	6 4 13 29.17	25 47 59.82	377 722.632	
	12 18 23 8.22	-28 26 23.10	378 587.910	12 4 28 22.68	26 29 35.56	378 722.205	
	18 18 38 34.44	-28 14 12.92	377 879.551	18 4 43 21.35	27 5 8.16	379 759.157	
17	0 18 53 59.19	-27 55 29.68	377 193.955	28	0 4 58 23.62	27 34 30.32	380 829.344
	6 19 9 20.58	-27 30 17.14	376 531.313	6 5 13 27.81	27 57 37.22	381 928.326	
	12 19 24 36.84	-26 58 41.69	375 891.760	12 5 28 32.13	28 14 26.64	383 051.395	
	18 19 39 46.38	-26 20 52.15	375 275.399	18 5 43 34.75	28 24 58.96	384 193.613	
18	0 19 54 47.80	-25 36 59.58	374 682.329	29	0 5 58 33.83	28 29 17.11	385 349.844
	6 20 9 39.96	-24 47 16.99	374 112.670	6 6 13 27.56	28 27 26.48	386 514.795	
	12 20 24 21.92	-23 51 59.09	373 566.590	12 6 28 14.22	28 19 34.73	387 683.054	
	18 20 38 53.03	-22 51 22.00	373 044.323	18 6 42 52.24	28 5 51.62	388 849.129	
19	0 20 53 12.84	-21 45 43.00	372 546.198	30	0 6 57 20.18	27 46 28.70	390 007.483
	6 21 7 21.18	-20 35 20.22	372 072.652	6 7 11 36.79	27 21 39.03	391 152.577	
	12 21 21 18.05	-19 20 32.50	371 624.251	12 7 25 41.05	26 51 36.94	392 278.906	
	18 21 35 3.68	-18 1 39.10	371 201.704	18 7 39 32.12	26 16 37.66	393 381.032	
20	0 21 48 38.48	-16 38 59.61	370 805.869	31	0 7 53 9.39	25 36 57.06	394 453.622
	6 22 2 3.00	-15 12 53.76	370 437.765	6 8 6 32.46	24 52 51.41	395 491.479	
	12 22 15 17.93	-13 43 41.36	370 098.573	12 8 19 41.12	24 4 37.08	396 489.574	
	18 22 28 24.09	-12 11 42.22	369 789.631	18 8 32 35.36	23 12 30.37	397 443.072	
21	0 22 41 22.39	-10 37 16.12	369 512.435	<b>Juin</b> 1	0 8 45 15.34	22 16 47.32	398 347.363
	6 22 54 13.80	- 9 0 42.75	369 268.624		6 8 57 41.34	21 17 43.56	399 198.083
	12 23 6 59.38	- 7 22 21.75	369 059.969		12 9 9 53.81	20 15 34.23	399 991.141
	18 23 19 40.22	- 5 42 32.74	368 888.351		18 9 21 53.30	19 10 33.85	400 722.734
22	0 23 32 17.45	- 4 1 35.28	368 755.743	2	0 9 33 40.46	18 2 56.33	401 389.369
	6 23 44 52.24	- 2 19 48.97	368 664.181	6 9 45 16.00	16 52 54.89	401 987.878	
	12 23 57 25.75	- 0 37 33.47	368 615.737	12 9 56 40.73	15 40 42.08	402 515.432	
	18 0 9 59.15	1 4 51.49	368 612.485	18 10 7 55.48	14 26 29.82	402 969.555	

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km
<b>Juin</b>	3 0 10 19 1.15	13 10 29.37	403 348.133	<b>Juin</b>	14 0 19 38 22.31	-26 15 1.81	371 747.657
	6 10 29 58.66	11 52 51.43	403 649.422		6 19 53 42.80	-25 30 5.78	371 229.807
	12 10 40 48.96	10 33 46.17	403 872.055		12 20 8 53.17	-24 39 7.26	370 766.447
	18 10 51 33.01	9 13 23.26	404 015.051		18 20 23 52.29	-23 42 23.22	370 357.308
4 0 11 2 11.81	7 51 52.00	404 077.810	15 0 20 38 39.31	-22 40 12.34	370 001.822		
6 11 12 46.35	6 29 21.34	404 060.124	6 20 53 13.67	-21 32 54.64	369 699.152		
12 11 23 17.63	5 5 59.95	403 962.172	12 21 7 35.06	-20 20 51.19	369 448.223		
18 11 33 46.67	3 41 56.35	403 784.517	18 21 21 43.43	-19 4 23.71	369 247.753		
5 0 11 44 14.49	2 17 18.94	403 528.108	16 0 21 35 38.96	-17 43 54.36	369 096.294		
6 11 54 42.13	0 52 16.09	403 194.271	6 21 49 22.03	-16 19 45.45	368 992.258		
12 12 5 10.60	-0 33 3.74	402 784.706	12 22 2 53.20	-14 52 19.28	368 933.961		
18 12 15 40.96	-1 58 31.97	402 301.475	18 22 16 13.17	-13 21 57.94	368 919.656		
6 0 12 26 14.25	-3 23 59.79	401 746.996	17 0 22 29 22.79	-11 49 3.25	368 947.566		
6 12 36 51.51	-4 49 18.06	401 124.030	6 22 42 22.99	-10 13 56.65	369 015.915		
12 12 47 33.79	-6 14 17.25	400 435.667	12 22 55 14.79	-8 36 59.13	369 122.964		
18 12 58 22.16	-7 38 47.36	399 685.313	18 23 7 59.29	-6 58 31.28	369 267.030		
7 0 13 9 17.65	-9 2 37.81	398 876.672	18 0 23 20 37.63	-5 18 53.20	369 446.518		
6 13 20 21.31	-10 25 37.40	398 013.726	6 23 33 10.97	-3 38 24.61	369 659.939		
12 13 31 34.19	-11 47 34.19	397 100.718	12 23 45 40.53	-1 57 24.85	369 905.923		
18 13 42 57.31	-13 8 15.48	396 142.126	18 23 58 7.52	-0 16 12.93	370 183.239		
8 0 13 54 31.66	-14 27 27.72	395 142.640	19 0 0 10 33.13	1 24 52.44	370 490.800		
6 14 6 18.20	-15 44 56.48	394 107.135	6 0 22 58.60	3 5 32.72	370 827.664		
12 14 18 17.86	-17 0 26.40	393 040.644	12 0 35 25.10	4 45 29.56	371 193.043		
18 14 30 31.49	-18 13 41.18	391 948.326	18 0 47 53.80	6 24 24.68	371 586.293		
9 0 14 42 59.86	-19 24 23.59	390 835.439	20 0 1 0 25.85	8 1 59.86	372 006.908		
6 14 55 43.65	-20 32 15.52	389 707.301	6 1 13 2.33	9 37 56.87	372 454.510		
12 15 8 43.42	-21 36 58.04	388 569.259	12 1 25 44.28	11 11 57.45	372 928.833		
18 15 21 59.57	-22 38 11.46	387 426.655	18 1 38 32.68	12 43 43.30	373 429.710		
10 0 15 35 32.33	-23 35 35.57	386 284.789	21 0 1 51 28.43	14 12 56.03	373 957.045		
6 15 49 21.75	-24 28 49.74	385 148.879	6 2 4 32.32	15 39 17.25	374 510.800		
12 16 3 27.65	-25 17 33.21	384 024.033	12 2 17 45.04	17 2 28.55	375 090.964		
18 16 17 49.59	-26 1 25.36	382 915.204	18 2 31 7.18	18 22 11.61	375 697.530		
11 0 16 32 26.90	-26 40 6.07	381 827.162	22 0 2 44 39.15	19 38 8.24	376 330.471		
6 16 47 18.60	-27 13 16.03	380 764.457	6 2 58 21.22	20 50 0.55	376 989.712		
12 17 2 23.49	-27 40 37.18	379 731.388	12 3 12 13.47	21 57 31.08	377 675.102		
18 17 17 40.05	-28 1 53.09	378 731.972	18 3 26 15.80	23 0 22.95	378 386.392		
12 0 17 33 6.55	-28 16 49.38	377 769.920	23 0 3 40 27.89	23 58 20.11	379 123.209		
6 17 48 41.06	-28 25 14.07	376 848.613	6 3 54 49.22	24 51 7.51	379 885.032		
12 18 4 21.45	-28 26 57.96	375 971.080	12 4 9 19.06	25 38 31.35	380 671.175		
18 18 20 5.49	-28 21 54.81	375 139.984	18 4 23 56.42	26 20 19.33	381 480.764		
13 0 18 35 50.91	-28 10 1.59	374 357.613	24 0 4 38 40.17	26 56 20.86	382 312.724		
6 18 51 35.43	-27 51 18.58	373 625.868	6 4 53 28.93	27 26 27.30	383 165.763		
12 19 7 16.86	-27 25 49.29	372 946.266	12 5 8 21.21	27 50 32.11	384 038.367		
18 19 22 53.11	-26 53 40.47	372 319.942	18 5 23 15.36	28 8 31.06	384 928.787		

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
<b>Juin</b>	25 0	5 38 9.63	28 20 22.25	385 835.041	<b>Juill.</b>	6 0	14 24 35.20	-17 51 34.04	394 039.413
	6	5 53 2.26	28 26 6.22	386 754.908		6	14 36 49.02	-19 2 13.83	392 846.387
	12	6 7 51.46	28 25 45.91	387 685.937		12	14 49 18.05	-20 10 15.72	391 611.678
	18	6 22 35.47	28 19 26.58	388 625.448		18	15 2 3.03	-21 15 22.11	390 340.678
	26 0	6 37 12.64	28 7 15.68	389 570.544	7 0	15 15 4.57	-22 17 14.43	389 039.068	
	6	6 51 41.43	27 49 22.68	390 518.121	6	15 28 23.13	-23 15 33.30	387 712.789	
	12	7 6 0.45	27 25 58.80	391 464.884	12	15 41 59.02	-24 9 58.59	386 368.011	
	18	7 20 8.49	26 57 16.82	392 407.364	18	15 55 52.32	-25 0 9.64	385 011.097	
	27 0	7 34 4.54	26 23 30.75	393 341.936	8 0	16 10 2.90	-25 45 45.48	383 648.567	
	6	7 47 47.80	25 44 55.61	394 264.840	6	16 24 30.37	-26 26 25.08	382 287.059	
	12	8 1 17.65	25 1 47.10	395 172.207	12	16 39 14.09	-27 1 47.74	380 933.279	
	18	8 14 33.69	24 14 21.36	396 060.077	18	16 54 13.10	-27 31 33.42	379 593.958	
	28 0	8 27 35.73	23 22 54.77	396 924.429	9 0	17 9 26.17	-27 55 23.20	378 275.803	
	6	8 40 23.73	22 27 43.70	397 761.205	6	17 24 51.80	-28 12 59.69	376 985.443	
	12	8 52 57.83	21 29 4.33	398 566.334	12	17 40 28.21	-28 24 7.51	375 729.377	
	18	9 5 18.31	20 27 12.54	399 335.762	18	17 56 13.39	-28 28 33.70	374 513.922	
	29 0	9 17 25.59	19 22 23.73	400 065.479	10 0	18 12 5.16	-28 26 8.10	373 345.154	
	6	9 29 20.20	18 14 52.79	400 751.540	6	18 28 1.20	-28 16 43.72	372 228.863	
	12	9 41 2.75	17 4 54.00	401 390.096	12	18 43 59.12	-28 0 16.96	371 170.491	
	18	9 52 33.95	15 52 41.03	401 977.420	18	18 59 56.55	-27 36 47.74	370 175.092	
	30 0	10 3 54.57	14 38 26.87	402 509.926	11 0	19 15 51.17	-27 6 19.61	369 247.280	
	6	10 15 5.43	13 22 23.88	402 984.200	6	19 31 40.80	-26 28 59.62	368 391.190	
	12	10 26 7.39	12 4 43.76	403 397.020	12	19 47 23.46	-25 44 58.19	367 610.441	
	18	10 37 1.37	10 45 37.63	403 745.377	18	20 2 57.39	-24 54 28.86	366 908.105	
<b>Juill.</b>	1 0	10 47 48.28	9 25 16.06	404 026.499	12 0	20 18 21.12	-23 57 48.00	366 286.684	
	6	10 58 29.10	8 3 49.07	404 237.870	6	20 33 33.44	-22 55 14.39	365 748.090	
	12	11 9 4.77	6 41 26.27	404 377.248	12	20 48 33.47	-21 47 8.86	365 293.641	
	18	11 19 36.30	5 18 16.84	404 442.685	18	21 3 20.59	-20 33 53.88	364 924.054	
	2 0	11 30 4.67	3 54 29.67	404 432.542	13 0	21 17 54.51	-19 15 53.18	364 639.458	
	6	11 40 30.90	2 30 13.37	404 345.504	6	21 32 15.14	-17 53 31.37	364 439.402	
	12	11 50 56.00	1 5 36.41	404 180.599	12	21 46 22.68	-16 27 13.60	364 322.883	
	18	12 1 21.00	-0 19 12.88	403 937.201	18	22 0 17.52	-14 57 25.28	364 288.368	
	3 0	12 11 46.93	-1 44 6.15	403 615.053	14 0	22 14 0.23	-13 24 31.82	364 333.838	
	6	12 22 14.84	-3 8 55.00	403 214.267	6	22 27 31.54	-11 48 58.40	364 456.822	
	12	12 32 45.77	-4 33 30.88	402 735.341	12	22 40 52.31	-10 11 9.85	364 654.446	
	18	12 43 20.79	-5 57 45.00	402 179.158	18	22 54 3.50	-8 31 30.51	364 923.483	
	4 0	12 54 0.95	-7 21 28.25	401 546.999	15 0	23 7 6.16	-6 50 24.09	365 260.403	
	6	13 4 47.32	-8 44 31.10	400 840.541	6	23 20 1.39	-5 8 13.70	365 661.428	
	12	13 15 40.99	-10 6 43.53	400 061.862	12	23 32 50.35	-3 25 21.75	366 122.587	
	18	13 26 43.01	-11 27 54.93	399 213.439	18	23 45 34.22	-1 42 10.00	366 639.769	
	5 0	13 37 54.45	-12 47 54.02	398 298.148	16 0	23 58 14.19	0 1 0.48	367 208.777	
	6	13 49 16.37	-14 6 28.78	397 319.257	6	0 10 51.49	1 43 49.24	367 825.377	
	12	14 0 49.81	-15 23 26.35	396 280.421	12	0 23 27.30	3 25 56.41	368 485.347	
	18	14 12 35.77	-16 38 32.99	395 185.674	18	0 36 2.81	5 7 2.66	369 184.519	

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km
<b>Juill.</b> 17 0	0 48 39.18	6 46 49.16	369 918.824	<b>Juill.</b> 28 0	10 34 21.19	10 54 26.65	404 275.455
6	1 1 17.54	8 24 57.49	370 684.319	6	10 45 9.50	9 33 51.43	404 600.984
12	1 13 58.97	10 1 9.62	371 477.228	12	10 55 51.40	8 12 10.78	404 875.086
18	1 26 44.51	11 35 7.85	372 293.957	18	11 6 27.79	6 49 35.10	405 095.100
18 0	1 39 35.11	13 6 34.76	373 131.125	29 0	11 16 59.58	5 26 14.35	405 258.441
6	1 52 31.67	14 35 13.18	373 985.571	6	11 27 27.69	4 2 18.15	405 362.623
12	2 5 34.98	16 0 46.22	374 854.370	12	11 37 53.08	2 37 55.79	405 405.281
18	2 18 45.74	17 22 57.22	375 734.839	18	11 48 16.68	1 13 16.33	405 384.195
19 0	2 32 4.53	18 41 29.81	376 624.533	30 0	11 58 39.46	- 0 11 31.36	405 297.314
6	2 45 31.80	19 56 7.93	377 521.248	6	12 9 2.40	- 1 36 18.56	405 142.777
12	2 59 7.84	21 6 35.93	378 423.013	12	12 19 26.47	- 3 0 56.57	404 918.934
18	3 12 52.79	22 12 38.63	379 328.077	18	12 29 52.66	- 4 25 16.70	404 624.374
20 0	3 26 46.62	23 14 1.47	380 234.896	31 0	12 40 21.97	- 5 49 10.17	404 257.938
6	3 40 49.10	24 10 30.62	381 142.122	6	12 50 55.40	- 7 12 28.03	403 818.748
12	3 54 59.81	25 1 53.18	382 048.576	12	13 1 33.96	- 8 35 1.11	403 306.220
18	4 9 18.14	25 47 57.30	382 953.234	18	13 12 18.68	- 9 56 39.92	402 720.089
21 0	4 23 43.28	26 28 32.40	383 855.199	<b>Août</b> 1 0	13 23 10.56	-11 17 14.56	402 060.422
6	4 38 14.24	27 3 29.35	384 753.686	6	13 34 10.63	-12 36 34.66	401 327.641
12	4 52 49.86	27 32 40.63	385 647.988	12	13 45 19.91	-13 54 29.33	400 522.533
18	5 7 28.81	27 56 0.51	386 537.461	18	13 56 39.39	-15 10 47.03	399 646.270
22 0	5 22 9.66	28 13 25.15	387 421.495	2 0	14 8 10.07	-16 25 15.52	398 700.416
6	5 36 50.87	28 24 52.75	388 299.488	6	14 19 52.89	-17 37 41.83	397 686.945
12	5 51 30.84	28 30 23.54	389 170.831	12	14 31 48.78	-18 47 52.17	396 608.244
18	6 6 7.98	28 29 59.85	390 034.878	18	14 43 58.61	-19 55 31.90	395 467.127
23 0	6 20 40.69	28 23 46.06	390 890.931	3 0	14 56 23.15	-21 0 25.51	394 266.832
6	6 35 7.43	28 11 48.48	391 738.218	6	15 9 3.13	-22 2 16.62	393 011.030
12	6 49 26.79	27 54 15.29	392 575.879	12	15 21 59.13	-23 0 48.03	391 703.823
18	7 3 37.43	27 31 16.29	393 402.948	18	15 35 11.62	-23 55 41.72	390 349.736
24 0	7 17 38.20	27 3 2.82	394 218.344	4 0	15 48 40.90	-24 46 39.03	388 953.714
6	7 31 28.09	26 29 47.42	395 020.858	6	16 2 27.08	-25 33 20.73	387 521.111
12	7 45 6.28	25 51 43.72	395 809.144	12	16 16 30.09	-26 15 27.26	386 057.672
18	7 58 32.13	25 9 6.13	396 581.718	18	16 30 49.60	-26 52 38.92	384 569.515
25 0	8 11 45.19	24 22 9.67	397 336.952	5 0	16 45 25.04	-27 24 36.19	383 063.109
6	8 24 45.16	23 31 9.75	398 073.073	6	17 0 15.59	-27 51 0.05	381 545.238
12	8 37 31.93	22 36 21.95	398 788.168	12	17 15 20.14	-28 11 32.34	380 022.977
18	8 50 5.54	21 38 1.89	399 480.185	18	17 30 37.35	-28 25 56.19	378 503.643
26 0	9 2 26.18	20 36 25.05	400 146.942	6 0	17 46 5.60	-28 33 56.36	376 994.756
6	9 14 34.16	19 31 46.68	400 786.135	6	18 1 43.09	-28 35 19.74	375 503.989
12	9 26 29.89	18 24 21.66	401 395.350	12	18 17 27.80	-28 29 55.64	374 039.108
18	9 38 13.88	17 14 24.46	401 972.073	18	18 33 17.61	-28 17 36.21	372 607.920
27 0	9 49 46.76	16 2 9.06	402 513.707	7 0	18 49 10.30	-27 58 16.67	371 218.204
6	10 1 9.17	14 47 48.92	403 017.590	6	19 5 3.66	-27 31 55.51	369 877.644
12	10 12 21.86	13 31 36.98	403 481.007	12	19 20 55.52	-26 58 34.63	368 593.761
18	10 23 25.59	12 13 45.61	403 901.214	18	19 36 43.81	-26 18 19.37	367 373.837

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
<b>Août</b>	8 0	19 52 26.62	-25 31 18.39	366 224.845	<b>Août</b>	19 0	6 7 5.07	28 37 10.25	390 887.597
	6	20 8 2.27	-24 37 43.57	365 153.375		6	6 21 30.69	28 30 12.19	391 889.150
	12	20 23 29.29	-23 37 49.77	364 165.563		12	6 35 49.71	28 17 36.30	392 859.916
	18	20 38 46.50	-22 31 54.55	363 267.021		18	6 50 0.88	27 59 31.19	393 799.307
	9 0	20 53 52.97	-21 20 17.84	362 462.775		20 0	7 4 3.06	27 36 6.87	394 706.881
	6	21 8 48.06	-20 3 21.63	361 757.209		6	7 17 55.25	27 7 34.53	395 582.325
	12	21 23 31.42	-18 41 29.59	361 154.011		12	7 31 36.61	26 34 6.41	396 425.421
	18	21 38 2.90	-17 15 6.73	360 656.135		18	7 45 6.46	25 55 55.57	397 236.026
	10 0	21 52 22.64	-15 44 39.10	360 265.764		21 0	7 58 24.27	25 13 15.73	398 014.048
	6	22 6 30.94	-14 10 33.43	359 984.294		6	8 11 29.68	24 26 21.09	398 759.421
	12	22 20 28.31	-12 33 16.91	359 812.322		12	8 24 22.49	23 35 26.15	399 472.086
	18	22 34 15.41	-10 53 16.88	359 749.644		18	8 37 2.64	22 40 45.58	400 151.965
	11 0	22 47 53.04	- 9 11 0.69	359 795.273		22 0	8 49 30.22	21 42 34.08	400 798.950
	6	23 1 22.08	- 7 26 55.44	359 947.456		6	9 1 45.43	20 41 6.25	401 412.880
	12	23 14 43.53	- 5 41 27.88	360 203.715		12	9 13 48.58	19 36 36.52	401 993.526
	18	23 27 58.43	- 3 55 4.28	360 560.887		18	9 25 40.09	18 29 19.06	402 540.582
	12 0	23 41 7.88	- 2 8 10.30	361 015.178		23 0	9 37 20.46	17 19 27.71	403 053.649
	6	23 54 12.99	- 0 21 10.98	361 562.222		6	9 48 50.26	16 7 15.98	403 532.228
	12	0 7 14.91	1 25 29.37	362 197.147		12	10 0 10.13	14 52 56.95	403 975.714
	18	0 20 14.78	3 11 27.16	362 914.647		18	10 11 20.74	13 36 43.32	404 383.389
	13 0	0 33 13.73	4 56 19.55	363 709.051		24 0	10 22 22.84	12 18 47.38	404 754.423
	6	0 46 12.87	6 39 44.46	364 574.400		6	10 33 17.17	10 59 20.99	405 087.869
	12	0 59 13.27	8 21 20.52	365 504.521		12	10 44 4.54	9 38 35.64	405 382.669
	18	1 12 15.96	10 0 47.12	366 493.099		18	10 54 45.75	8 16 42.42	405 637.659
	14 0	1 25 21.91	11 37 44.33	367 533.745		25 0	11 5 21.65	6 53 52.08	405 851.571
	6	1 38 32.04	13 11 52.93	368 620.066		6	11 15 53.07	5 30 15.05	406 023.045
	12	1 51 47.16	14 42 54.37	369 745.724		12	11 26 20.89	4 6 1.47	406 150.637
	18	2 5 7.99	16 10 30.77	370 904.493		18	11 36 45.97	2 41 21.23	406 232.834
	15 0	2 18 35.17	17 34 24.94	372 090.310		26 0	11 47 9.19	1 16 24.01	406 268.066
	6	2 32 9.20	18 54 20.37	373 297.321		6	11 57 31.43	- 0 8 40.68	406 254.720
	12	2 45 50.44	20 10 1.29	374 519.915		12	12 7 53.61	- 1 33 43.44	406 191.161
	18	2 59 39.10	21 21 12.68	375 752.763		18	12 18 16.61	- 2 58 34.95	406 075.748
	16 0	3 13 35.26	22 27 40.41	376 990.840		27 0	12 28 41.33	- 4 23 5.90	405 906.854
	6	3 27 38.80	23 29 11.23	378 229.443		6	12 39 8.71	- 5 47 6.96	405 682.887
	12	3 41 49.44	24 25 32.95	379 464.213		12	12 49 39.64	- 7 10 28.69	405 402.310
	18	3 56 6.72	25 16 34.50	380 691.133		18	13 0 15.05	- 8 33 1.53	405 063.669
	17 0	4 10 29.99	26 2 6.09	381 906.543		28 0	13 10 55.86	- 9 54 35.71	404 665.608
	6	4 24 58.44	26 41 59.29	383 107.130		6	13 21 42.99	-11 15 1.20	404 206.899
	12	4 39 31.09	27 16 7.20	384 289.927		12	13 32 37.36	-12 34 7.64	403 686.467
	18	4 54 6.82	27 44 24.52	385 452.306		18	13 43 39.89	-13 51 44.31	403 103.408
	18 0	5 8 44.37	28 6 47.68	386 591.959		29 0	13 54 51.46	-15 7 40.05	402 457.020
	6	5 23 22.40	28 23 14.88	387 706.890		6	14 6 12.97	-16 21 43.24	401 746.822
	12	5 37 59.49	28 33 46.16	388 795.390		12	14 17 45.27	-17 33 41.69	400 972.583
	18	5 52 34.19	28 38 23.39	389 856.022		18	14 29 29.17	-18 43 22.66	400 134.345

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance			
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km			
<b>Août</b>	30 0	14 41 25.47	-19 50 32.82	399 232.443	<b>Sept.</b>	10 0	1 5 19.72	9 12 56.32	360 482.979	
	6	14 53 34.86	-20 54 58.17	398 267.528		6	1 18 50.04	10 54 43.01	361 379.877	
	12	15 5 58.00	-21 56 24.14	397 240.595		12	1 32 24.94	12 33 42.22	362 366.735	
	18	15 18 35.43	-22 54 35.50	396 152.993		18	1 46 5.18	14 9 31.24	363 436.647	
	31 0	15 31 27.61	-23 49 16.46	395 006.454		11 0	1 59 51.41	15 41 48.31	364 582.352	
	6	15 44 34.86	-24 40 10.72	393 803.102		6	2 13 44.15	17 10 12.66	365 796.321	
	12	15 57 57.33	-25 27 1.54	392 545.474		12	2 27 43.82	18 34 24.58	367 070.836	
	18	16 11 35.05	-26 9 31.91	391 236.530		18	2 41 50.64	19 54 5.53	368 398.078	
	<b>Sept.</b>	1 0	16 25 27.84	-26 47 24.66		389 879.665	12 0	2 56 4.72	21 8 58.22	369 770.205
		6	16 39 35.32	-27 20 22.67		388 478.715	6	3 10 25.96	22 18 46.66	371 179.421
		12	16 53 56.90	-27 48 9.12		387 037.962	12	3 24 54.10	23 23 16.33	372 618.050
		18	17 8 31.79	-28 10 27.73		385 562.134	18	3 39 28.68	24 22 14.24	374 078.591
2 0		17 23 18.97	-28 27 3.06	384 056.403	13 0	3 54 9.07	25 15 29.06	375 553.776		
6		17 38 17.22	-28 37 40.77	382 526.373	6	4 8 54.45	26 2 51.20	377 036.615		
12		17 53 25.12	-28 42 7.99	380 978.071	12	4 23 43.81	26 44 12.93	378 520.439		
18		18 8 41.09	-28 40 13.58	379 417.923	18	4 38 36.03	27 19 28.47	379 998.931		
3 0		18 24 3.42	-28 31 48.44	377 852.736	14 0	4 53 29.83	27 48 34.00	381 466.154		
6		18 39 30.30	-28 16 45.76	376 289.662	6	5 8 23.82	28 11 27.76	382 916.573		
12		18 54 59.89	-27 55 1.22	374 736.163	12	5 23 16.56	28 28 10.02	384 345.066		
18		19 10 30.32	-27 26 33.17	373 199.967	18	5 38 6.57	28 38 43.01	385 746.937		
4 0	19 25 59.80	-26 51 22.73	371 689.019	15 0	5 52 52.36	28 43 10.95	387 117.917			
6	19 41 26.63	-26 9 33.85	370 211.421	6	6 7 32.48	28 41 39.86	388 454.167			
12	19 56 49.23	-25 21 13.24	368 775.373	12	6 22 5.55	28 34 17.46	389 752.267			
18	20 12 6.22	-24 26 30.37	367 389.100	18	6 36 30.28	28 21 12.99	391 009.216			
5 0	20 27 16.39	-23 25 37.30	366 060.778	16 0	6 50 45.52	28 2 37.08	392 222.410			
6	20 42 18.79	-22 18 48.54	364 798.456	6	7 4 50.24	27 38 41.48	393 389.638			
12	20 57 12.65	-21 6 20.84	363 609.971	12	7 18 43.61	27 9 38.91	394 509.055			
18	21 11 57.47	-19 48 33.02	362 502.866	18	7 32 24.91	26 35 42.85	395 579.168			
6 0	21 26 32.95	-18 25 45.72	361 484.298	17 0	7 45 53.63	25 57 7.32	396 598.816			
6	21 40 59.04	-16 58 21.16	360 560.957	6	7 59 9.42	25 14 6.72	397 567.141			
12	21 55 15.85	-15 26 42.94	359 738.981	12	8 12 12.07	24 26 55.66	398 483.571			
18	22 9 23.69	-13 51 15.84	359 023.878	18	8 25 1.55	23 35 48.82	399 347.790			
7 0	22 23 23.05	-12 12 25.55	358 420.451	18 0	8 37 37.94	22 41 0.82	400 159.717			
6	22 37 14.53	-10 30 38.55	357 932.734	6	8 50 1.46	21 42 46.12	400 919.477			
12	22 50 58.88	-8 46 21.87	357 563.937	12	9 2 12.45	20 41 18.92	401 627.375			
18	23 4 36.92	-7 0 2.92	357 316.399	18	9 14 11.32	19 36 53.14	402 283.873			
8 0	23 18 9.57	-5 12 9.36	357 191.561	19 0	9 25 58.61	18 29 42.32	402 889.562			
6	23 31 37.82	-3 23 8.94	357 189.940	6	9 37 34.88	17 19 59.66	403 445.136			
12	23 45 2.68	-1 33 29.35	357 311.131	12	9 49 0.79	16 7 57.95	403 951.370			
18	23 58 25.21	0 16 21.91	357 553.811	18	10 0 17.02	14 53 49.56	404 409.097			
9 0	0 11 46.46	2 5 57.61	357 915.762	20 0	10 11 24.31	13 37 46.54	404 819.179			
6	0 25 7.51	3 54 50.93	358 393.909	6	10 22 23.43	12 20 0.50	405 182.494			
12	0 38 29.40	5 42 35.55	358 984.367	12	10 33 15.16	11 0 42.76	405 499.910			
18	0 51 53.15	7 28 45.71	359 682.498	18	10 44 0.31	9 40 4.30	405 772.268			

## LUNE 2006 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 10 54 39.71	8 18 15.81	406 000.363	Oct. 2	0 20 4 21.86	-24 54 58.81	373 844.663
	6 11 5 14.20	6 55 27.73	406 184.933		6 20 19 5.30	-23 59 10.83	372 418.549
	12 11 15 44.61	5 31 50.29	406 326.640		12 20 33 42.37	-22 57 41.16	371 014.010
	18 11 26 11.81	4 7 33.53	406 426.060		18 20 48 12.48	-21 50 42.36	369 638.339
22	0 11 36 36.63	2 42 47.36	406 483.675	3	0 21 2 35.23	-20 38 28.65	368 299.022
	6 11 46 59.94	1 17 41.59	406 499.863		6 21 16 50.42	-19 21 15.74	367 003.680
	12 11 57 22.60	-0 7 34.04	406 474.892		12 21 30 58.03	-17 59 20.77	365 760.002
	18 12 7 45.47	-1 32 49.81	406 408.921		18 21 44 58.21	-16 33 2.18	364 575.677
23	0 12 18 9.41	-2 57 55.97	406 301.990	4	0 21 58 51.26	-15 2 39.58	363 458.314
	6 12 28 35.28	-4 22 42.72	406 154.031		6 22 12 37.65	-13 28 33.70	362 415.362
	12 12 39 3.94	-5 47 0.18	405 964.865		12 22 26 17.97	-11 51 6.29	361 454.025
	18 12 49 36.24	-7 10 38.28	405 734.206		18 22 39 52.90	-10 10 40.00	360 581.178
24	0 13 0 13.05	-8 33 26.84	405 461.676	5	0 22 53 23.26	-8 27 38.36	359 803.276
	6 13 10 55.21	-9 55 15.40	405 146.806		6 23 6 49.90	-6 42 25.67	359 126.272
	12 13 21 43.56	-11 15 53.28	404 789.053		12 23 20 13.79	-4 55 26.96	358 555.537
	18 13 32 38.94	-12 35 9.52	404 387.814		18 23 33 35.90	-3 7 7.85	358 095.776
25	0 13 43 42.16	-13 52 52.80	403 942.436	6	0 23 46 57.27	-1 17 54.54	357 750.966
	6 13 54 54.01	-15 8 51.47	403 452.240		6 0 0 18.96	0 31 46.31	357 524.289
	12 14 6 15.27	-16 22 53.51	402 916.536		12 0 13 42.01	2 21 27.68	357 418.084
	18 14 17 46.67	-17 34 46.47	402 334.644		18 0 27 7.49	4 10 42.27	357 433.810
26	0 14 29 28.90	-18 44 17.49	401 705.917	7	0 0 40 36.43	5 59 2.64	357 572.013
	6 14 41 22.59	-19 51 13.32	401 029.762		6 0 54 9.82	7 46 1.29	357 832.320
	12 14 53 28.34	-20 55 20.26	400 305.666		12 1 7 48.60	9 31 10.84	358 213.436
	18 15 5 46.63	-21 56 24.22	399 533.218		18 1 21 33.64	11 14 4.10	358 713.163
27	0 15 18 17.88	-22 54 10.78	398 712.139	8	0 1 35 25.73	12 54 14.30	359 328.422
	6 15 31 2.39	-23 48 25.18	397 842.305		6 1 49 25.54	14 31 15.19	360 055.301
	12 15 44 0.34	-24 38 52.44	396 923.773		12 2 3 33.61	16 4 41.21	360 889.102
	18 15 57 11.78	-25 25 17.42	395 956.807		18 2 17 50.35	17 34 7.72	361 824.407
28	0 16 10 36.63	-26 7 24.98	394 941.908	9	0 2 32 15.98	18 59 11.14	362 855.145
	6 16 24 14.61	-26 45 0.08	393 879.835		6 2 46 50.56	20 19 29.16	363 974.673
	12 16 38 5.32	-27 17 47.94	392 771.631		12 3 1 33.92	21 34 40.95	365 175.855
	18 16 52 8.14	-27 45 34.26	391 618.651		18 3 16 25.71	22 44 27.39	366 451.149
29	0 17 6 22.30	-28 8 5.36	390 422.577	10	0 3 31 25.34	23 48 31.21	367 792.693
	6 17 20 46.87	-28 25 8.45	389 185.447		6 3 46 31.99	24 46 37.26	369 192.389
	12 17 35 20.73	-28 36 31.81	387 909.667		12 4 1 44.65	25 38 32.65	370 641.988
	18 17 50 2.64	-28 42 4.98	386 598.035		18 4 17 2.08	26 24 6.94	372 133.169
30	0 18 4 51.23	-28 41 39.01	385 253.745	11	0 4 32 22.88	27 3 12.23	373 657.620
	6 18 19 45.04	-28 35 6.63	383 880.409		6 4 47 45.49	27 35 43.29	375 207.103
	12 18 34 42.55	-28 22 22.40	382 482.055		12 5 3 8.23	28 1 37.56	376 773.523
	18 18 49 42.21	-28 3 22.83	381 063.132		18 5 18 29.35	28 20 55.16	378 348.985
Oct. 1	0 19 4 42.50	-27 38 6.49	379 628.512	12	0 5 33 47.06	28 33 38.81	379 925.851
	6 19 19 41.94	-27 6 34.07	378 183.480		6 5 48 59.61	28 39 53.73	381 496.782
	12 19 34 39.13	-26 28 48.37	376 733.722		12 6 4 5.29	28 39 47.41	383 054.776
	18 19 49 32.81	-25 44 54.30	375 285.306		18 6 19 2.51	28 33 29.46	384 593.208

## LUNE 2006 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 6 33 49.80	28 21 11.27	386 105.852	Oct. 24	0 15 6 25.96	-21 55 22.47	399 160.263
	6 6 48 25.86	28 3 5.83	387 586.903		6 15 19 2.58	-22 53 2.62	398 470.933
	12 7 2 49.60	27 39 27.35	389 030.993		12 15 31 52.07	-23 47 5.26	397 754.244
	18 7 17 0.10	27 10 31.03	390 433.205		18 15 44 54.47	-24 37 15.19	397 010.372
14	0 7 30 56.67	26 36 32.75	391 789.073	25	0 15 58 9.66	-25 23 17.28	396 239.436
	6 7 44 38.82	25 57 48.81	393 094.589		6 16 11 37.35	-26 4 56.67	395 441.520
	12 7 58 6.25	25 14 35.73	394 346.200		12 16 25 17.12	-26 41 58.86	394 616.697
	18 8 11 18.85	24 27 9.99	395 540.802		18 16 39 8.35	-27 14 9.95	393 765.048
15	0 8 24 16.69	23 35 47.91	396 675.730	26	0 16 53 10.25	-27 41 16.81	392 886.686
	6 8 36 59.98	22 40 45.48	397 748.750		6 17 7 21.90	-28 3 7.27	391 981.785
	12 8 49 29.06	21 42 18.25	398 758.044		12 17 21 42.19	-28 19 30.34	391 050.601
	18 9 1 44.41	20 40 41.29	399 702.192		18 17 36 9.90	-28 30 16.37	390 093.503
16	0 9 13 46.60	19 36 9.09	400 580.160	27	0 17 50 43.68	-28 35 17.22	389 110.996
	6 9 25 36.26	18 28 55.56	401 391.274		6 18 5 22.11	-28 34 26.43	388 103.751
	12 9 37 14.13	17 19 14.04	402 135.206		12 18 20 3.69	-28 27 39.31	387 072.630
	18 9 48 40.97	16 7 17.25	402 811.947		18 18 34 46.94	-28 14 53.06	386 018.711
17	0 9 59 57.59	14 53 17.40	403 421.788	28	0 18 49 30.36	-27 56 6.77	384 943.312
	6 10 11 4.85	13 37 26.15	403 965.294		6 19 4 12.51	-27 31 21.44	383 848.016
	12 10 22 3.61	12 19 54.68	404 443.284		12 19 18 52.05	-27 0 39.98	382 734.692
	18 10 32 54.77	11 0 53.74	404 856.801		18 19 33 27.75	-26 24 7.09	381 605.511
18	0 10 43 39.22	9 40 33.71	405 207.092	29	0 19 47 58.51	-25 41 49.20	380 462.965
	6 10 54 17.87	8 19 4.64	405 495.581		6 20 2 23.40	-24 53 54.37	379 309.878
	12 11 4 51.63	6 56 36.31	405 723.844		12 20 16 41.65	-24 0 32.10	378 149.416
	18 11 15 21.41	5 33 18.30	405 893.586		18 20 30 52.69	-23 1 53.28	376 985.090
19	0 11 25 48.13	4 9 20.04	406 006.613	30	0 20 44 56.13	-21 58 9.97	375 820.761
	6 11 36 12.68	2 44 50.85	406 064.813		6 20 58 51.76	-20 49 35.34	374 660.630
	12 11 46 35.99	1 20 0.03	406 070.128		12 21 12 39.54	-19 36 23.49	373 509.234
	18 11 56 58.95	-0 5 3.11	406 024.534		18 21 26 19.62	-18 18 49.41	372 371.425
20	0 12 7 22.46	-1 30 9.20	405 930.015	31	0 21 39 52.29	-16 57 8.85	371 252.354
	6 12 17 47.42	-2 55 8.75	405 788.551		6 21 53 17.97	-15 31 38.29	370 157.440
	12 12 28 14.70	-4 19 52.09	405 602.086		12 22 6 37.25	-14 2 34.86	369 092.336
	18 12 38 45.19	-5 44 9.34	405 372.522		18 22 19 50.79	-12 30 16.33	368 062.895
21	0 12 49 19.77	-7 7 50.39	405 101.691	Nov. 1	0 22 32 59.37	-10 55 1.08	367 075.114
	6 12 59 59.29	-8 30 44.80	404 791.348		6 22 46 3.87	-9 17 8.13	366 135.092
	12 13 10 44.61	-9 52 41.82	404 443.153		12 22 59 5.23	-7 36 57.10	365 248.964
	18 13 21 36.56	-11 13 30.32	404 058.661		18 23 12 4.44	-5 54 48.28	364 422.846
22	0 13 32 35.97	-12 32 58.78	403 639.310	2	0 23 25 2.57	-4 11 2.58	363 662.762
	6 13 43 43.61	-13 50 55.28	403 186.417		6 23 38 0.69	-2 26 1.61	362 974.576
	12 13 55 0.26	-15 7 7.44	402 701.169		12 23 50 59.93	-0 40 7.64	362 363.921
	18 14 6 26.64	-16 21 22.46	402 184.623		18 0 4 1.43	1 6 16.35	361 836.125
23	0 14 18 3.42	-17 33 27.10	401 637.701	3	0 0 17 6.30	2 52 46.72	361 396.138
	6 14 29 51.23	-18 43 7.68	401 061.198		6 0 30 15.68	4 38 59.16	361 048.458
	12 14 41 50.62	-19 50 10.12	400 455.779		12 0 43 30.67	6 24 28.72	360 797.068
	18 14 54 2.07	-20 54 19.97	399 821.990		18 0 56 52.34	8 8 49.90	360 645.370



## LUNE 2006 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	1 10 21.69	9 51 36.71	360 596.128	Nov. 15 0	11 13 31.80	5 37 47.80	404 652.449
6	1 23 59.66	11 32 22.74	360 651.419	6	11 23 59.80	4 14 9.97	404 897.246
12	1 37 47.08	13 10 41.37	360 812.594	12	11 34 25.18	2 50 3.84	405 067.927
18	1 51 44.69	14 46 5.84	361 080.246	18	11 44 48.95	1 25 38.03	405 166.017
5 0	2 5 53.07	16 18 9.49	361 454.189	16 0	11 55 12.10	0 1 1.10	405 193.318
6	2 20 12.64	17 46 25.99	361 933.454	6	12 5 35.60	-1 23 38.33	405 151.887
12	2 34 43.64	19 10 29.54	362 516.283	12	12 16 0.43	-2 48 11.53	405 044.014
18	2 49 26.10	20 29 55.19	363 200.150	18	12 26 27.56	-4 12 29.60	404 872.197
6 0	3 4 19.79	21 44 19.13	363 981.783	17 0	12 36 57.95	-5 36 23.38	404 639.119
6	3 19 24.26	22 53 19.01	364 857.197	6	12 47 32.56	-6 59 43.43	404 347.626
12	3 34 38.79	23 56 34.27	365 821.739	12	12 58 12.31	-8 22 19.91	404 000.697
18	3 50 2.37	24 53 46.46	366 870.138	18	13 8 58.14	-9 44 2.56	403 601.426
7 0	4 5 33.77	25 44 39.58	367 996.566	18 0	13 19 50.95	-11 4 40.67	403 152.990
6	4 21 11.47	26 29 0.36	369 194.700	6	13 30 51.63	-12 24 3.00	402 658.630
12	4 36 53.76	27 6 38.48	370 457.790	12	13 42 1.05	-13 41 57.73	402 121.620
18	4 52 38.74	27 37 26.79	371 778.730	18	13 53 20.02	-14 58 12.50	401 545.247
8 0	5 8 24.36	28 1 21.38	373 150.131	19 0	14 4 49.34	-16 12 34.33	400 932.787
6	5 24 8.51	28 18 21.65	374 564.390	6	14 16 29.74	-17 24 49.64	400 287.478
12	5 39 49.03	28 28 30.23	376 013.766	12	14 28 21.88	-18 34 44.24	399 612.499
18	5 55 23.82	28 31 52.84	377 490.441	18	14 40 26.37	-19 42 3.41	398 910.950
9 0	6 10 50.85	28 28 38.10	378 986.595	20 0	14 52 43.70	-20 46 31.88	398 185.831
6	6 26 8.24	28 18 57.17	380 494.460	6	15 5 14.27	-21 47 53.94	397 440.022
12	6 41 14.30	28 3 3.48	382 006.384	12	15 17 58.35	-22 45 53.51	396 676.269
18	6 56 7.55	27 41 12.33	383 514.881	18	15 30 56.10	-23 40 14.30	395 897.167
10 0	7 10 46.76	27 13 40.48	385 012.678	21 0	15 44 7.48	-24 30 39.87	395 105.147
6	7 25 10.95	26 40 45.80	386 492.765	6	15 57 32.32	-25 16 53.91	394 302.468
12	7 39 19.39	26 2 46.86	387 948.425	12	16 11 10.24	-25 58 40.32	393 491.208
18	7 53 11.62	25 20 2.62	389 373.274	18	16 25 0.70	-26 35 43.53	392 673.258
11 0	8 6 47.38	24 32 52.09	390 761.285	22 0	16 39 2.94	-27 7 48.67	391 850.319
6	8 20 6.66	23 41 34.12	392 106.816	6	16 53 16.01	-27 34 41.84	391 023.908
12	8 33 9.63	22 46 27.15	393 404.626	12	17 7 38.81	-27 56 10.34	390 195.352
18	8 45 56.63	21 47 49.06	394 649.892	18	17 22 10.01	-28 12 2.93	389 365.805
12 0	8 58 28.15	20 45 57.04	395 838.218	23 0	17 36 48.20	-28 22 10.07	388 536.249
6	9 10 44.80	19 41 7.52	396 965.646	6	17 51 31.79	-28 26 24.07	387 707.509
12	9 22 47.30	18 33 36.10	398 028.660	12	18 6 19.15	-28 24 39.30	386 880.267
18	9 34 36.45	17 23 37.55	399 024.185	18	18 21 8.58	-28 16 52.26	386 055.084
13 0	9 46 13.11	16 11 25.80	399 949.585	24 0	18 35 58.38	-28 3 1.70	385 232.411
6	9 57 38.19	14 57 13.98	400 802.664	6	18 50 46.90	-27 43 8.58	384 412.618
12	10 8 52.65	13 41 14.47	401 581.654	12	19 5 32.56	-27 17 16.06	383 596.013
18	10 19 57.45	12 23 38.93	402 285.209	18	19 20 13.89	-26 45 29.39	382 782.873
14 0	10 30 53.60	11 4 38.37	402 912.395	25 0	19 34 49.57	-26 7 55.80	381 973.460
6	10 41 42.10	9 44 23.23	403 462.678	6	19 49 18.45	-25 24 44.33	381 168.060
12	10 52 23.96	8 23 3.47	403 935.908	12	20 3 39.59	-24 36 5.60	380 367.000
18	11 3 0.19	7 0 48.60	404 332.307	18	20 17 52.23	-23 42 11.67	379 570.682

## LUNE 2006 à 0h, 6h, 12h, 18h, TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance		
	h m s	° ' "	km		h m s	° ' "	km		
<b>Nov.</b> 26	0	20 31 55.82	-22 43 15.77	378 779.606	<b>Déc.</b> 7	0	6 46 10.96	27 46 17.24	380 267.481
	6	20 45 50.01	-21 39 32.16	377 994.399		6	7 1 13.23	27 21 26.11	381 553.083
	12	20 59 34.68	-20 31 15.87	377 215.833		12	7 16 1.58	26 50 49.16	382 856.494
	18	21 13 9.86	-19 18 42.59	376 444.857		18	7 30 34.85	26 14 44.91	384 171.172
27	0	21 26 35.77	-18 2 8.51	375 682.608	8	0 7 44 52.19	25 33 32.83	385 490.528	
	6	21 39 52.80	-16 41 50.18	374 930.435	6	7 58 53.00	24 47 33.05	386 807.969	
	12	21 53 1.46	-15 18 4.42	374 189.908	12	8 12 36.93	23 57 5.90	388 116.953	
	18	22 6 2.42	-13 51 8.26	373 462.833	18	8 26 3.91	23 2 31.66	389 411.027	
28	0	22 18 56.44	-12 21 18.92	372 751.255	9	0 8 39 14.04	22 4 10.29	390 683.874	
	6	22 31 44.36	-10 48 53.73	372 057.463	6	8 52 7.63	21 2 21.19	391 929.345	
	12	22 44 27.14	-9 14 10.21	371 383.984	12	9 4 45.16	19 57 23.06	393 141.505	
	18	22 57 5.79	-7 37 26.00	370 733.582	18	9 17 7.25	18 49 33.79	394 314.658	
29	0	23 9 41.37	-5 58 58.97	370 109.240	10	0 9 29 14.61	17 39 10.33	395 443.378	
	6	23 22 15.00	-4 19 7.22	369 514.143	6	9 41 8.07	16 26 28.73	396 522.540	
	12	23 34 47.82	-2 38 9.13	368 951.661	12	9 52 48.52	15 11 44.07	397 547.338	
	18	23 47 21.02	-0 56 23.44	368 425.316	18	10 4 16.90	13 55 10.50	398 513.311	
30	0	23 59 55.79	0 45 50.70	367 938.752	11	0 10 15 34.22	12 37 1.26	399 416.357	
	6	0 12 33.34	2 28 13.70	367 495.698	6	10 26 41.48	11 17 28.74	400 252.748	
	12	0 25 14.86	4 10 25.43	367 099.927	12	10 37 39.73	9 56 44.56	401 019.145	
	18	0 38 1.54	5 52 5.22	366 755.209	18	10 48 30.02	8 34 59.59	401 712.608	
<b>Déc.</b> 1	0	0 50 54.55	7 32 51.81	366 465.269	12	0 10 59 13.41	7 12 24.10	402 330.598	
	6	1 3 55.02	9 12 23.34	366 233.728	6	11 9 50.96	5 49 7.78	402 870.991	
	12	1 17 4.02	10 50 17.35	366 064.060	12	11 20 23.73	4 25 19.85	403 332.073	
	18	1 30 22.56	12 26 10.82	365 959.532	18	11 30 52.79	3 1 9.15	403 712.548	
2	0	1 43 51.55	13 59 40.22	365 923.157	13	0 11 41 19.18	1 36 44.24	404 011.532	
	6	1 57 31.81	15 30 21.58	365 957.637	6	11 51 43.97	0 12 13.46	404 228.556	
	12	2 11 24.01	16 57 50.66	366 065.320	12	12 2 8.19	-1 12 15.00	404 363.555	
	18	2 25 28.66	18 21 43.08	366 248.150	18	12 12 32.88	-2 36 32.93	404 416.869	
3	0	2 39 46.09	19 41 34.52	366 507.626	14	0 12 22 59.08	-4 0 32.12	404 389.232	
	6	2 54 16.41	20 57 0.99	366 844.766	6	12 33 27.82	-5 24 4.21	404 281.762	
	12	3 8 59.50	22 7 39.14	367 260.075	12	12 44 0.11	-6 47 0.63	404 095.954	
	18	3 23 54.97	23 13 6.50	367 753.521	18	12 54 36.98	-8 9 12.51	403 833.663	
4	0	3 39 2.18	24 13 1.94	368 324.518	15	0 13 5 19.43	-9 30 30.62	403 497.096	
	6	3 54 20.17	25 7 5.98	368 971.913	6	13 16 8.45	-10 50 45.28	403 088.792	
	12	4 9 47.73	25 55 1.18	369 693.986	12	13 27 5.02	-12 9 46.33	402 611.606	
	18	4 25 23.35	26 36 32.51	370 488.453	18	13 38 10.09	-13 27 23.01	402 068.692	
5	0	4 41 5.28	27 11 27.71	371 352.480	16	0 13 49 24.59	-14 43 23.94	401 463.481	
	6	4 56 51.55	27 39 37.54	372 282.701	6	14 0 49.43	-15 57 37.08	400 799.664	
	12	5 12 40.03	28 0 56.01	373 275.241	12	14 12 25.45	-17 9 49.67	400 081.162	
	18	5 28 28.46	28 15 20.55	374 325.753	18	14 24 13.45	-18 19 48.23	399 312.106	
6	0	5 44 14.54	28 22 51.98	375 429.451	17	0 14 36 14.16	-19 27 18.55	398 496.811	
	6	5 59 55.98	28 23 34.52	376 581.153	6	14 48 28.22	-20 32 5.72	397 639.745	
	12	6 15 30.55	28 17 35.56	377 775.325	12	15 0 56.17	-21 33 54.12	396 745.507	
	18	6 30 56.18	28 5 5.47	379 006.131	18	15 13 38.44	-22 32 27.56	395 818.789	

## LUNE 2006 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	15 26 35.32	-23 27 29.32	394 864.352	Déc. 26 0	22 58 5.90	- 7 11 28.06	371 311.558
6	15 39 46.94	-24 18 42.32	393 886.990	6	23 10 38.13	- 5 33 8.77	371 088.804
12	15 53 13.25	-25 5 49.24	392 891.501	12	23 23 6.79	- 3 53 45.03	370 895.268
18	16 6 54.00	-25 48 32.78	391 882.653	18	23 35 33.04	- 2 13 35.35	370 730.355
19 0	16 20 48.76	-26 26 35.84	390 865.150	27 0	23 47 58.07	- 0 32 58.16	370 593.616
6	16 34 56.85	-26 59 41.82	389 843.605	6	0 0 23.06	1 7 48.18	370 484.757
12	16 49 17.38	-27 27 34.88	388 822.503	12	0 12 49.25	2 48 25.27	370 403.651
18	17 3 49.25	-27 50 0.29	387 806.171	18	0 25 17.82	4 28 34.63	370 350.350
20 0	17 18 31.13	-28 6 44.68	386 798.754	28 0	0 37 49.99	6 7 57.62	370 325.082
6	17 33 21.51	-28 17 36.40	385 804.183	6	0 50 26.92	7 46 15.43	370 328.257
12	17 48 18.73	-28 22 25.79	384 826.150	12	1 3 9.78	9 23 8.97	370 360.453
18	18 3 20.98	-28 21 5.39	383 868.088	18	1 15 59.67	10 58 18.87	370 422.413
21 0	18 18 26.40	-28 13 30.19	382 933.152	29 0	1 28 57.64	12 31 25.46	370 515.027
6	18 33 33.07	-27 59 37.72	382 024.198	6	1 42 4.67	14 2 8.72	370 639.311
12	18 48 39.08	-27 39 28.17	381 143.776	12	1 55 21.65	15 30 8.33	370 796.391
18	19 3 42.61	-27 13 4.36	380 294.118	18	2 8 49.36	16 55 3.72	370 987.474
22 0	19 18 41.93	-26 40 31.69	379 477.135	30 0	2 22 28.47	18 16 34.12	371 213.817
6	19 33 35.45	-26 1 58.01	378 694.418	6	2 36 19.46	19 34 18.66	371 476.702
12	19 48 21.78	-25 17 33.45	377 947.236	12	2 50 22.66	20 47 56.57	371 777.396
18	20 2 59.73	-24 27 30.15	377 236.552	18	3 4 38.20	21 57 7.30	372 117.122
23 0	20 17 28.35	-23 32 2.09	376 563.030	31 0	3 19 5.98	23 1 30.75	372 497.025
6	20 31 46.90	-22 31 24.73	375 927.053	6	3 33 45.65	24 0 47.59	372 918.129
12	20 45 54.88	-21 25 54.82	375 328.744	12	3 48 36.63	24 54 39.48	373 381.313
18	20 59 52.01	-20 15 50.09	374 767.986	18	4 3 38.06	25 42 49.41	373 887.268
24 0	21 13 38.25	-19 1 29.01	374 244.453	32 0	4 18 48.81	26 25 2.06	374 436.472
6	21 27 13.73	-17 43 10.59	373 757.636	6	4 34 7.52	27 1 4.08	375 029.157
12	21 40 38.78	-16 21 14.15	373 306.873	12	4 49 32.57	27 30 44.41	375 665.283
18	21 53 53.87	-14 55 59.22	372 891.383	18	5 5 2.16	27 53 54.59	376 344.517
25 0	22 6 59.63	-13 27 45.35	372 510.301	33 0	5 20 34.30	28 10 28.95	377 066.209
6	22 19 56.82	-11 56 52.02	372 162.707	6	5 36 6.91	28 20 24.79	377 829.382
12	22 32 46.29	-10 23 38.60	371 847.662	12	5 51 37.83	28 23 42.42	378 632.717
18	22 45 28.98	- 8 48 24.28	371 564.240	18	6 7 4.93	28 20 25.23	379 474.547

# 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 2006 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	229	19	35.74	-	0	7	23.73	0.452 853 20	Févr.	15	28	55	27.39	-	2	20	12.93	0.326 409 05
	1	232	12	51.25	-	0	28	39.66	0.455 460 56		16	34	35	43.03	-	1	40	12.56	0.322 243 66
	2	235	4	15.41	-	0	49	37.51	0.457 802 60		17	40	24	11.31	-	0	58	11.77	0.318 506 88
	3	237	54	2.60	-	1	10	15.99	0.459 876 15		18	46	20	15.21	-	0	14	38.14	0.315 248 07
	4	240	42	26.71	-	1	30	33.94	0.461 678 50		19	52	23	7.10	0	29	55.18	0.312 512 86	
	5	243	29	41.25	-	1	50	30.24	0.463 207 41		20	58	31	48.73	1	14	50.20	0.310 341 51	
	6	246	15	59.36	-	2	10	3.83	0.464 461 01		21	64	45	11.82	1	59	25.29	0.308 767 32	
	7	249	1	33.87	-	2	29	13.68	0.465 437 83		22	71	1	59.15	2	42	56.77	0.307 815 22	
	8	251	46	37.41	-	2	47	58.77	0.466 136 73		23	77	20	46.44	3	24	40.97	0.307 500 60	
	9	254	31	22.41	-	3	6	18.03	0.466 556 92		24	83	40	4.61	4	3	56.27	0.307 828 61	
	10	257	16	1.16	-	3	24	10.39	0.466 697 93		25	89	58	22.60	4	40	5.15	0.308 793 88	
	11	260	0	45.87	-	3	41	34.70	0.466 559 61		26	96	14	10.33	5	12	36.01	0.310 380 81	
	12	262	45	48.75	-	3	58	29.73	0.466 142 09		27	102	26	1.63	5	41	4.36	0.312 564 29	
	13	265	31	22.02	-	4	14	54.18	0.465 445 86		28	108	32	37.00	6	5	13.60	0.315 310 85	
14	268	17	37.96	-	4	30	46.62	0.464 471 71	Mars	1	114	32	45.76	6	24	55.06	0.318 580 10		
15	271	4	49.00	-	4	46	5.49	0.463 220 76		2	120	25	27.69	6	40	7.59	0.322 326 32		
16	273	53	7.75	-	5	0	49.09	0.461 694 49		3	126	9	53.92	6	50	56.61	0.326 500 09		
17	276	42	47.01	-	5	14	55.54	0.459 894 74		4	131	45	27.18	6	57	33.04	0.331 049 84		
18	279	33	59.91	-	5	28	22.76	0.457 823 78		5	137	11	41.52	7	0	11.96	0.335 923 28		
19	282	26	59.86	-	5	41	8.49	0.455 484 30		6	142	28	21.43	6	59	11.36	0.341 068 55		
20	285	22	0.68	-	5	53	10.20	0.452 879 46	7	147	35	20.82	6	54	50.98	0.346 435 24			
21	288	19	16.60	-	6	4	25.12	0.450 012 97	8	152	32	41.67	6	47	31.31	0.351 975 07			
22	291	19	2.34	-	6	14	50.19	0.446 889 10	9	157	20	32.72	6	37	32.80	0.357 642 43			
23	294	21	33.11	-	6	24	22.02	0.443 512 78	10	161	59	8.10	6	25	15.25	0.363 394 73			
24	297	27	4.74	-	6	32	56.91	0.439 889 66	11	166	28	46.17	6	10	57.39	0.369 192 54			
25	300	35	53.62	-	6	40	30.78	0.436 026 19	12	170	49	48.38	5	54	56.60	0.374 999 67			
26	303	48	16.82	-	6	46	59.15	0.431 929 73	13	175	2	38.32	5	37	28.77	0.380 783 11			
27	307	4	32.07	-	6	52	17.13	0.427 608 63	14	179	7	40.97	5	18	48.26	0.386 512 92			
28	310	24	57.83	-	6	56	19.39	0.423 072 37	15	183	5	22.06	4	59	7.88	0.392 162 09			
29	313	49	53.24	-	6	59	0.11	0.418 331 70	16	186	56	7.53	4	38	39.00	0.397 706 32			
30	317	19	38.17	-	7	0	13.02	0.413 398 76	17	190	40	23.17	4	17	31.62	0.403 123 87			
Févr.	31	320	54	33.17	-	6	59	51.37	0.408 287 25	18	194	18	34.32	3	55	54.49	0.408 395 28		
	1	324	34	59.43	-	6	57	47.92	0.403 012 62	19	197	51	5.68	3	33	55.24	0.413 503 23		
	2	328	21	18.71	-	6	53	55.00	0.397 592 23	20	201	18	21.12	3	11	40.48	0.418 432 33		
	3	332	13	53.20	-	6	48	4.53	0.392 045 57	21	204	40	43.66	2	49	15.91	0.423 168 89		
	4	336	13	5.38	-	6	40	8.12	0.386 394 45	22	207	58	35.39	2	26	46.48	0.427 700 82		
	5	340	19	17.78	-	6	29	57.20	0.380 663 22	23	211	12	17.42	2	4	16.44	0.432 017 38		
	6	344	32	52.69	-	6	17	23.16	0.374 878 95	24	214	22	9.95	1	41	49.45	0.436 109 14		
	7	348	54	11.79	-	6	2	17.61	0.369 071 65	25	217	28	32.27	1	19	28.66	0.439 967 75		
	8	353	23	35.70	-	5	44	32.66	0.363 274 38	26	220	31	42.79	0	57	16.81	0.443 585 89		
	9	358	1	23.38	-	5	24	1.29	0.357 523 41	27	223	31	59.11	0	35	16.24	0.446 957 11		
	10	2	47	51.48	-	5	0	37.86	0.351 858 23	28	226	29	38.05	0	13	29.00	0.450 075 78		
	11	7	43	13.49	-	4	34	18.63	0.346 321 51	29	229	24	55.74	-	0	8	3.10	0.452 936 99	
	12	12	47	38.88	-	4	5	2.40	0.340 958 91	30	232	18	7.63	-	0	29	18.50	0.455 536 48	
	13	18	1	12.06	-	3	32	51.24	0.335 818 75	31	235	9	28.62	-	0	50	15.77	0.457 870 56	
14	23	23	51.25	-	2	57	51.17	0.330 951 51	Avril	1	237	59	13.06	-	1	10	53.65	0.459 936 06	

## MERCURE 2006 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
<b>Avril</b>	2	240	47	34.83	-	1	31	10.94	0.461	730	32				
	3	243	34	47.42	-	1	51	6.55	0.463	251	07				
	4	246	21	3.96	-	2	10	39.42	0.464	496	47				
	5	249	6	37.29	-	2	29	48.52	0.465	465	06				
	6	251	51	40.01	-	2	48	32.82	0.466	155	72				
	7	254	36	24.56	-	3	6	51.26	0.466	567	65				
	8	257	21	3.21	-	3	24	42.77	0.466	700	40				
	9	260	5	48.20	-	3	42	6.18	0.466	553	82				
	10	262	50	51.70	-	3	59	0.28	0.466	128	06				
	11	265	36	25.95	-	4	15	23.75	0.465	423	61				
	12	268	22	43.24	-	4	31	15.17	0.464	441	27				
13	271	9	56.00	-	4	46	32.96	0.463	182	17					
14	273	58	16.83	-	5	1	15.43	0.461	647	79					
15	276	47	58.56	-	5	15	20.69	0.459	840	00					
16	279	39	14.31	-	5	28	46.66	0.457	761	07					
17	282	32	17.51	-	5	41	31.06	0.455	413	70					
18	285	27	21.99	-	5	53	31.36	0.452	801	07					
19	288	24	41.99	-	6	4	44.79	0.449	926	90					
20	291	24	32.24	-	6	15	8.26	0.446	795	47					
21	294	27	7.99	-	6	24	38.40	0.443	411	75					
22	297	32	45.06	-	6	33	11.48	0.439	781	40					
23	300	41	39.88	-	6	40	43.41	0.435	910	89					
24	303	54	9.53	-	6	47	9.70	0.431	807	60					
25	307	10	31.76	-	6	52	25.45	0.427	479	93					
26	310	31	5.05	-	6	56	25.31	0.422	937	39					
27	313	56	8.56	-	6	59	3.46	0.418	190	76					
28	317	26	2.20	-	7	0	13.61	0.413	252	22					
29	321	1	6.52	-	6	59	48.99	0.408	135	53					
30	324	41	42.73	-	6	57	42.36	0.402	856	19					
<b>Mai</b>	1	328	28	12.62	-	6	53	46.01	0.397	431	61				
2	332	20	58.39	-	6	47	51.88	0.391	881	36					
3	336	20	22.52	-	6	39	51.56	0.386	227	31					
4	340	26	47.53	-	6	29	36.48	0.380	493	88					
5	344	40	35.73	-	6	16	58.03	0.374	708	25					
6	349	2	8.76	-	6	1	47.83	0.368	900	49					
7	353	31	47.21	-	5	43	58.00	0.363	103	77					
8	358	9	49.98	-	5	23	21.58	0.357	354	46					
9	2	56	33.63	-	4	59	52.96	0.351	692	13					
10	7	52	11.58	-	4	33	28.45	0.346	159	56					
11	12	56	53.16	-	4	4	6.97	0.340	802	49					
12	18	10	42.60	-	3	31	50.66	0.335	669	32					
13	23	33	37.94	-	2	56	45.70	0.330	810	58					
14	29	5	29.91	-	2	19	2.97	0.326	278	16					
15	34	46	0.76	-	1	38	58.65	0.322	124	36					
16	40	34	43.37	-	0	56	54.66	0.318	400	68					
17	46	31	0.40	-	0	13	18.74	0.315	156	40					
<b>Mai</b>	18	52	34	3.91	0	31	15.81	0.312	437	01					
	19	58	42	55.33	1	16	10.88	0.310	282	60					
	20	64	56	26.10	2	0	44.72	0.308	726	27					
	21	71	13	18.75	2	44	13.65	0.307	792	66					
	22	77	32	8.81	3	25	54.01	0.307	496	88					
	23	83	51	27.10	4	5	4.27	0.307	843	77					
	24	90	9	42.53	4	41	7.07	0.308	827	65					
	25	96	25	25.06	5	13	30.98	0.310	432	63					
	26	102	37	8.70	5	41	51.77	0.312	633	34					
	27	108	43	34.15	6	5	53.06	0.315	396	08					
	28	114	43	31.03	6	25	26.41	0.318	680	26					
29	120	35	59.42	6	40	30.88	0.322	440	03						
30	126	20	10.79	6	51	12.09	0.326	625	89						
31	131	55	28.22	6	57	41.09	0.331	186	21						
<b>Juin</b>	1	137	21	26.07	7	0	13.07	0.336	068	69					
2	142	37	49.13	6	59	6.09	0.341	221	51						
3	147	44	31.57	6	54	39.94	0.346	594	29						
4	152	41	35.60	6	47	15.11	0.352	138	84						
5	157	29	10.12	6	37	12.05	0.357	809	61						
6	162	7	29.43	6	24	50.53	0.363	564	11						
7	166	36	51.99	6	10	29.25	0.369	362	99						
8	170	57	39.32	5	54	25.53	0.375	170	17						
9	175	10	15.08	5	36	55.24	0.380	952	72						
10	179	15	4.28	5	18	12.68	0.386	680	79						
11	183	12	32.66	4	58	30.61	0.392	327	44						
12	187	3	6.18	4	38	0.38	0.397	868	47						
13	190	47	10.60	4	16	51.93	0.403	282	19						
14	194	25	11.27	3	55	13.99	0.408	549	21						
15	197	57	32.84	3	33	14.15	0.413	652	28						
16	201	24	39.20	3	10	58.98	0.418	576	04						
17	204	46	53.31	2	48	34.17	0.423	306	88						
18	208	4	37.23	2	26	4.65	0.427	832	71						
19	211	18	12.07	2	3	34.64	0.432	142	88						
20	214	27	57.99	1	41	7.78	0.436	227	96						
21	217	34	14.26	1	18	47.23	0.440	079	63						
22	220	37	19.26	0	56	35.68	0.443	690	61						
23	223	37	30.56	0	34	35.49	0.447	054	47						
24	226	35	4.98	0	12	48.70	0.450	165	62						
25	229	30	18.61	-	0	8	42.91	0.453	019	14					
26	232	23	26.90	-	0	29	57.77	0.455	610	81					
27	235	14	44.72	-	0	50	54.45	0.457	936	94					
28	238	4	26.41	-	1	11	31.70	0.459	994	40					
29	240	52	45.85	-	1	31	48.33	0.461	780	51					
30	243	39	56.50	-	1	51	43.24	0.463	293	03					
<b>Juill.</b>	1	246	26	11.49	-	2	11	15.38	0.464	530	15				
2	249	11	43.66	-	2	30	23.72	0.465	490	40					

## MERCURE 2006 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			
<b>Juill.</b>	3	251	56	45.61	- 2	49	7.22	0.466 172 66	<b>Août</b>	18	77	43	47.21	3	27	8.62	0.307 496 89
	4	254	41	29.74	- 3	7	24.84	0.466 576 17		19	84	3	5.08	4	6	13.65	0.307 863 36
	5	257	26	8.36	- 3	25	15.48	0.466 700 48		20	90	21	17.31	4	42	10.17	0.308 866 50
	6	260	10	53.68	- 3	42	37.99	0.466 545 43		21	96	36	53.94	5	14	26.94	0.310 490 12
	7	262	55	57.90	- 3	59	31.15	0.466 111 22		22	102	48	29.14	5	42	39.96	0.312 708 57
	8	265	41	33.23	- 4	15	53.64	0.465 398 31		23	108	54	43.86	6	6	33.10	0.315 487 91
	9	268	27	51.98	- 4	31	44.03	0.464 407 53		24	114	54	27.99	6	25	58.17	0.318 787 39
	10	271	15	6.58	- 4	47	0.75	0.463 140 03		25	120	46	41.96	6	40	54.43	0.322 561 00
	11	274	3	29.64	- 5	1	42.09	0.461 597 29		26	126	30	37.61	6	51	27.68	0.326 759 15
	12	276	53	14.00	- 5	15	46.15	0.459 781 20		27	132	5	38.35	6	57	49.14	0.331 330 18
	13	279	44	32.78	- 5	29	10.86	0.457 694 03		28	137	31	18.87	7	0	14.09	0.336 221 78
	14	282	37	39.43	- 5	41	53.93	0.455 338 50		29	142	47	24.29	6	59	0.67	0.341 382 15
	15	285	32	47.79	- 5	53	52.82	0.452 717 82		30	147	53	49.02	6	54	28.70	0.346 760 99
	16	288	30	12.12	- 6	5	4.74	0.449 835 71		31	152	50	35.50	6	46	58.68	0.352 310 15
	17	291	30	7.15	- 6	15	26.61	0.446 696 49	<b>Sept.</b>	1	157	37	52.82	6	36	51.05	0.357 984 20
	18	294	32	48.16	- 6	24	55.04	0.443 305 12		2	162	15	55.44	6	24	25.56	0.363 740 71
	19	297	38	30.98	- 6	33	26.29	0.439 667 31		3	166	45	1.90	6	10	0.85	0.369 540 47
	20	300	47	32.06	- 6	40	56.26	0.435 789 55		4	171	5	33.83	5	53	54.23	0.375 347 45
	21	304	0	8.51	- 6	47	20.45	0.431 679 26		5	175	17	54.92	5	36	21.49	0.381 128 84
	22	307	16	38.09	- 6	52	33.94	0.427 344 85		6	179	22	30.24	5	17	36.89	0.386 854 88
	23	310	37	19.31	- 6	56	31.37	0.422 795 87		7	183	19	45.52	4	57	53.17	0.392 498 73
	24	314	2	31.35	- 6	59	6.90	0.418 043 16		8	187	10	6.72	4	37	21.61	0.398 036 24
	25	317	32	34.13	- 7	0	14.24	0.413 098 93		9	190	53	59.61	4	16	12.12	0.403 445 80
	26	321	7	48.23	- 6	59	46.59	0.407 976 99		10	194	31	49.50	3	54	33.39	0.408 708 11
	27	324	48	34.89	- 6	57	36.69	0.402 692 90		11	198	4	1.04	3	32	32.97	0.413 805 97
	28	328	35	15.90	- 6	53	36.85	0.397 264 13		12	201	30	58.08	3	10	17.42	0.418 724 06
	29	332	28	13.47	- 6	47	38.96	0.391 710 32		13	204	53	3.56	2	47	52.39	0.423 448 83
	30	336	27	50.09	- 6	39	34.64	0.386 053 42		14	208	10	39.51	2	25	22.79	0.427 968 25
	31	340	34	28.29	- 6	29	15.28	0.380 317 93		15	211	24	7.01	2	2	52.82	0.432 271 69
<b>Août</b>	1	344	48	30.34	- 6	16	32.30	0.374 531 10		16	214	33	46.19	1	40	26.12	0.436 349 76
	2	349	10	17.88	- 6	1	17.31	0.368 723 11		17	217	39	56.29	1	18	5.80	0.440 194 19
	3	353	40	11.45	- 5	43	22.47	0.362 927 22		18	220	42	55.68	0	55	54.58	0.443 797 70
	4	358	18	29.89	- 5	22	40.84	0.357 179 89		19	223	43	1.90	0	33	54.77	0.447 153 92
	5	3	5	29.68	- 4	59	6.87	0.351 520 81		20	226	40	31.74	0	12	8.43	0.450 257 24
	6	8	1	24.12	- 4	32	36.95	0.345 992 83		21	229	35	41.27	- 0	9	22.69	0.453 102 80
	7	13	6	22.41	- 4	3	10.05	0.340 641 79		22	232	28	45.93	- 0	30	36.99	0.455 686 38
	8	18	20	28.61	- 3	30	48.46	0.335 516 16		23	235	20	0.56	- 0	51	33.09	0.458 004 31
	9	23	43	40.56	- 2	55	38.48	0.330 666 53		24	238	9	39.50	- 1	12	9.71	0.460 053 48
	10	29	15	48.73	- 2	17	51.15	0.326 144 82		25	240	57	56.60	- 1	32	25.68	0.461 831 21
	11	34	56	35.11	- 1	37	42.81	0.322 003 32		26	243	45	5.33	- 1	52	19.90	0.463 335 30
	12	40	45	32.28	- 0	55	35.56	0.318 293 49		27	246	31	18.79	- 2	11	51.32	0.464 563 92
	13	46	42	2.58	- 0	11	57.32	0.315 064 51		28	249	16	49.83	- 2	30	58.90	0.465 515 63
	14	52	45	17.74	0	32	38.45	0.312 361 75		29	252	1	51.02	- 2	49	41.61	0.466 189 32
	15	58	54	18.89	1	17	33.50	0.310 225 11		30	254	46	34.79	- 3	7	58.40	0.466 584 24
	16	65	7	57.13	2	2	6.01	0.308 687 42	<b>Oct.</b>	1	257	31	13.41	- 3	25	48.18	0.466 699 93
	17	71	24	54.80	2	45	32.26	0.307 773 08		2	260	15	59.12	- 3	43	9.80	0.466 536 27

## MERCURE 2006 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	263	1	4.09	- 4	0	2.03	0.466 093 44	Nov.	18	102	59	56.14	5	43	28.41	0.312 786 47	
	4	265	46	40.56	- 4	16	23.54	0.465 371 94		19	109	5	59.73	6	7	13.31	0.315 582 70	
	5	268	33	0.83	- 4	32	12.91	0.464 372 59		20	115	5	30.71	6	26	30.01	0.318 897 70	
	6	271	20	17.33	- 4	47	28.55	0.463 096 55		21	120	57	29.86	6	41	17.98	0.322 685 34	
	7	274	8	42.69	- 5	2	8.76	0.461 545 32		22	126	41	9.35	6	51	43.23	0.326 895 92	
	8	276	58	29.75	- 5	16	11.64	0.459 720 80		23	132	15	52.98	6	57	57.10	0.331 477 75	
	9	279	49	51.64	- 5	29	35.09	0.457 625 27		24	137	41	15.78	7	0	14.99	0.336 378 53	
	10	282	43	1.83	- 5	42	16.83	0.455 261 47		25	142	57	3.15	6	58	55.10	0.341 546 48	
	11	285	38	14.16	- 5	54	14.31	0.452 632 62		26	148	3	9.80	6	54	17.30	0.346 931 36	
	12	288	35	42.90	- 6	5	24.72	0.449 742 45		27	152	59	38.39	6	46	42.09	0.352 485 09	
	13	291	35	42.82	- 6	15	44.99	0.446 595 31		28	157	46	38.21	6	36	29.89	0.358 162 35	
	14	294	38	29.20	- 6	25	11.71	0.443 196 19		29	162	24	23.83	6	24	0.43	0.363 920 80	
	15	297	44	17.89	- 6	33	41.12	0.439 550 80		30	166	53	13.93	6	9	32.31	0.369 721 31	
	16	300	53	25.37	- 6	41	9.13	0.435 665 68		Déc.	1	171	13	30.21	5	53	22.80	0.375 527 98
	17	304	6	8.75	- 6	47	31.21	0.431 548 25			2	175	25	36.42	5	35	47.63	0.381 308 09
	18	307	22	45.84	- 6	52	42.43	0.427 206 99			3	179	29	57.64	5	17	1.03	0.387 031 96
	19	310	43	35.15	- 6	56	37.41	0.422 651 47			4	183	26	59.64	4	57	15.67	0.392 672 85
20	314	8	55.89	- 6	59	10.32	0.417 892 56	5	187		17	8.36	4	36	42.79	0.398 206 69		
21	317	39	8.00	- 7	0	14.82	0.412 942 54	6	191		0	49.57	4	15	32.28	0.403 611 95		
22	321	14	32.09	- 6	59	44.12	0.407 815 26	7	194		38	28.56	3	53	52.78	0.408 869 39		
23	324	55	29.42	- 6	57	30.94	0.402 526 34	8	198	10	29.96	3	31	51.80	0.413 961 86			
24	328	42	21.78	- 6	53	27.57	0.397 093 31	9	201	37	17.58	3	9	35.88	0.418 874 13			
25	332	35	31.40	- 6	47	25.90	0.391 535 89	10	204	59	14.34	2	47	10.65	0.423 592 68			
26	336	35	20.79	- 6	39	17.52	0.385 876 09	11	208	16	42.25	2	24	40.99	0.428 105 53			
27	340	42	12.45	- 6	28	53.85	0.380 138 50	12	211	30	2.35	2	2	11.07	0.432 402 08			
28	344	56	28.66	- 6	16	6.29	0.374 350 47	13	214	39	34.74	1	39	44.53	0.436 472 99			
29	349	18	31.03	- 6	0	46.46	0.368 542 26	14	217	45	38.64	1	17	24.46	0.440 310 02			
30	353	48	40.04	- 5	42	46.56	0.362 747 24	15	220	48	32.38	0	55	13.56	0.443 905 93			
31	358	27	14.49	- 5	21	59.66	0.357 001 97	16	223	48	33.49	0	33	14.15	0.447 254 35			
Nov.	1	3	14	30.77	- 4	58	20.28	0.351 346 23	17	226	45	58.72	0	11	28.25	0.450 349 72		
	2	8	10	42.07	- 4	31	44.86	0.345 822 98	18	229	41	4.14	- 0	10	2.36	0.453 187 19		
	3	13	15	57.42	- 4	2	12.50	0.340 478 15	19	232	34	5.16	- 0	31	16.12	0.455 762 55		
	4	18	30	20.74	- 3	29	45.56	0.335 360 28	20	235	25	16.60	- 0	52	11.63	0.458 072 16		
	5	23	53	49.63	- 2	54	30.50	0.330 520 02	21	238	14	52.79	- 1	12	47.63	0.460 112 92		
	6	29	26	14.31	- 2	16	38.50	0.326 009 31	22	241	3	7.57	- 1	33	2.94	0.461 882 17		
	7	35	7	16.52	- 1	36	26.11	0.321 880 44	23	243	50	14.39	- 1	52	56.46	0.463 377 72		
	8	40	56	28.51	- 0	54	15.57	0.318 184 83	24	246	36	26.35	- 2	12	27.16	0.464 597 75		
	9	46	53	12.28	- 0	10	35.00	0.314 971 56	25	249	21	56.28	- 2	31	33.98	0.465 540 83		
	10	52	56	39.25	0	34	1.98	0.312 285 85	26	252	6	56.75	- 2	50	15.90	0.466 205 87		
	11	59	5	50.20	1	18	56.98	0.310 167 40	27	254	51	40.17	- 3	8	31.88	0.466 592 11		
	12	65	19	35.95	2	3	28.11	0.308 648 82	28	257	36	18.84	- 3	26	20.80	0.466 699 13		
	13	71	36	38.58	2	46	51.60	0.307 754 21	29	260	21	4.97	- 3	43	41.53	0.466 526 80		
	14	77	55	33.23	3	28	23.88	0.307 498 05	30	263	6	10.74	- 4	0	32.83	0.466 075 31		
	15	84	14	50.50	4	7	23.60	0.307 884 52	31	265	51	48.39	- 4	16	53.37	0.465 345 17		
	16	90	32	59.29	4	43	13.73	0.308 907 33	32	268	38	10.23	- 4	32	41.71	0.464 337 22		
	17	96	48	29.72	5	15	23.26	0.310 549 95	33	271	25	28.69	- 4	47	56.29	0.463 052 62		



## VÉNUS 2006 à 0h TT

## LONGITUDE, LATITUDE, RAYON VECTEUR

Équinoxe et écliptique moyens J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	longitude			latitude			rayon v. ua	Date	longitude			latitude			rayon v. ua				
	°	'	"	°	'	"			°	'	"	°	'	"					
Janv.	0	90	55	19.58	0	50	12.98	0.719 605 38	Avril	2	239	36	25.28	0	59	48.02	0.724 834 85		
	2	94	9	19.96	1	1	16.86	0.719 433 08		4	242	47	31.20	0	48	52.78	0.725 092 21		
	4	97	23	27.05	1	12	9.34	0.719 273 14		6	245	58	28.03	0	37	48.94	0.725 343 99		
	6	100	37	40.65	1	22	48.29	0.719 126 06		8	249	9	16.18	0	26	38.56	0.725 589 44		
	8	103	52	0.52	1	33	11.63	0.718 992 35		10	252	19	56.13	0	15	23.72	0.725 827 78		
	10	107	6	26.39	1	43	17.31	0.718 872 42		12	255	30	28.34	0	4	6.47	0.726 058 29		
	12	110	20	57.95	1	53	3.37	0.718 766 66		14	258	40	53.34	- 0	7	11.11	0.726 280 25		
	14	113	35	34.85	2	2	27.87	0.718 675 43		16	261	51	11.65	- 0	18	26.97	0.726 493 00		
	16	116	50	16.71	2	11	28.97	0.718 599 02		18	265	1	23.83	- 0	29	39.05	0.726 695 87		
	18	120	5	3.09	2	20	4.89	0.718 537 68		20	268	11	30.44	- 0	40	45.32	0.726 888 26		
	20	123	19	53.54	2	28	13.92	0.718 491 59		22	271	21	32.05	- 0	51	43.79	0.727 069 56		
	22	126	34	47.56	2	35	54.47	0.718 460 91		24	274	31	29.24	- 1	2	32.46	0.727 239 24		
	24	129	49	44.61	2	43	5.02	0.718 445 74		26	277	41	22.59	- 1	13	9.39	0.727 396 78		
	26	133	4	44.13	2	49	44.16	0.718 446 12		28	280	51	12.67	- 1	23	32.68	0.727 541 69		
	28	136	19	45.53	2	55	50.57	0.718 462 04		30	284	1	0.08	- 1	33	40.47	0.727 673 54		
	30	139	34	48.17	3	1	23.08	0.718 493 44		Mai	2	287	10	45.37	- 1	43	30.93	0.727 791 93	
	Févr.	1	142	49	51.43	3	6	20.58			0.718 540 23	4	290	20	29.09	- 1	53	2.32	0.727 896 50
		3	146	4	54.62	3	10	42.13			0.718 602 24	6	293	30	11.80	- 2	2	12.91	0.727 986 94
5		149	19	57.08	3	14	26.88	0.718 679 26	8		296	39	54.03	- 2	11	1.08	0.728 062 97		
7		152	34	58.11	3	17	34.13	0.718 771 04	10		299	49	36.27	- 2	19	25.24	0.728 124 36		
9		155	49	57.01	3	20	3.27	0.718 877 28	12		302	59	19.02	- 2	27	23.89	0.728 170 94		
11		159	4	53.07	3	21	53.87	0.718 997 64	14		306	9	2.75	- 2	34	55.59	0.728 202 54		
13		162	19	45.59	3	23	5.60	0.719 131 70	16		309	18	47.91	- 2	41	58.99	0.728 219 09		
15	165	34	33.89	3	23	38.26	0.719 279 05	18	312		28	34.91	- 2	48	32.82	0.728 220 54			
17	168	49	17.28	3	23	31.80	0.719 439 21	20	315		38	24.15	- 2	54	35.88	0.728 206 87			
19	172	3	55.08	3	22	46.30	0.719 611 64	22	318		48	16.00	- 3	0	7.08	0.728 178 13			
21	175	18	26.67	3	21	21.95	0.719 795 80	24	321		58	10.81	- 3	5	5.41	0.728 134 41			
23	178	32	51.41	3	19	19.08	0.719 991 09	26	325		8	8.89	- 3	9	29.95	0.728 075 84			
25	181	47	8.73	3	16	38.17	0.720 196 89	28	328		18	10.55	- 3	13	19.88	0.728 002 60			
27	185	1	18.06	3	13	19.80	0.720 412 52	30	331		28	16.05	- 3	16	34.49	0.727 914 91			
Mars	1	188	15	18.89	3	9	24.67	0.720 637 30	Juin		1	334	38	25.64	- 3	19	13.15	0.727 813 03	
	3	191	29	10.75	3	4	53.62	0.720 870 50			3	337	48	39.55	- 3	21	15.36	0.727 697 27	
	5	194	42	53.20	2	59	47.58	0.721 111 39			5	340	58	57.98	- 3	22	40.71	0.727 567 98	
	7	197	56	25.88	2	54	7.61	0.721 359 20		7	344	9	21.11	- 3	23	28.90	0.727 425 55		
	9	201	9	48.45	2	47	54.87	0.721 613 13		9	347	19	49.11	- 3	23	39.73	0.727 270 42		
	11	204	23	0.64	2	41	10.61	0.721 872 38		11	350	30	22.14	- 3	23	13.13	0.727 103 05		
	13	207	36	2.22	2	33	56.19	0.722 136 13		13	353	41	0.31	- 3	22	9.13	0.726 923 95		
	15	210	48	53.02	2	26	13.05	0.722 403 55		15	356	51	43.77	- 3	20	27.86	0.726 733 66		
	17	214	1	32.94	2	18	2.73	0.722 673 78		17	0	2	32.62	- 3	18	9.59	0.726 532 78		
	19	217	14	1.92	2	9	26.83	0.722 945 99		19	3	13	26.96	- 3	15	14.66	0.726 321 90		
	21	220	26	19.96	2	0	27.02	0.723 219 31		21	6	24	26.88	- 3	11	43.57	0.726 101 68		
	23	223	38	27.11	1	51	5.07	0.723 492 89		23	9	35	32.48	- 3	7	36.89	0.725 872 78		
	25	226	50	23.50	1	41	22.77	0.723 765 87		25	12	46	43.84	- 3	2	55.32	0.725 635 91		
	27	230	2	9.27	1	31	21.99	0.724 037 39		27	15	58	1.04	- 2	57	39.66	0.725 391 80		
	29	233	13	44.64	1	21	4.63	0.724 306 62		29	19	9	24.16	- 2	51	50.82	0.725 141 20		
	31	236	25	9.88	1	10	32.65	0.724 572 72		Juill.	1	22	20	53.28	- 2	45	29.81	0.724 884 87	

## VÉNUS 2006 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	25	32	28.49	-	2	38	37.75	0.724 623 62	Oct.	3	174	10	29.11	3	21	55.89	0.719 736 37
	5	28	44	9.86	-	2	31	15.86	0.724 358 24		5	177	24	56.07	3	20	6.43	0.719 928 28
	7	31	55	57.47	-	2	23	25.43	0.724 089 57		7	180	39	15.79	3	17	38.76	0.720 130 88
	9	35	7	51.42	-	2	15	7.89	0.723 818 43		9	183	53	27.71	3	14	33.40	0.720 343 51
	11	38	19	51.78	-	2	6	24.71	0.723 545 68		11	187	7	31.30	3	10	51.03	0.720 565 49
	13	41	31	58.66	-	1	57	17.49	0.723 272 15		13	190	21	26.07	3	6	32.43	0.720 796 12
	15	44	44	12.12	-	1	47	47.87	0.722 998 72		15	193	35	11.58	3	1	38.51	0.721 034 66
	17	47	56	32.26	-	1	37	57.60	0.722 726 23		17	196	48	47.43	2	56	10.27	0.721 280 35
	19	51	8	59.17	-	1	27	48.49	0.722 455 54		19	200	2	13.28	2	50	8.85	0.721 532 41
	21	54	21	32.93	-	1	17	22.41	0.722 187 50		21	203	15	28.84	2	43	35.46	0.721 790 05
	23	57	34	13.62	-	1	6	41.29	0.721 922 96		23	206	28	33.85	2	36	31.44	0.722 052 44
25	60	47	1.31	-	0	55	47.14	0.721 662 75	25	209	41	28.15	2	28	58.18	0.722 318 76		
27	63	59	56.07	-	0	44	41.98	0.721 407 69	27	212	54	11.59	2	20	57.19	0.722 588 17		
29	67	12	57.94	-	0	33	27.91	0.721 158 61	29	216	6	44.11	2	12	30.05	0.722 859 83		
31	70	26	6.96	-	0	22	7.05	0.720 916 28	31	219	19	5.68	2	3	38.42	0.723 132 88		
Août	2	73	39	23.17	-	0	10	41.54	0.720 681 48	Nov.	2	222	31	16.35	1	54	24.03	0.723 406 47
	4	76	52	46.56	0	0	46.44	0.720 454 96	4		225	43	16.20	1	44	48.64	0.723 679 74	
	6	80	6	17.13	0	12	14.69	0.720 237 45	6		228	55	5.39	1	34	54.12	0.723 951 84	
	8	83	19	54.83	0	23	41.02	0.720 029 63	8		232	6	44.10	1	24	42.36	0.724 221 93	
	10	86	33	39.61	0	35	3.22	0.719 832 18	10		235	18	12.58	1	14	15.28	0.724 489 17	
	12	89	47	31.36	0	46	19.11	0.719 645 73	12		238	29	31.12	1	3	34.86	0.724 752 73	
	14	93	1	29.98	0	57	26.49	0.719 470 88	14		241	40	40.06	0	52	43.11	0.725 011 79	
	16	96	15	35.32	1	8	23.20	0.719 308 18	16		244	51	39.77	0	41	42.06	0.725 265 55	
	18	99	29	47.17	1	19	7.12	0.719 158 18	18		248	2	30.66	0	30	33.75	0.725 513 24	
	20	102	44	5.33	1	29	36.15	0.719 021 34	20		251	13	13.17	0	19	20.25	0.725 754 09	
22	105	58	29.54	1	39	48.23	0.718 898 12	22	254	23	47.79	0	8	3.62	0.725 987 36			
24	109	12	59.49	1	49	41.36	0.718 788 90	24	257	34	15.02	-	0	3	14.07	0.726 212 33		
26	112	27	34.87	1	59	13.60	0.718 694 05	26	260	44	35.37	-	0	14	30.75	0.726 428 32		
28	115	42	15.29	2	8	23.06	0.718 613 87	28	263	54	49.40	-	0	25	44.37	0.726 634 67		
30	118	57	0.34	2	17	7.96	0.718 548 62	30	267	4	57.67	-	0	36	52.90	0.726 830 74		
Sept.	1	122	11	49.59	2	25	26.56	0.718 498 51	Déc.	2	270	15	0.73	-	0	47	54.31	0.727 015 94
	3	125	26	42.54	2	33	17.22	0.718 463 70		4	273	24	59.17	-	0	58	46.62	0.727 189 71
	5	128	41	38.67	2	40	38.39	0.718 444 31		6	276	34	53.58	-	1	9	27.87	0.727 351 51
	7	131	56	37.44	2	47	28.64	0.718 440 41		8	279	44	44.52	-	1	19	56.14	0.727 500 85
	9	135	11	38.27	2	53	46.61	0.718 451 99		10	282	54	32.57	-	1	30	9.55	0.727 637 28
	11	138	26	40.54	2	59	31.07	0.718 479 02		12	286	4	18.32	-	1	40	6.28	0.727 760 39
	13	141	41	43.61	3	4	40.90	0.718 521 42		14	289	14	2.31	-	1	49	44.53	0.727 869 80
	15	144	56	46.84	3	9	15.09	0.718 579 05		16	292	23	45.09	-	1	59	2.58	0.727 965 19
	17	148	11	49.54	3	13	12.77	0.718 651 72		18	295	33	27.20	-	2	7	58.78	0.728 046 25
	19	151	26	51.03	3	16	33.17	0.718 739 19		20	298	43	9.16	-	2	16	31.51	0.728 112 76
21	154	41	50.62	3	19	15.67	0.718 841 17	22	301	52	51.46	-	2	24	39.25	0.728 164 49		
23	157	56	47.60	3	21	19.77	0.718 957 35	24	305	2	34.58	-	2	32	20.54	0.728 201 31		
25	161	11	41.26	3	22	45.09	0.719 087 34	26	308	12	18.97	-	2	39	34.00	0.728 223 09		
27	164	26	30.93	3	23	31.40	0.719 230 72	28	311	22	5.05	-	2	46	18.32	0.728 229 77		
29	167	41	15.90	3	23	38.60	0.719 387 03	30	314	31	53.25	-	2	52	32.28	0.728 221 32		
Oct.	1	170	55	55.51	3	23	6.71	0.719 555 76	32	317	41	43.92	-	2	58	14.76	0.728 197 78	

## MARS 2006 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					
<b>Janv.</b>	0	74	0	59.19	0	45	59.33	1.529970 08	<b>Juill.</b>	3	159	9	42.68	1	44	31.05	1.665 788 22			
	4	76	4	43.18	0	49	35.62	1.535139 08		7	160	54	32.14	1	43	20.01	1.665 431 52			
	8	78	7	37.70	0	53	6.64	1.540275 66		11	162	39	24.75	1	42	3.17	1.664 915 78			
	12	80	9	43.61	0	56	32.23	1.545373 51		15	164	24	21.73	1	40	40.57	1.664 241 40			
	16	82	11	1.77	0	59	52.25	1.550426 46		19	166	9	24.27	1	39	12.26	1.663 408 87			
	20	84	11	33.12	1	3	6.54	1.555428 52		23	167	54	33.56	1	37	38.29	1.662 418 81			
	24	86	11	18.60	1	6	14.98	1.560373 90		27	169	39	50.80	1	35	58.71	1.661 271 98			
	28	88	10	19.20	1	9	17.46	1.565256 95		31	171	25	17.20	1	34	13.58	1.659 969 24			
<b>Févr.</b>	1	90	8	35.93	1	12	13.89	1.570072 25	<b>Août</b>	4	173	10	53.96	1	32	22.94	1.658 511 56			
	5	92	6	9.82	1	15	4.15	1.574814 50		8	174	56	42.28	1	30	26.85	1.656 900 06			
		9	94	3	1.94	1	17	48.19		1.579478 61		12	176	42	43.36	1	28	25.37	1.655 135 99	
		13	95	59	13.38	1	20	25.93		1.584059 67		16	178	28	58.41	1	26	18.57	1.653 220 68	
		17	97	54	45.22	1	22	57.29		1.588552 94		20	180	15	28.64	1	24	6.49	1.651 155 64	
	21	99	49	38.58	1	25	22.25	1.592953 84		24	182	2	15.26	1	21	49.22	1.648 942 46			
	25	101	43	54.60	1	27	40.74	1.597257 98		28	183	49	19.48	1	19	26.80	1.646 582 91			
<b>Mars</b>	1	103	37	34.42	1	29	52.73	1.601461 12	<b>Sept.</b>	1	185	36	42.50	1	16	59.33	1.644 078 86			
	5	105	30	39.18	1	31	58.19	1.605559 22		5	187	24	25.55	1	14	26.86	1.641 432 32			
	9	107	23	10.06	1	33	57.10	1.609548 38		9	189	12	29.83	1	11	49.49	1.638 645 45			
	13	109	15	8.21	1	35	49.44	1.613424 88		13	191	0	56.55	1	9	7.28	1.635 720 54			
	17	111	6	34.83	1	37	35.19	1.617185 16		17	192	49	46.93	1	6	20.34	1.632 660 02			
	21	112	57	31.09	1	39	14.35	1.620825 82		21	194	39	2.19	1	3	28.74	1.629 466 47			
	25	114	47	58.19	1	40	46.92	1.624343 60		25	196	28	43.53	1	0	32.58	1.626 142 61			
	29	116	37	57.30	1	42	12.90	1.627735 41		29	198	18	52.16	0	57	31.97	1.622 691 31			
<b>Avril</b>	2	118	27	29.64	1	43	32.30	1.630998 32	<b>Oct.</b>	3	200	9	29.29	0	54	27.01	1.619 115 60			
	6	120	16	36.40	1	44	45.11	1.634129 52		7	202	0	36.12	0	51	17.81	1.615 418 64			
		10	122	5	18.78	1	45	51.36		1.637126 38		11	203	52	13.86	0	48	4.50	1.611 603 76	
		14	123	53	37.97	1	46	51.06		1.639986 39		15	205	44	23.69	0	44	47.19	1.607 674 46	
	18	125	41	35.19	1	47	44.23	1.642707 19		19	207	37	6.82	0	41	26.02	1.603 634 38			
	22	127	29	11.63	1	48	30.90	1.645286 57		23	209	30	24.42	0	38	1.12	1.599 487 34			
	26	129	16	28.50	1	49	11.07	1.647722 43		27	211	24	17.66	0	34	32.65	1.595 237 31			
<b>Mai</b>	30	131	3	26.99	1	49	44.78	1.650012 85	<b>Nov.</b>	31	213	18	47.71	0	31	0.77	1.590 888 43			
	4	132	50	8.32	1	50	12.05	1.652156 00		4	215	13	55.73	0	27	25.63	1.586 445 03			
	8	134	36	33.68	1	50	32.92	1.654150 21		8	217	9	42.84	0	23	47.40	1.581 911 58			
	12	136	22	44.26	1	50	47.41	1.655993 92		12	219	6	10.17	0	20	6.28	1.577 292 76			
	16	138	8	41.28	1	50	55.55	1.657685 71		16	221	3	18.83	0	16	22.45	1.572 593 38			
	20	139	54	25.93	1	50	57.37	1.659224 29		20	223	1	9.91	0	12	36.12	1.567 818 46			
	24	141	39	59.41	1	50	52.92	1.660608 47		24	224	59	44.46	0	8	47.50	1.562 973 18			
	28	143	25	22.91	1	50	42.22	1.661837 22		28	226	59	3.54	0	4	56.82	1.558 062 90			
<b>Juin</b>	1	145	10	37.63	1	50	25.31	1.662909 60	<b>Déc.</b>	2	228	59	8.14	0	1	4.30	1.553 093 16			
	5	146	55	44.77	1	50	2.22	1.663824 81		6	230	59	59.26	-	0	2	49.79	1.548 069 68		
		9	148	40	45.51	1	49	33.01		1.664582 16		10	233	1	37.84	-	0	6	45.20	1.542 998 34
		13	150	25	41.07	1	48	57.69		1.665181 10		14	235	4	4.80	-	0	10	41.65	1.537 885 21
		17	152	10	32.62	1	48	16.31		1.665621 18		18	237	7	21.01	-	0	14	38.87	1.532 736 54
	21	153	55	21.36	1	47	28.92	1.665902 08		22	239	11	27.29	-	0	18	36.54	1.527 558 74		
	25	155	40	8.49	1	46	35.55	1.666023 59		26	241	16	24.44	-	0	22	34.37	1.522 358 38		
	29	157	24	55.20	1	45	36.25	1.665985 63		30	243	22	13.19	-	0	26	32.02	1.517 142 22		

## JUPITER, SATURNE, URANUS, NEPTUNE 2006 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	214	24	51.19	1 11	31.02	5.440 170 1	Janv.	0	126	45	8.13	0 33	54.21	9.106 922 5
	16	215	37	45.44	1 10	49.74	5.438 119 3	16	127	20	19.21	0 35	23.38	9.109 598 4	
Févr.	1	216	50	43.07	1 10	6.51	5.435 951 1	Févr.	1	127	55	29.01	0 36	52.28	9.112 315 2
	17	218	3	44.28	1 9	21.35	5.433 666 3	17	128	30	37.52	0 38	20.89	9.115 072 7	
Mars	5	219	16	49.24	1 8	34.27	5.431 265 9	Mars	5	129	5	44.71	0 39	49.20	9.117 870 6
	21	220	29	58.16	1 7	45.28	5.428 750 5	Avril	21	129	40	50.56	0 41	17.21	9.120 708 6
Avril	6	221	43	11.21	1 6	54.41	5.426 121 1	6	130	15	55.05	0 42	44.90	9.123 586 6	
	22	222	56	28.56	1 6	1.66	5.423 378 8	22	130	50	58.16	0 44	12.27	9.126 504 4	
Mai	8	224	9	50.41	1 5	7.06	5.420 524 8	Mai	8	131	25	59.89	0 45	39.31	9.129 461 9
	24	225	23	16.92	1 4	10.61	5.417 560 5	24	132	1	0.22	0 47	6.01	9.132 459 0	
Juin	9	226	36	48.30	1 3	12.35	5.414 487 3	Juin	9	132	35	59.13	0 48	32.35	9.135 495 3
	25	227	50	24.72	1 2	12.28	5.411 306 5	25	133	10	56.61	0 49	58.34	9.138 570 3	
Juill.	11	229	4	6.37	1 1	10.42	5.408 019 5	Juill.	11	133	45	52.65	0 51	23.95	9.141 683 7
	27	230	17	53.42	1 0	6.80	5.404 627 9	27	134	20	47.24	0 52	49.19	9.144 835 0	
Août	12	231	31	46.07	0 59	1.44	5.401 133 3	Août	12	134	55	40.36	0 54	14.05	9.148 023 8
	28	232	45	44.49	0 57	54.35	5.397 537 0	28	135	30	32.00	0 55	38.51	9.151 249 7	
Sept.	13	233	59	48.88	0 56	45.55	5.393 840 6	Sept.	13	136	5	22.14	0 57	2.56	9.154 511 9
	29	235	13	59.41	0 55	35.08	5.390 045 5	29	136	40	10.76	0 58	26.20	9.157 810 2	
Oct.	15	236	28	16.25	0 54	22.95	5.386 153 1	Oct.	15	137	14	57.85	0 59	49.42	9.161 144 2
	31	237	42	39.58	0 53	9.19	5.382 165 2	31	137	49	43.39	1 1	12.21	9.164 513 6	
Nov.	16	238	57	9.55	0 51	53.81	5.378 083 6	Nov.	16	138	24	27.37	1 2	34.57	9.167 918 1
	2	240	11	46.34	0 50	36.86	5.373 909 9	2	138	59	9.77	1 3	56.48	9.171 357 5	
Déc.	18	241	26	30.13	0 49	18.35	5.369 646 1	18	139	33	50.58	1 5	17.93	9.174 831 2	

#### URANUS

#### NEPTUNE

URANUS				NEPTUNE											
Date	longitude			latitude	rayon v.	Date	longitude			latitude	rayon v.				
	°	'	"	°	''	ua	°	'	"	°	''	ua			
Janv.	0	339	59	37.63	- 0 46	12.35	20.074 687 4	Janv.	0	316	59	4.57	- 0 9	38.01	30.058 052 0
Févr.	1	340	20	9.38	- 0 46	13.44	20.075 944 1	Févr.	1	317	10	33.19	- 0 9	59.22	30.057 365 5
Mars	5	340	40	41.04	- 0 46	14.43	20.077 172 1	Mars	5	317	22	1.90	- 0 10	20.42	30.056 683 3
Avril	6	341	1	12.64	- 0 46	15.33	20.078 371 7	Avril	6	317	33	30.72	- 0 10	41.62	30.056 005 3
Mai	8	341	21	44.20	- 0 46	16.12	20.079 541 0	Mai	8	317	44	59.65	- 0 11	2.81	30.055 329 0
Juin	9	341	42	15.72	- 0 46	16.82	20.080 678 7	Juin	9	317	56	28.69	- 0 11	24.00	30.054 653 1
	11	342	2	47.19	- 0 46	17.42	20.081 783 6	Juill.	11	318	7	57.83	- 0 11	45.18	30.053 976 7
Juill.	12	342	23	18.61	- 0 46	17.93	20.082 855 7	Août	12	318	19	27.07	- 0 12	6.36	30.053 299 9
Août	13	342	43	49.98	- 0 46	18.33	20.083 896 2	Sept.	13	318	30	56.39	- 0 12	27.53	30.052 623 7
Oct.	15	343	4	21.31	- 0 46	18.64	20.084 904 5	Oct.	15	318	42	25.81	- 0 12	48.69	30.051 948 1
Nov.	16	343	24	52.61	- 0 46	18.85	20.085 880 3	Nov.	16	318	53	55.33	- 0 13	9.85	30.051 272 4
	18	343	45	23.89	- 0 46	18.96	20.086 824 2	Déc.	18	319	5	24.95	- 0 13	31.00	30.050 596 4

## MERCURE 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua
Janv.	0 17 34 35.269	-23 21 14.37	1.320 841 66	Févr.	15 22 48 54.107	- 8 14 36.97	1.173 034 04
	1 17 41 2.630	-23 31 56.07	1.331 273 38		16 22 54 53.942	- 7 26 8.43	1.150 282 47
	2 17 47 33.016	-23 41 30.54	1.341 122 94		17 23 0 42.197	- 6 37 42.96	1.126 486 23
	3 17 54 6.234	-23 49 55.91	1.350 399 63		18 23 6 17.176	- 5 49 36.88	1.101 708 11
	4 18 0 42.105	-23 57 10.47	1.359 112 12		19 23 11 37.040	- 5 2 8.17	1.076 032 05
	5 18 7 20.468	-24 3 12.60	1.367 268 42		20 23 16 39.822	- 4 15 36.32	1.049 564 20
	6 18 14 1.168	-24 8 0.84	1.374 875 79		21 23 21 23.460	- 3 30 22.18	1.022 433 07
	7 18 20 44.063	-24 11 33.78	1.381 940 65		22 23 25 45.832	- 2 46 47.69	0.994 788 76
	8 18 27 29.017	-24 13 50.12	1.388 468 56		23 23 29 44.798	- 2 5 15.57	0.966 801 10
	9 18 34 15.900	-24 14 48.65	1.394 464 16		24 23 33 18.259	- 1 26 8.92	0.938 656 83
	10 18 41 4.586	-24 14 28.21	1.399 931 13		25 23 36 24.215	- 0 49 50.86	0.910 555 88
	11 18 47 54.954	-24 12 47.69	1.404 872 16		26 23 39 0.832	- 0 16 44.01	0.882 707 12
	12 18 54 46.886	-24 9 46.05	1.409 288 91		27 23 41 6.513	0 12 49.93	0.855 323 67
	13 19 1 40.268	-24 5 22.31	1.413 182 01		28 23 42 39.973	0 38 30.72	0.828 618 30
14 19 8 34.988	-23 59 35.49	1.416 550 96	Mars 1 23 43 40.306	1 0 0.72	0.802 798 90		
15 19 15 30.939	-23 52 24.70	1.419 394 16	2 23 44 7.068	1 17 2.22	0.778 064 39		
16 19 22 28.013	-23 43 49.08	1.421 708 84	3 23 44 0.332	1 29 24.52	0.754 601 07		
17 19 29 26.110	-23 33 47.79	1.423 491 03	4 23 43 20.757	1 36 58.08	0.732 579 40		
18 19 36 25.127	-23 22 20.07	1.424 735 48	5 23 42 9.631	1 39 38.39	0.712 151 28		
19 19 43 24.966	-23 9 25.17	1.425 435 68	6 23 40 28.899	1 37 25.96	0.693 447 74		
20 19 50 25.530	-22 55 2.41	1.425 583 74	7 23 38 21.167	1 30 26.83	0.676 577 01		
21 19 57 26.722	-22 39 11.15	1.425 170 36	8 23 35 49.671	1 18 52.97	0.661 622 97		
22 20 4 28.448	-22 21 50.80	1.424 184 77	9 23 32 58.212	1 3 2.39	0.648 644 14		
23 20 11 30.610	-22 3 0.83	1.422 614 66	10 23 29 51.055	0 43 18.89	0.637 673 11		
24 20 18 33.112	-21 42 40.79	1.420 446 07	11 23 26 32.795	0 20 11.55	0.628 716 59		
25 20 25 35.853	-21 20 50.28	1.417 663 42	12 23 23 8.201	- 0 5 46.27	0.621 756 26		
26 20 32 38.731	-20 57 29.00	1.414 249 34	13 23 19 42.042	- 0 33 58.15	0.616 750 29		
27 20 39 41.635	-20 32 36.72	1.410 184 70	14 23 16 18.924	- 1 3 46.04	0.613 635 64		
28 20 46 44.449	-20 6 13.34	1.405 448 53	15 23 13 3.138	- 1 34 31.76	0.612 330 95		
29 20 53 47.046	-19 38 18.89	1.400 018 01	16 23 9 58.533	- 2 5 38.47	0.612 739 97		
30 21 0 49.289	-19 8 53.51	1.393 868 50	17 23 7 8.433	- 2 36 31.81	0.614 755 14		
31 21 7 51.030	-18 37 57.54	1.386 973 55	18 23 4 35.582	- 3 6 40.92	0.618 261 32		
Févr.	1 21 14 52.102	-18 5 31.48	1.379 304 91	19 23 2 22.135	- 3 35 38.94	0.623 139 23	
	2 21 21 52.323	-17 31 36.10	1.370 832 68	20 23 0 29.671	- 4 3 3.36	0.629 268 66	
	3 21 28 51.484	-16 56 12.42	1.361 525 37	21 22 58 59.238	- 4 28 35.98	0.636 531 09	
	4 21 35 49.344	-16 19 21.84	1.351 350 10	22 22 57 51.408	- 4 52 2.70	0.644 811 88	
	5 21 42 45.625	-15 41 6.11	1.340 272 92	23 22 57 6.346	- 5 13 13.12	0.654 001 93	
	6 21 49 40.001	-15 1 27.50	1.328 259 20	24 22 56 43.879	- 5 32 0.13	0.663 998 83	
	7 21 56 32.091	-14 20 28.78	1.315 274 22	25 22 56 43.566	- 5 48 19.36	0.674 707 57	
	8 22 3 21.450	-13 38 13.41	1.301 283 91	26 22 57 4.758	- 6 2 8.74	0.686 040 95	
	9 22 10 7.557	-12 54 45.57	1.286 255 82	27 22 57 46.655	- 6 13 28.00	0.697 919 60	
	10 22 16 49.802	-12 10 10.32	1.270 160 32	28 22 58 48.357	- 6 22 18.28	0.710 271 91	
	11 22 23 27.477	-11 24 33.70	1.252 971 99	29 23 0 8.903	- 6 28 41.81	0.723 033 69	
	12 22 29 59.762	-10 38 2.91	1.234 671 42	30 23 1 47.302	- 6 32 41.56	0.736 147 74	
	13 22 36 25.708	- 9 50 46.37	1.215 247 08	31 23 3 42.558	- 6 34 21.08	0.749 563 39	
	14 22 42 44.234	- 9 2 53.94	1.194 697 59	Avril 1 23 5 53.694	- 6 33 44.23	0.763 235 88	

## MERCURE 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua
<b>Avril</b>	2 23 8 19.759	- 6 30 55.10	0.777 125 83	<b>Mai</b>	18 3 34 12.793	19 21 11.11	1.323 165 59
	3 23 10 59.844	- 6 25 57.85	0.791 198 64		19 3 43 4.558	20 1 34.21	1.321 810 25
	4 23 13 53.085	- 6 18 56.65	0.805 424 00		20 3 52 2.228	20 40 15.52	1.319 035 25
	5 23 16 58.674	- 6 9 55.63	0.819 775 37		21 4 1 4.741	21 17 3.24	1.314 821 68
	6 23 20 15.855	- 5 58 58.81	0.834 229 55		22 4 10 10.910	21 51 46.32	1.309 168 87
	7 23 23 43.928	- 5 46 10.07	0.848 766 23		23 4 19 19.454	22 24 14.77	1.302 095 13
	8 23 27 22.250	- 5 31 33.18	0.863 367 63		24 4 28 29.019	22 54 19.90	1.293 637 48
	9 23 31 10.232	- 5 15 11.74	0.878 018 18		25 4 37 38.213	23 21 54.52	1.283 850 44
	10 23 35 7.340	- 4 57 9.20	0.892 704 15		26 4 46 45.636	23 46 53.09	1.272 804 08
	11 23 39 13.090	- 4 37 28.86	0.907 413 37		27 4 55 49.915	24 9 11.79	1.260 581 39
	12 23 43 27.050	- 4 16 13.88	0.922 134 98		28 5 4 49.725	24 28 48.52	1.247 275 22
	13 23 47 48.834	- 3 53 27.27	0.936 859 13		29 5 13 43.818	24 45 42.78	1.232 985 16
	14 23 52 18.103	- 3 29 11.92	0.951 576 75		30 5 22 31.034	24 59 55.59	1.217 814 45
	15 23 56 54.561	- 3 3 30.60	0.966 279 34		31 5 31 10.320	25 11 29.33	1.201 867 16
	16 0 1 37.952	- 2 36 25.97	0.980 958 71		<b>Juin</b> 1 5 39 40.724	25 20 27.53	1.185 245 79
	17 0 6 28.062	- 2 8 0.60	0.995 606 81		2 5 48 1.407	25 26 54.71	1.168 049 33
18 0 11 24.711	- 1 38 16.97	1.010 215 49	3 5 56 11.629	25 30 56.17	1.150 371 84		
19 0 16 27.757	- 1 7 17.50	1.024 776 35	4 6 4 10.749	25 32 37.85	1.132 301 42		
20 0 21 37.090	- 0 35 4.58	1.039 280 47	5 6 11 58.212	25 32 6.14	1.113 919 62		
21 0 26 52.634	- 0 1 40.52	1.053 718 25	6 6 19 33.542	25 29 27.77	1.095 301 19		
22 0 32 14.346	0 32 52.37	1.068 079 21	7 6 26 56.330	25 24 49.70	1.076 514 11		
23 0 37 42.212	1 8 31.80	1.082 351 76	8 6 34 6.226	25 18 19.01	1.057 619 75		
24 0 43 16.251	1 45 15.48	1.096 523 00	9 6 41 2.928	25 10 2.82	1.038 673 29		
25 0 48 56.509	2 23 1.10	1.110 578 46	10 6 47 46.169	25 0 8.28	1.019 724 12		
26 0 54 43.065	3 1 46.32	1.124 501 89	11 6 54 15.717	24 48 42.47	1.000 816 35		
27 1 0 36.020	3 41 28.74	1.138 274 99	12 7 0 31.357	24 35 52.42	0.981 989 37		
28 1 6 35.503	4 22 5.87	1.151 877 10	13 7 6 32.892	24 21 45.06	0.963 278 33		
29 1 12 41.667	5 3 35.09	1.165 284 88	14 7 12 20.135	24 6 27.19	0.944 714 69		
30 1 18 54.687	5 45 53.65	1.178 472 00	15 7 17 52.898	23 50 5.51	0.926 326 72		
<b>Mai</b> 1 1 25 14.757	6 28 58.63	1.191 408 74	16 7 23 10.999	23 32 46.63	0.908 140 00		
2 1 31 42.093	7 12 46.86	1.204 061 66	17 7 28 14.246	23 14 37.03	0.890 177 84		
3 1 38 16.926	7 57 14.92	1.216 393 18	18 7 33 2.443	22 55 43.11	0.872 461 79		
4 1 44 59.499	8 42 19.08	1.228 361 33	19 7 37 35.378	22 36 11.20	0.855 012 02		
5 1 51 50.064	9 27 55.25	1.239 919 36	20 7 41 52.829	22 16 7.58	0.837 847 78		
6 1 58 48.878	10 13 58.89	1.251 015 55	21 7 45 54.553	21 55 38.49	0.820 987 70		
7 2 5 56.190	11 0 25.01	1.261 592 98	22 7 49 40.293	21 34 50.14	0.804 450 25		
8 2 13 12.240	11 47 8.04	1.271 589 57	23 7 53 9.770	21 13 48.77	0.788 254 04		
9 2 20 37.245	12 34 1.81	1.280 938 05	24 7 56 22.689	20 52 40.57	0.772 418 13		
10 2 28 11.387	13 20 59.47	1.289 566 37	25 7 59 18.741	20 31 31.80	0.756 962 37		
11 2 35 54.802	14 7 53.43	1.297 398 18	26 8 1 57.605	20 10 28.71	0.741 907 70		
12 2 43 47.566	14 54 35.37	1.304 353 69	27 8 4 18.955	19 49 37.59	0.727 276 37		
13 2 51 49.675	15 40 56.14	1.310 350 88	28 8 6 22.466	19 29 4.76	0.713 092 20		
14 3 0 1.032	16 26 45.82	1.315 307 06	29 8 8 7.825	19 8 56.58	0.699 380 84		
15 3 8 21.429	17 11 53.74	1.319 140 88	30 8 9 34.735	18 49 19.40	0.686 169 92		
16 3 16 50.529	17 56 8.58	1.321 774 64	<b>Juill.</b> 1 8 10 42.934	18 30 19.62	0.673 489 27		
17 3 25 27.859	18 39 18.45	1.323 136 96	2 8 11 32.207	18 12 3.61	0.661 370 99		

## MERCURE 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance			
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua			
<b>Juill.</b>	3 8 12	2.400	17 54 37.70	0.649 849 61	<b>Août</b>	18 8 54	26.213	18 22 27.70	1.166 652 37	
	4 8 12	13.445	17 38 8.11	0.638 962 12		19 9 2	2.366	18 0 29.69	1.188 872 91	
	5 8 12	5.375	17 22 40.95	0.628 747 96		20 9 9	45.581	17 35 53.18	1.210 007 83	
	6 8 11	38.353	17 8 22.11	0.619 248 92		21 9 17	33.904	17 8 43.80	1.229 970 88	
	7 8 10	52.693	16 55 17.20	0.610 509 03		22 9 25	25.485	16 39 8.71	1.248 695 23	
	8 8 9	48.887	16 43 31.45	0.602 574 23		23 9 33	18.609	16 7 16.36	1.266 133 80	
	9 8 8	27.631	16 33 9.62	0.595 492 06		24 9 41	11.724	15 33 16.20	1.282 258 70	
	10 8 6	49.845	16 24 15.90	0.589 311 14		25 9 49	3.459	14 57 18.34	1.297 059 91	
	11 8 4	56.693	16 16 53.78	0.584 080 62		26 9 56	52.630	14 19 33.29	1.310 543 32	
	12 8 2	49.596	16 11 5.96	0.579 849 43		27 10 4	38.239	13 40 11.65	1.322 728 45	
	13 8 0	30.237	16 6 54.24	0.576 665 53		28 10 12	19.470	12 59 23.94	1.333 646 00	
	14 7 58	0.559	16 4 19.47	0.574 575 11		29 10 19	55.676	12 17 20.36	1.343 335 37	
	15 7 55	22.750	16 3 21.43	0.573 621 69		30 10 27	26.363	11 34 10.69	1.351 842 32	
	16 7 52	39.215	16 3 58.91	0.573 845 33		31 10 34	51.173	10 50 4.17	1.359 216 94	
	17 7 49	52.541	16 6 9.59	0.575 281 85		<b>Sept.</b>	1 10 42	9.869	10 5 9.46	1.365 511 80
	18 7 47	5.452	16 9 50.17	0.577 962 13			2 10 49	22.312	9 19 34.59	1.370 780 48
	19 7 44	20.754	16 14 56.36	0.581 911 55			3 10 56	28.450	8 33 26.96	1.375 076 30
20 7 41	41.280	16 21 22.94	0.587 149 56	4 11 3	28.301		7 46 53.36	1.378 451 44		
21 7 39	9.833	16 29 3.91	0.593 689 33	5 11 10	21.938		6 59 59.97	1.380 956 18		
22 7 36	49.130	16 37 52.50	0.601 537 67	6 11 17	9.481		6 12 52.41	1.382 638 39		
23 7 34	41.750	16 47 41.35	0.610 694 95	7 11 23	51.086	5 25 35.79	1.383 543 17			
24 7 32	50.098	16 58 22.53	0.621 155 27	8 11 30	26.936	4 38 14.71	1.383 712 61			
25 7 31	16.364	17 9 47.70	0.632 906 61	9 11 36	57.235	3 50 53.32	1.383 185 69			
26 7 30	2.507	17 21 48.14	0.645 931 10	10 11 43	22.201	3 3 35.40	1.381 998 24			
27 7 29	10.239	17 34 14.85	0.660 205 27	11 11 49	42.056	2 16 24.37	1.380 182 99			
28 7 28	41.018	17 46 58.54	0.675 700 25	12 11 55	57.029	1 29 23.33	1.377 769 69			
29 7 28	36.057	17 59 49.75	0.692 381 94	13 12 2	7.342	0 42 35.15	1.374 785 23			
30 7 28	56.331	18 12 38.78	0.710 211 06	14 12 8	13.216	- 0 3 57.56	1.371 253 84			
31 7 29	42.590	18 25 15.75	0.729 143 09	15 12 14	14.865	- 0 50 12.40	1.367 197 25			
<b>Août</b>	1 7 30	55.375	18 37 30.60	0.749 128 08	16 12 20	12.497	- 1 36 7.15	1.362 634 81		
	2 7 32	35.033	18 49 13.07	0.770 110 30	17 12 26	6.310	- 2 21 39.74	1.357 583 72		
	3 7 34	41.736	19 0 12.72	0.792 027 80	18 12 31	56.494	- 3 6 48.25	1.352 059 14		
	4 7 37	15.486	19 10 18.92	0.814 811 83	19 12 37	43.229	- 3 51 30.87	1.346 074 36		
	5 7 40	16.134	19 19 20.89	0.838 386 23	20 12 43	26.682	- 4 35 45.92	1.339 640 92		
	6 7 43	43.376	19 27 7.73	0.862 666 70	21 12 49	7.011	- 5 19 31.76	1.332 768 76		
	7 7 47	36.764	19 33 28.48	0.887 560 20	22 12 54	44.358	- 6 2 46.86	1.325 466 35		
	8 7 51	55.698	19 38 12.22	0.912 964 42	23 13 0	18.853	- 6 45 29.71	1.317 740 81		
	9 7 56	39.430	19 41 8.16	0.938 767 47	24 13 5	50.612	- 7 27 38.86	1.309 598 01		
	10 8 1	47.051	19 42 5.84	0.964 847 89	25 13 11	19.733	- 8 9 12.87	1.301 042 69		
	11 8 7	17.495	19 40 55.29	0.991 075 13	26 13 16	46.300	- 8 50 10.34	1.292 078 58		
	12 8 13	9.526	19 37 27.24	1.017 310 55	27 13 22	10.378	- 9 30 29.84	1.282 708 47		
	13 8 19	21.745	19 31 33.45	1.043 409 08	28 13 27	32.013	- 10 10 9.97	1.272 934 33		
	14 8 25	52.590	19 23 6.86	1.069 221 46	29 13 32	51.230	- 10 49 9.28	1.262 757 40		
	15 8 32	40.350	19 12 1.91	1.094 597 17	30 13 38	8.034	- 11 27 26.30	1.252 178 29		
	16 8 39	43.182	18 58 14.75	1.119 387 77	<b>Oct.</b>	1 13 43	22.406	- 12 4 59.53	1.241 197 04	
	17 8 46	59.140	18 41 43.36	1.143 450 57		2 13 48	34.302	- 12 41 47.42	1.229 813 26	

## MERCURE 2006 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	13	53	43.650	-13	17	48.34	1.218	026	22	Nov.	18	14	29	33.267	-12	25	51.37	0.812	513	18	
	4	13	58	50.352	-13	53	0.62	1.205	834	93		19	14	30	1.652	-12	21	37.40	0.836	960	90	
	5	14	3	54.279	-14	27	22.51	1.193	238	22		20	14	31	8.183	-12	22	18.42	0.862	125	09	
	6	14	8	55.269	-15	0	52.17	1.180	234	88		21	14	32	49.950	-12	27	28.87	0.887	730	78	
	7	14	13	53.121	-15	33	27.66	1.166	823	70		22	14	35	3.849	-12	36	40.73	0.913	533	98	
	8	14	18	47.595	-16	5	6.96	1.153	003	65		23	14	37	46.754	-12	49	25.18	0.939	323	07	
	9	14	23	38.401	-16	35	47.89	1.138	773	96		24	14	40	55.637	-13	5	13.89	0.964	918	31	
	10	14	28	25.196	-17	5	28.10	1.124	134	36		25	14	44	27.649	-13	23	39.80	0.990	170	13	
	11	14	33	7.575	-17	34	5.07	1.109	085	31		26	14	48	20.165	-13	44	17.68	1.014	956	57	
	12	14	37	45.066	-18	1	36.06	1.093	628	27		27	14	52	30.809	-14	6	44.37	1.039	180	31	
	13	14	42	17.125	-18	27	58.08	1.077	766	04		28	14	56	57.459	-14	30	38.93	1.062	765	52	
	14	14	46	43.126	-18	53	7.90	1.061	503	13		29	15	1	38.238	-14	55	42.57	1.085	654	81	
	15	14	51	2.351	-19	17	1.95	1.044	846	23		30	15	6	31.499	-15	21	38.57	1.107	806	32	
	16	14	55	13.985	-19	39	36.35	1.027	804	68		Déc.	1	15	11	35.810	-15	48	12.13	1.129	191	08
	17	14	59	17.101	-20	0	46.84	1.010	391	05			2	15	16	49.926	-16	15	10.21	1.149	790	68
	18	15	3	10.649	-20	20	28.68	0.992	621	87		3	15	22	12.774	-16	42	21.31	1.169	595	19	
	19	15	6	53.448	-20	38	36.67	0.974	518	38		4	15	27	43.427	-17	9	35.35	1.188	601	46	
20	15	10	24.171	-20	55	5.01	0.956	107	50	5	15	33	21.089	-17	36	43.44	1.206	811	60			
21	15	13	41.335	-21	9	47.27	0.937	422	93	6	15	39	5.073	-18	3	37.75	1.224	231	80			
22	15	16	43.294	-21	22	36.25	0.918	506	38	7	15	44	54.791	-18	30	11.38	1.240	871	29			
23	15	19	28.230	-21	33	23.93	0.899	409	05	8	15	50	49.737	-18	56	18.23	1.256	741	54			
24	15	21	54.154	-21	42	1.38	0.880	193	29	9	15	56	49.478	-19	21	52.89	1.271	855	61			
25	15	23	58.913	-21	48	18.63	0.860	934	44	10	16	2	53.640	-19	46	50.54	1.286	227	59			
26	15	25	40.209	-21	52	4.64	0.841	722	89	11	16	9	1.904	-20	11	6.90	1.299	872	17			
27	15	26	55.634	-21	53	7.28	0.822	666	20	12	16	15	13.993	-20	34	38.13	1.312	804	32			
28	15	27	42.725	-21	51	13.39	0.803	891	42	13	16	21	29.668	-20	57	20.77	1.325	038	96			
29	15	27	59.053	-21	46	8.95	0.785	547	11	14	16	27	48.720	-21	19	11.70	1.336	590	78			
30	15	27	42.338	-21	37	39.49	0.767	805	31	15	16	34	10.968	-21	40	8.08	1.347	474	05			
31	15	26	50.613	-21	25	30.69	0.750	862	63	16	16	40	36.248	-22	0	7.32	1.357	702	46			
Nov.	1	15	25	22.425	-21	9	29.40	0.734	940	52	17	16	47	4.418	-22	19	7.02	1.367	289	05		
	2	15	23	17.080	-20	49	25.05	0.720	283	85	18	16	53	35.346	-22	37	5.00	1.376	246	10		
	3	15	20	34.906	-20	25	11.56	0.707	157	37	19	17	0	8.913	-22	53	59.21	1.384	585	10		
	4	15	17	17.531	-19	56	49.57	0.695	839	47	20	17	6	45.007	-23	9	47.72	1.392	316	71		
	5	15	13	28.103	-19	24	29.02	0.686	612	72	21	17	13	23.524	-23	24	28.75	1.399	450	70		
	6	15	9	11.434	-18	48	31.45	0.679	751	28	22	17	20	4.363	-23	38	0.61	1.405	995	99		
	7	15	4	33.994	-18	9	31.72	0.675	505	56	23	17	26	47.427	-23	50	21.67	1.411	960	57		
	8	14	59	43.721	-17	28	18.42	0.674	085	40	24	17	33	32.623	-24	1	30.40	1.417	351	55		
	9	14	54	49.632	-16	45	52.53	0.675	643	60	25	17	40	19.860	-24	11	25.33	1.422	175	08		
	10	14	50	1.271	-16	3	24.14	0.680	262	10	26	17	47	9.049	-24	20	5.05	1.426	436	37		
	11	14	45	28.058	-15	22	7.49	0.687	943	02	27	17	54	0.103	-24	27	28.21	1.430	139	67		
	12	14	41	18.646	-14	43	15.16	0.698	606	16	28	18	0	52.934	-24	33	33.51	1.433	288	20		
	13	14	37	40.382	-14	7	52.38	0.712	093	31	29	18	7	47.456	-24	38	19.72	1.435	884	15		
	14	14	34	38.947	-13	36	52.50	0.728	178	78	30	18	14	43.579	-24	41	45.63	1.437	928	63		
	15	14	32	18.202	-13	10	54.28	0.746	584	40	31	18	21	41.211	-24	43	50.09	1.439	421	63		
	16	14	30	40.229	-12	50	20.98	0.766	996	66	32	18	28	40.257	-24	44	31.97	1.440	362	00		
	17	14	29	45.523	-12	35	21.31	0.789	084	15	33	18	35	40.619	-24	43	50.19	1.440	747	41		



## VÉNUS 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua
Janv.	0 20 9 13.417	-18 0 35.00	0.291 391 09	Févr.	15 19 16 44.229	-16 1 25.52	0.394 818 78
	1 20 7 47.863	-17 49 16.11	0.287 926 53		16 19 18 31.918	-16 4 2.29	0.401 397 10
	2 20 6 12.683	-17 38 15.91	0.284 692 28		17 19 20 26.759	-16 6 30.22	0.408 057 98
	3 20 4 28.240	-17 27 35.41	0.281 696 79		18 19 22 28.492	-16 8 47.92	0.414 796 71
	4 20 2 34.976	-17 17 15.56	0.278 948 40		19 19 24 36.859	-16 10 54.03	0.421 608 83
	5 20 0 33.418	-17 7 17.31	0.276 455 22		20 19 26 51.605	-16 12 47.28	0.428 490 05
	6 19 58 24.179	-16 57 41.56	0.274 225 03		21 19 29 12.476	-16 14 26.44	0.435 436 29
	7 19 56 7.960	-16 48 29.19	0.272 265 12		22 19 31 39.226	-16 15 50.36	0.442 443 67
	8 19 53 45.540	-16 39 41.05	0.270 582 18		23 19 34 11.608	-16 16 57.94	0.449 508 50
	9 19 51 17.777	-16 31 17.91	0.269 182 18		24 19 36 49.383	-16 17 48.15	0.456 627 32
	10 19 48 45.596	-16 23 20.54	0.268 070 25		25 19 39 32.312	-16 18 20.04	0.463 796 86
	11 19 46 9.979	-16 15 49.64	0.267 250 62		26 19 42 20.165	-16 18 32.70	0.471 014 11
	12 19 43 31.957	-16 8 45.82	0.266 726 50		27 19 45 12.716	-16 18 25.27	0.478 276 30
	13 19 40 52.592	-16 2 9.67	0.266 500 09		28 19 48 9.749	-16 17 56.98	0.485 580 91
14 19 38 12.966	-15 56 1.67	0.266 572 45	Mars	1 19 51 11.057	-16 17 7.06	0.492 925 68	
15 19 35 34.166	-15 50 22.23	0.266 943 58		2 19 54 16.447	-16 15 54.82	0.500 308 57	
16 19 32 57.266	-15 45 11.64	0.267 612 36		3 19 57 25.731	-16 14 19.63	0.507 727 69	
17 19 30 23.317	-15 40 30.13	0.268 576 61		4 20 0 38.734	-16 12 20.88	0.515 181 27	
18 19 27 53.329	-15 36 17.78	0.269 833 10		5 20 3 55.287	-16 9 58.01	0.522 667 62	
19 19 25 28.262	-15 32 34.56	0.271 377 65		6 20 7 15.225	-16 7 10.48	0.530 185 10	
20 19 23 9.011	-15 29 20.33	0.273 205 18		7 20 10 38.392	-16 3 57.81	0.537 732 07	
21 19 20 56.403	-15 26 34.79	0.275 309 78		8 20 14 4.635	-16 0 19.53	0.545 306 96	
22 19 18 51.184	-15 24 17.52	0.277 684 83		9 20 17 33.810	-15 56 15.21	0.552 908 18	
23 19 16 54.019	-15 22 27.97	0.280 323 08		10 20 21 5.773	-15 51 44.44	0.560 534 20	
24 19 15 5.486	-15 21 5.44	0.283 216 75		11 20 24 40.389	-15 46 46.88	0.568 183 48	
25 19 13 26.077	-15 20 9.09	0.286 357 63		12 20 28 17.527	-15 41 22.19	0.575 854 54	
26 19 11 56.196	-15 19 37.98	0.289 737 22		13 20 31 57.058	-15 35 30.09	0.583 545 90	
27 19 10 36.163	-15 19 31.05	0.293 346 79		14 20 35 38.861	-15 29 10.33	0.591 256 11	
28 19 9 26.219	-15 19 47.13	0.297 177 52	15 20 39 22.817	-15 22 22.69	0.598 983 75		
29 19 8 26.529	-15 20 24.95	0.301 220 62	16 20 43 8.811	-15 15 7.01	0.606 727 39		
30 19 7 37.193	-15 21 23.14	0.305 467 39	17 20 46 56.735	-15 7 23.15	0.614 485 66		
31 19 6 58.252	-15 22 40.29	0.309 909 35	18 20 50 46.479	-14 59 11.02	0.622 257 17		
Févr.	1 19 6 29.702	-15 24 14.88	0.314 538 20	19 20 54 37.942	-14 50 30.56	0.630 040 58	
	2 19 6 11.495	-15 26 5.37	0.319 345 88	20 20 58 31.020	-14 41 21.77	0.637 834 55	
	3 19 6 3.547	-15 28 10.13	0.324 324 56	21 21 2 25.618	-14 31 44.68	0.645 637 77	
	4 19 6 5.743	-15 30 27.54	0.329 466 58	22 21 6 21.637	-14 21 39.36	0.653 448 98	
	5 19 6 17.939	-15 32 55.91	0.334 764 49	23 21 10 18.985	-14 11 5.91	0.661 266 93	
	6 19 6 39.966	-15 35 33.54	0.340 211 04	24 21 14 17.570	-14 0 4.50	0.669 090 45	
	7 19 7 11.631	-15 38 18.70	0.345 799 12	25 21 18 17.302	-13 48 35.29	0.676 918 42	
	8 19 7 52.725	-15 41 9.67	0.351 521 87	26 21 22 18.096	-13 36 38.51	0.684 749 78	
	9 19 8 43.022	-15 44 4.70	0.357 372 61	27 21 26 19.870	-13 24 14.41	0.692 583 62	
	10 19 9 42.285	-15 47 2.08	0.363 344 88	28 21 30 22.545	-13 11 23.25	0.700 419 14	
	11 19 10 50.267	-15 50 0.10	0.369 432 45	29 21 34 26.051	-12 58 5.32	0.708 255 65	
	12 19 12 6.712	-15 52 57.09	0.375 629 30	30 21 38 30.321	-12 44 20.93	0.716 092 61	
	13 19 13 31.363	-15 55 51.38	0.381 929 65	31 21 42 35.293	-12 30 10.42	0.723 929 60	
	14 19 15 3.956	-15 58 41.38	0.388 327 92	Avril	1 21 46 40.912	-12 15 34.14	0.731 766 22

## VÉNUS 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance			
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua			
<b>Avril</b>	2	21 50 47.124	-12 0 32.45	0.739 602 14	<b>Mai</b>	18	1 4 11.363	4 48 13.02	1.089 997 13	
	3	21 54 53.879	-11 45 5.72	0.747 436 99		19	1 8 30.082	5 13 23.46	1.097 211 15	
	4	21 59 1.131	-11 29 14.34	0.755 270 41		20	1 12 49.347	5 38 32.10	1.104 400 03	
	5	22 3 8.839	-11 12 58.70	0.763 101 99		21	1 17 9.183	6 3 38.24	1.111 563 06	
	6	22 7 16.964	-10 56 19.18	0.770 931 27		22	1 21 29.613	6 28 41.20	1.118 699 53	
	7	22 11 25.469	-10 39 16.20	0.778 757 79		23	1 25 50.660	6 53 40.27	1.125 808 84	
	8	22 15 34.323	-10 21 50.17	0.786 581 03		24	1 30 12.350	7 18 34.78	1.132 890 43	
	9	22 19 43.497	-10 4 1.51	0.794 400 46		25	1 34 34.704	7 43 24.03	1.139 943 82	
	10	22 23 52.963	-9 45 50.67	0.802 215 53		26	1 38 57.746	8 8 7.33	1.146 968 66	
	11	22 28 2.700	-9 27 18.08	0.810 025 65		27	1 43 21.497	8 32 43.98	1.153 964 63	
	12	22 32 12.685	-9 8 24.22	0.817 830 22		28	1 47 45.979	8 57 13.28	1.160 931 50	
	13	22 36 22.900	-8 49 9.54	0.825 628 59		29	1 52 11.211	9 21 34.55	1.167 869 09	
	14	22 40 33.330	-8 29 34.54	0.833 420 11		30	1 56 37.215	9 45 47.07	1.174 777 25	
	15	22 44 43.959	-8 9 39.71	0.841 204 06		31	2 1 4.013	10 9 50.17	1.181 655 83	
	16	22 48 54.775	-7 49 25.56	0.848 979 73		<b>Juin</b>	1	2 5 31.628	10 33 43.16	1.188 504 67
	17	22 53 5.766	-7 28 52.63	0.856 746 35		2	2 10 0.083	10 57 25.34	1.195 323 61	
18	22 57 16.921	-7 8 1.46	0.864 503 14	3	2 14 29.400	11 20 56.05	1.202 112 45			
19	23 1 28.229	-6 46 52.62	0.872 249 31	4	2 18 59.605	11 44 14.61	1.208 871 01			
20	23 5 39.682	-6 25 26.68	0.879 984 05	5	2 23 30.720	12 7 20.33	1.215 599 05			
21	23 9 51.270	-6 3 44.25	0.887 706 58	6	2 28 2.769	12 30 12.55	1.222 296 33			
22	23 14 2.986	-5 41 45.92	0.895 416 11	7	2 32 35.775	12 52 50.60	1.228 962 58			
23	23 18 14.824	-5 19 32.32	0.903 111 93	8	2 37 9.761	13 15 13.79	1.235 597 52			
24	23 22 26.780	-4 57 4.08	0.910 793 36	9	2 41 44.747	13 37 21.47	1.242 200 82			
25	23 26 38.852	-4 34 21.81	0.918 459 82	10	2 46 20.755	13 59 12.96	1.248 772 12			
26	23 30 51.042	-4 11 26.15	0.926 110 81	11	2 50 57.804	14 20 47.58	1.255 311 03			
27	23 35 3.352	-3 48 17.73	0.933 745 96	12	2 55 35.911	14 42 4.67	1.261 817 07			
28	23 39 15.787	-3 24 57.19	0.941 364 97	13	3 0 15.092	15 3 3.53	1.268 289 71			
29	23 43 28.353	-3 1 25.18	0.948 967 62	14	3 4 55.360	15 23 43.46	1.274 728 35			
30	23 47 41.056	-2 37 42.32	0.956 553 76	15	3 9 36.728	15 44 3.77	1.281 132 34			
<b>Mai</b>	1	23 51 53.906	-2 13 49.25	0.964 123 25	16	3 14 19.204	16 4 3.76	1.287 500 97		
2	23 56 6.912	-1 49 46.61	0.971 675 93	17	3 19 2.800	16 23 42.69	1.293 833 52			
3	0 0 20.088	-1 25 35.03	0.979 211 64	18	3 23 47.522	16 42 59.88	1.300 129 28			
4	0 4 33.447	-1 1 15.11	0.986 730 18	19	3 28 33.378	17 1 54.62	1.306 387 53			
5	0 8 47.007	-0 36 47.49	0.994 231 32	20	3 33 20.373	17 20 26.21	1.312 607 62			
6	0 13 0.786	-0 12 12.77	1.001 714 79	21	3 38 8.508	17 38 33.98	1.318 788 96			
7	0 17 14.802	0 12 28.43	1.009 180 29	22	3 42 57.782	17 56 17.23	1.324 931 01			
8	0 21 29.078	0 37 15.50	1.016 627 50	23	3 47 48.192	18 13 35.29	1.331 033 33			
9	0 25 43.636	1 2 7.83	1.024 056 07	24	3 52 39.731	18 30 27.51	1.337 095 53			
10	0 29 58.499	1 27 4.80	1.031 465 61	25	3 57 32.390	18 46 53.20	1.343 117 30			
11	0 34 13.691	1 52 5.80	1.038 855 69	26	4 2 26.158	19 2 51.73	1.349 098 41			
12	0 38 29.238	2 17 10.21	1.046 225 87	27	4 7 21.023	19 18 22.44	1.355 038 64			
13	0 42 45.165	2 42 17.41	1.053 575 63	28	4 12 16.971	19 33 24.68	1.360 937 83			
14	0 47 1.496	3 7 26.77	1.060 904 42	29	4 17 13.990	19 47 57.85	1.366 795 85			
15	0 51 18.258	3 32 37.67	1.068 211 64	30	4 22 12.063	20 2 1.32	1.372 612 57			
16	0 55 35.474	3 57 49.45	1.075 496 64	<b>Juill.</b>	1	4 27 11.174	20 15 34.50	1.378 387 85		
17	0 59 53.168	4 23 1.45	1.082 758 71	2	4 32 11.307	20 28 36.80	1.384 121 58			

## VÉNUS 2006 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	°		'	''							
<b>Juill.</b>	3	4	37	12.442	20	41	7.66	1.389	813	64	<b>Août</b>	18	8	35	21.144	19	16	22.53	1.601	594	99	
	4	4	42	14.560	20	53	6.54	1.395	463	88		19	8	40	24.660	18	59	59.91	1.605	023	82	
	5	4	47	17.637	21	4	32.89	1.401	072	18		20	8	45	27.302	18	43	4.62	1.608	399	02	
	6	4	52	21.651	21	15	26.20	1.406	638	39		21	8	50	29.049	18	25	37.22	1.611	720	42	
	7	4	57	26.576	21	25	45.98	1.412	162	37		22	8	55	29.885	18	7	38.26	1.614	987	92	
	8	5	2	32.384	21	35	31.73	1.417	643	94		23	9	0	29.796	17	49	8.33	1.618	201	44	
	9	5	7	39.046	21	44	43.00	1.423	082	91		24	9	5	28.772	17	30	8.00	1.621	360	96	
	10	5	12	46.530	21	53	19.33	1.428	479	01		25	9	10	26.803	17	10	37.88	1.624	466	50	
	11	5	17	54.800	22	1	20.29	1.433	831	95		26	9	15	23.886	16	50	38.58	1.627	518	14	
	12	5	23	3.822	22	8	45.45	1.439	141	32		27	9	20	20.016	16	30	10.72	1.630	515	96	
	13	5	28	13.556	22	15	34.40	1.444	406	67		28	9	25	15.192	16	9	14.93	1.633	460	10	
	14	5	33	23.964	22	21	46.73	1.449	627	44		29	9	30	9.417	15	47	51.86	1.636	350	72	
	15	5	38	35.007	22	27	22.06	1.454	803	03		30	9	35	2.694	15	26	2.15	1.639	188	01	
	16	5	43	46.644	22	32	20.04	1.459	932	81		31	9	39	55.029	15	3	46.47	1.641	972	18	
	17	5	48	58.832	22	36	40.34	1.465	016	14		<b>Sept.</b>	1	9	44	46.428	14	41	5.48	1.644	703	47
	18	5	54	11.527	22	40	22.68	1.470	052	42		2	9	49	36.901	14	17	59.86	1.647	382	16	
	19	5	59	24.680	22	43	26.79	1.475	041	09		3	9	54	26.458	13	54	30.28	1.650	008	51	
20	6	4	38.242	22	45	52.43	1.479	981	63	4	9	59	15.111	13	30	37.44	1.652	582	83			
21	6	9	52.161	22	47	39.42	1.484	873	63	5	10	4	2.875	13	6	22.01	1.655	105	40			
22	6	15	6.382	22	48	47.56	1.489	716	69	6	10	8	49.765	12	41	44.66	1.657	576	48			
23	6	20	20.851	22	49	16.72	1.494	510	51	7	10	13	35.800	12	16	46.08	1.659	996	25			
24	6	25	35.513	22	49	6.75	1.499	254	85	8	10	18	21.004	11	51	26.92	1.662	364	84			
25	6	30	50.312	22	48	17.58	1.503	949	51	9	10	23	5.400	11	25	47.84	1.664	682	24			
26	6	36	5.194	22	46	49.11	1.508	594	36	10	10	27	49.018	10	59	49.51	1.666	948	36			
27	6	41	20.106	22	44	41.31	1.513	189	30	11	10	32	31.884	10	33	32.62	1.669	163	00			
28	6	46	34.994	22	41	54.17	1.517	734	25	12	10	37	14.025	10	6	57.84	1.671	325	93			
29	6	51	49.807	22	38	27.70	1.522	229	19	13	10	41	55.470	9	40	5.89	1.673	436	91			
30	6	57	4.495	22	34	21.95	1.526	674	09	14	10	46	36.243	9	12	57.50	1.675	495	69			
31	7	2	19.007	22	29	36.98	1.531	068	95	15	10	51	16.371	8	45	33.37	1.677	502	06			
<b>Août</b>	1	7	7	33.297	22	24	12.91	1.535	413	79	16	10	55	55.881	8	17	54.25	1.679	455	85		
2	7	12	47.315	22	18	9.86	1.539	708	63	17	11	0	34.801	7	50	0.86	1.681	356	96			
3	7	18	1.016	22	11	28.01	1.543	953	51	18	11	5	13.161	7	21	53.94	1.683	205	29			
4	7	23	14.354	22	4	7.53	1.548	148	48	19	11	9	50.991	6	53	34.20	1.685	000	82			
5	7	28	27.286	21	56	8.64	1.552	293	59	20	11	14	28.323	6	25	2.39	1.686	743	56			
6	7	33	39.768	21	47	31.58	1.556	388	89	21	11	19	5.190	5	56	19.24	1.688	433	56			
7	7	38	51.758	21	38	16.62	1.560	434	42	22	11	23	41.626	5	27	25.47	1.690	070	91			
8	7	44	3.215	21	28	24.03	1.564	430	16	23	11	28	17.666	4	58	21.83	1.691	655	73			
9	7	49	14.101	21	17	54.11	1.568	376	03	24	11	32	53.346	4	29	9.04	1.693	188	21			
10	7	54	24.378	21	6	47.16	1.572	271	89	25	11	37	28.703	3	59	47.83	1.694	668	54			
11	7	59	34.015	20	55	3.51	1.576	117	47	26	11	42	3.773	3	30	18.95	1.696	096	98			
12	8	4	42.980	20	42	43.50	1.579	912	43	27	11	46	38.595	3	0	43.13	1.697	473	81			
13	8	9	51.244	20	29	47.49	1.583	656	37	28	11	51	13.204	2	31	1.11	1.698	799	34			
14	8	14	58.783	20	16	15.89	1.587	348	81	29	11	55	47.641	2	1	13.63	1.700	073	94			
15	8	20	5.568	20	2	9.12	1.590	989	31	30	12	0	21.941	1	31	21.44	1.701	298	00			
16	8	25	11.573	19	47	27.65	1.594	577	43	<b>Oct.</b>	1	12	4	56.144	1	1	25.26	1.702	471	93		
17	8	30	16.774	19	32	11.95	1.598	112	77	2	12	9	30.287	0	31	25.86	1.703	596	19			

## VÉNUS 2006 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	12	14	4.410	0	1	23.96	1.704 671 25	Nov.	18	15	54	56.504	-20	6	50.78	1.703 933 60	
	4	12	18	38.553	-0	28	39.69	1.705 697 59		19	16	0	8.959	-20	24	26.04	1.702 898 03	
	5	12	23	12.758	-0	58	44.38	1.706 675 65		20	16	5	22.601	-20	41	26.74	1.701 821 01	
	6	12	27	47.069	-1	28	49.39	1.707 605 84		21	16	10	37.409	-20	57	52.19	1.700 702 58	
	7	12	32	21.533	-1	58	54.00	1.708 488 46		22	16	15	53.361	-21	13	41.69	1.699 542 86	
	8	12	36	56.195	-2	28	57.51	1.709 323 73		23	16	21	10.430	-21	28	54.59	1.698 341 96	
	9	12	41	31.100	-2	58	59.21	1.710 111 74		24	16	26	28.584	-21	43	30.23	1.697 100 10	
	10	12	46	6.294	-3	28	58.37	1.710 852 49		25	16	31	47.789	-21	57	27.97	1.695 817 49	
	11	12	50	41.817	-3	58	54.25	1.711 545 93		26	16	37	8.010	-22	10	47.19	1.694 494 43	
	12	12	55	17.709	-4	28	46.10	1.712 191 97		27	16	42	29.208	-22	23	27.30	1.693 131 27	
	13	12	59	54.012	-4	58	33.16	1.712 790 49		28	16	47	51.343	-22	35	27.72	1.691 728 40	
	14	13	4	30.762	-5	28	14.65	1.713 341 43		29	16	53	14.374	-22	46	47.89	1.690 286 24	
	15	13	9	8.000	-5	57	49.79	1.713 844 71		30	16	58	38.258	-22	57	27.31	1.688 805 25	
	16	13	13	45.764	-6	27	17.83	1.714 300 30		Déc.	1	17	4	2.953	-23	7	25.48	1.687 285 89
	17	13	18	24.094	-6	56	37.96	1.714 708 20			2	17	9	28.412	-23	16	41.95	1.685 728 62
	18	13	23	3.027	-7	25	49.43	1.715 068 44			3	17	14	54.591	-23	25	16.31	1.684 133 86
	19	13	27	42.602	-7	54	51.43	1.715 381 07			4	17	20	21.437	-23	33	8.15	1.682 501 95
20	13	32	22.856	-8	23	43.19	1.715 646 16	5	17		25	48.900	-23	40	17.13	1.680 833 17		
21	13	37	3.827	-8	52	23.92	1.715 863 83	6	17		31	16.923	-23	46	42.90	1.679 127 70		
22	13	41	45.551	-9	20	52.84	1.716 034 22	7	17		36	45.449	-23	52	25.14	1.677 385 63		
23	13	46	28.062	-9	49	9.14	1.716 157 50	8	17	42	14.418	-23	57	23.55	1.675 606 99			
24	13	51	11.395	-10	17	12.03	1.716 233 89	9	17	47	43.771	-24	1	37.88	1.673 791 74			
25	13	55	55.581	-10	45	0.72	1.716 263 64	10	17	53	13.445	-24	5	7.88	1.671 939 79			
26	14	0	40.653	-11	12	34.41	1.716 247 05	11	17	58	43.380	-24	7	53.36	1.670 051 05			
27	14	5	26.639	-11	39	52.29	1.716 184 44	12	18	4	13.512	-24	9	54.14	1.668 125 39			
28	14	10	13.568	-12	6	53.55	1.716 076 22	13	18	9	43.777	-24	11	10.10	1.666 162 69			
29	14	15	1.467	-12	33	37.38	1.715 922 79	14	18	15	14.112	-24	11	41.14	1.664 162 81			
30	14	19	50.361	-13	0	2.97	1.715 724 63	15	18	20	44.450	-24	11	27.22	1.662 125 62			
31	14	24	40.277	-13	26	9.51	1.715 482 23	16	18	26	14.728	-24	10	28.30	1.660 050 98			
Nov.	1	14	29	31.238	-13	51	56.19	1.715 196 11	17	18	31	44.878	-24	8	44.42	1.657 938 73		
	2	14	34	23.272	-14	17	22.22	1.714 866 80	18	18	37	14.835	-24	6	15.63	1.655 788 74		
	3	14	39	16.403	-14	42	26.80	1.714 494 81	19	18	42	44.531	-24	3	2.03	1.653 600 86		
	4	14	44	10.658	-15	7	9.16	1.714 080 62	20	18	48	13.899	-23	59	3.76	1.651 374 97		
	5	14	49	6.059	-15	31	28.51	1.713 624 61	21	18	53	42.873	-23	54	20.98	1.649 110 98		
	6	14	54	2.629	-15	55	24.09	1.713 127 09	22	18	59	11.385	-23	48	53.91	1.646 808 83		
	7	14	59	0.386	-16	18	55.13	1.712 588 23	23	19	4	39.369	-23	42	42.77	1.644 468 51		
	8	15	3	59.345	-16	42	0.84	1.712 008 15	24	19	10	6.760	-23	35	47.84	1.642 090 10		
	9	15	8	59.517	-17	4	40.43	1.711 386 85	25	19	15	33.496	-23	28	9.41	1.639 673 71		
	10	15	14	0.911	-17	26	53.10	1.710 724 32	26	19	20	59.518	-23	19	47.80	1.637 219 55		
	11	15	19	3.536	-17	48	38.05	1.710 020 50	27	19	26	24.770	-23	10	43.39	1.634 727 86		
	12	15	24	7.396	-18	9	54.49	1.709 275 33	28	19	31	49.200	-23	0	56.56	1.632 198 94		
	13	15	29	12.494	-18	30	41.63	1.708 488 75	29	19	37	12.760	-22	50	27.75	1.629 633 12		
	14	15	34	18.832	-18	50	58.69	1.707 660 73	30	19	42	35.401	-22	39	17.40	1.627 030 73		
	15	15	39	26.408	-19	10	44.89	1.706 791 22	31	19	47	57.081	-22	27	26.00	1.624 392 09		
	16	15	44	35.217	-19	29	59.47	1.705 880 20	32	19	53	17.756	-22	14	54.08	1.621 717 49		
	17	15	49	45.252	-19	48	41.68	1.704 927 66	33	19	58	37.385	-22	1	42.17	1.619 007 19		

## MARS 2006 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	2 31 39.438	16 31 52.45	0.766 677 58	Févr.	15	3 43 33.054	21 35 39.38	1.200 764 18
	1	2 32 35.330	16 37 12.59	0.775 163 02		16	3 45 35.922	21 42 9.33	1.210 740 08
	2	2 33 33.469	16 42 40.16	0.783 713 96		17	3 47 39.671	21 48 35.71	1.220 723 00
	3	2 34 33.810	16 48 14.85	0.792 328 12		18	3 49 44.285	21 54 58.34	1.230 712 30
	4	2 35 36.308	16 53 56.37	0.801 003 24		19	3 51 49.754	22 1 17.10	1.240 707 30
	5	2 36 40.916	16 59 44.40	0.809 737 12		20	3 53 56.065	22 7 31.82	1.250 707 32
	6	2 37 47.589	17 5 38.64	0.818 527 68		21	3 56 3.206	22 13 42.38	1.260 711 65
	7	2 38 56.282	17 11 38.78	0.827 372 96		22	3 58 11.165	22 19 48.63	1.270 719 52
	8	2 40 6.948	17 17 44.51	0.836 271 14		23	4 0 19.930	22 25 50.43	1.280 730 13
	9	2 41 19.542	17 23 55.54	0.845 220 49		24	4 2 29.489	22 31 47.65	1.290 742 60
	10	2 42 34.017	17 30 11.55	0.854 219 44		25	4 4 39.829	22 37 40.13	1.300 755 96
	11	2 43 50.329	17 36 32.26	0.863 266 49		26	4 6 50.936	22 43 27.73	1.310 769 17
	12	2 45 8.435	17 42 57.36	0.872 360 26		27	4 9 2.798	22 49 10.29	1.320 781 07
	13	2 46 28.292	17 49 26.56	0.881 499 42		28	4 11 15.401	22 54 47.63	1.330 790 47
14	2 47 49.860	17 55 59.59	0.890 682 73	Mars	1 4 13 28.735	23 0 19.61	1.340 796 12		
15	2 49 13.100	18 2 36.16	0.899 909 00	2	4 15 42.786	23 5 46.06	1.350 796 81		
16	2 50 37.977	18 9 15.99	0.909 177 07	3	4 17 57.541	23 11 6.84	1.360 791 37		
17	2 52 4.456	18 15 58.84	0.918 485 82	4	4 20 12.986	23 16 21.83	1.370 778 76		
18	2 53 32.506	18 22 44.45	0.927 834 14	5	4 22 29.104	23 21 30.87	1.380 758 04		
19	2 55 2.096	18 29 32.56	0.937 220 94	6	4 24 45.876	23 26 33.85	1.390 728 37		
20	2 56 33.198	18 36 22.96	0.946 645 13	7	4 27 3.286	23 31 30.62	1.400 689 00		
21	2 58 5.784	18 43 15.40	0.956 105 62	8	4 29 21.315	23 36 21.05	1.410 639 29		
22	2 59 39.830	18 50 9.67	0.965 601 33	9	4 31 39.947	23 41 5.01	1.420 578 62		
23	3 1 15.310	18 57 5.55	0.975 131 14	10	4 33 59.165	23 45 42.37	1.430 506 44		
24	3 2 52.201	19 4 2.84	0.984 693 94	11	4 36 18.955	23 50 13.00	1.440 422 26		
25	3 4 30.479	19 11 1.33	0.994 288 55	12	4 38 39.301	23 54 36.77	1.450 325 58		
26	3 6 10.122	19 18 0.81	1.003 913 77	13	4 41 0.191	23 58 53.58	1.460 215 95		
27	3 7 51.108	19 25 1.08	1.013 568 33	14	4 43 21.613	24 3 3.31	1.470 092 96		
28	3 9 33.411	19 32 1.93	1.023 250 86	15	4 45 43.555	24 7 5.84	1.479 956 18		
29	3 11 17.009	19 39 3.14	1.032 959 92	16	4 48 6.007	24 11 1.08	1.489 805 22		
30	3 13 1.876	19 46 4.47	1.042 693 99	17	4 50 28.959	24 14 48.94	1.499 639 67		
Févr.	31	3 14 47.990	19 53 5.69	1.052 451 51	18	4 52 52.402	24 18 29.31	1.509 459 13	
	1	3 16 35.327	20 0 6.56	1.062 230 90	19	4 55 16.326	24 22 2.12	1.519 263 17	
	2	3 18 23.865	20 7 6.85	1.072 030 66	20	4 57 40.723	24 25 27.29	1.529 051 37	
	3	3 20 13.579	20 14 6.34	1.081 849 34	21	5 0 5.583	24 28 44.73	1.538 823 23	
	4	3 22 4.445	20 21 4.79	1.091 685 63	22	5 2 30.897	24 31 54.37	1.548 578 24	
	5	3 23 56.440	20 28 1.99	1.101 538 33	23	5 4 56.656	24 34 56.14	1.558 315 82	
	6	3 25 49.535	20 34 57.74	1.111 406 34	24	5 7 22.849	24 37 49.94	1.568 035 34	
	7	3 27 43.708	20 41 51.81	1.121 288 67	25	5 9 49.467	24 40 35.70	1.577 736 08	
	8	3 29 38.931	20 48 43.99	1.131 184 39	26	5 12 16.497	24 43 13.32	1.587 417 23	
	9	3 31 35.182	20 55 34.07	1.141 092 67	27	5 14 43.932	24 45 42.71	1.597 077 90	
	10	3 33 32.436	21 2 21.85	1.151 012 70	28	5 17 11.762	24 48 3.76	1.606 717 12	
	11	3 35 30.673	21 9 7.13	1.160 943 74	29	5 19 39.977	24 50 16.40	1.616 333 87	
	12	3 37 29.871	21 15 49.71	1.170 885 08	30	5 22 8.570	24 52 20.53	1.625 927 14	
	13	3 39 30.012	21 22 29.40	1.180 836 04	31	5 24 37.531	24 54 16.10	1.635 495 93	
14	3 41 31.079	21 29 6.01	1.190 795 95	Avril	1 5 27 6.846	24 56 3.03	1.645 039 36		

## MARS 2006 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	5	29	36.501	24	57	41.27	1.654 556 60	Mai	18	7	27	15.031	23	26	6.03	2.056 622 87	
	3	5	32	6.482	24	59	10.77	1.664 046 97		19	7	29	48.856	23	20	25.85	2.064 430 54	
	4	5	34	36.771	25	0	31.46	1.673 509 87		20	7	32	22.578	23	14	36.55	2.072 193 81	
	5	5	37	7.353	25	1	43.29	1.682 944 76		21	7	34	56.193	23	8	38.15	2.079 912 22	
	6	5	39	38.214	25	2	46.19	1.692 351 20		22	7	37	29.698	23	2	30.66	2.087 585 21	
	7	5	42	9.339	25	3	40.11	1.701 728 79		23	7	40	3.091	22	56	14.11	2.095 212 16	
	8	5	44	40.715	25	4	24.98	1.711 077 15		24	7	42	36.371	22	49	48.53	2.102 792 39	
	9	5	47	12.330	25	5	0.77	1.720 395 96		25	7	45	9.534	22	43	13.95	2.110 325 20	
	10	5	49	44.173	25	5	27.41	1.729 684 93		26	7	47	42.576	22	36	30.44	2.117 809 91	
	11	5	52	16.232	25	5	44.87	1.738 943 78		27	7	50	15.492	22	29	38.03	2.125 245 85	
	12	5	54	48.499	25	5	53.11	1.748 172 25		28	7	52	48.274	22	22	36.81	2.132 632 44	
	13	5	57	20.964	25	5	52.08	1.757 370 12		29	7	55	20.915	22	15	26.83	2.139 969 13	
	14	5	59	53.618	25	5	41.76	1.766 537 17		30	7	57	53.406	22	8	8.15	2.147 255 48	
	15	6	2	26.454	25	5	22.13	1.775 673 16		31	8	0	25.739	22	0	40.82	2.154 491 12	
	16	6	4	59.462	25	4	53.16	1.784 777 88		Juin	1	8	2	57.907	21	53	4.91	2.161 675 76
	17	6	7	32.636	25	4	14.84	1.793 851 07			2	8	5	29.905	21	45	20.47	2.168 809 16
18	6	10	5.966	25	3	27.16	1.802 892 44	3	8		8	1.727	21	37	27.56	2.175 891 12		
19	6	12	39.445	25	2	30.09	1.811 901 67	4	8		10	33.370	21	29	26.23	2.182 921 51		
20	6	15	13.062	25	1	23.62	1.820 878 36	5	8		13	4.828	21	21	16.53	2.189 900 22		
21	6	17	46.810	25	0	7.72	1.829 822 05	6	8		15	36.100	21	12	58.54	2.196 827 17		
22	6	20	20.679	24	58	42.38	1.838 732 22	7	8		18	7.184	21	4	32.30	2.203 702 32		
23	6	22	54.661	24	57	7.56	1.847 608 23	8	8		20	38.076	20	55	57.88	2.210 525 67		
24	6	25	28.750	24	55	23.23	1.856 449 39	9	8		23	8.777	20	47	15.35	2.217 297 23		
25	6	28	2.938	24	53	29.35	1.865 254 92	10	8		25	39.284	20	38	24.77	2.224 017 06		
26	6	30	37.220	24	51	25.90	1.874 023 99	11	8		28	9.596	20	29	26.23	2.230 685 22		
27	6	33	11.589	24	49	12.88	1.882 755 75	12	8	30	39.711	20	20	19.78	2.237 301 77			
28	6	35	46.036	24	46	50.28	1.891 449 37	13	8	33	9.628	20	11	5.50	2.243 866 73			
29	6	38	20.553	24	44	18.11	1.900 104 08	14	8	35	39.345	20	1	43.46	2.250 380 11			
30	6	40	55.127	24	41	36.38	1.908 719 18	15	8	38	8.860	19	52	13.72	2.256 841 83			
Mai	1	6	43	29.745	24	38	45.10	1.917 294 06	16	8	40	38.173	19	42	36.34	2.263 251 71		
	2	6	46	4.395	24	35	44.29	1.925 828 20	17	8	43	7.284	19	32	51.34	2.269 609 51		
	3	6	48	39.062	24	32	33.96	1.934 321 18	18	8	45	36.197	19	22	58.79	2.275 914 87		
	4	6	51	13.736	24	29	14.11	1.942 772 64	19	8	48	4.912	19	12	58.72	2.282 167 35		
	5	6	53	48.404	24	25	44.75	1.951 182 27	20	8	50	33.434	19	2	51.18	2.288 366 45		
	6	6	56	23.058	24	22	5.89	1.959 549 81	21	8	53	1.764	18	52	36.23	2.294 511 61		
	7	6	58	57.687	24	18	17.54	1.967 875 05	22	8	55	29.905	18	42	13.95	2.300 602 27		
	8	7	1	32.284	24	14	19.71	1.976 157 79	23	8	57	57.856	18	31	44.40	2.306 637 86		
	9	7	4	6.841	24	10	12.43	1.984 397 89	24	9	0	25.616	18	21	7.67	2.312 617 81		
	10	7	6	41.351	24	5	55.72	1.992 595 20	25	9	2	53.183	18	10	23.84	2.318 541 63		
	11	7	9	15.807	24	1	29.60	2.000 749 64	26	9	5	20.554	17	59	33.01	2.324 408 86		
12	7	11	50.204	23	56	54.09	2.008 861 10	27	9	7	47.726	17	48	35.24	2.330 219 13			
13	7	14	24.536	23	52	9.24	2.016 929 54	28	9	10	14.697	17	37	30.64	2.335 972 10			
14	7	16	58.799	23	47	15.07	2.024 954 87	29	9	12	41.466	17	26	19.26	2.341 667 52			
15	7	19	32.985	23	42	11.63	2.032 937 00	30	9	15	8.031	17	15	1.20	2.347 305 21			
16	7	22	7.090	23	36	58.95	2.040 875 84	Juill.	1	9	17	34.393	17	3	36.53	2.352 885 01		
17	7	24	41.107	23	31	37.08	2.048 771 20		2	9	20	0.551	16	52	5.33	2.358 406 84		

## MARS 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance			
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua			
<b>Juill.</b>	3	9 22 26.507	16 40 27.66	2.363 870 64	<b>Août</b>	18	11 11 34.999	6 11 36.40	2.551 401 50	
	4	9 24 52.263	16 28 43.62	2.369 276 40		19	11 13 55.296	5 56 23.44	2.554 055 25	
	5	9 27 17.820	16 16 53.27	2.374 624 14		20	11 16 15.590	5 41 7.81	2.556 646 71	
	6	9 29 43.181	16 4 56.71	2.379 913 92		21	11 18 35.885	5 25 49.60	2.559 175 58	
	7	9 32 8.347	15 52 54.00	2.385 145 84		22	11 20 56.185	5 10 28.92	2.561 641 60	
	8	9 34 33.322	15 40 45.24	2.390 320 04		23	11 23 16.496	4 55 5.85	2.564 044 59	
	9	9 36 58.107	15 28 30.51	2.395 436 67		24	11 25 36.821	4 39 40.49	2.566 384 36	
	10	9 39 22.703	15 16 9.89	2.400 495 91		25	11 27 57.166	4 24 12.93	2.568 660 83	
	11	9 41 47.113	15 3 43.48	2.405 497 94		26	11 30 17.566	4 8 43.26	2.570 873 92	
	12	9 44 11.338	14 51 11.34	2.410 442 88		27	11 32 37.939	3 53 11.58	2.573 023 62	
	13	9 46 35.380	14 38 33.56	2.415 330 81		28	11 34 58.379	3 37 37.96	2.575 109 98	
	14	9 48 59.244	14 25 50.18	2.420 161 70		29	11 37 18.862	3 22 2.51	2.577 133 08	
	15	9 51 22.934	14 13 1.27	2.424 935 43		30	11 39 39.395	3 6 25.32	2.579 093 05	
	16	9 53 46.458	14 0 6.87	2.429 651 76		31	11 41 59.983	2 50 46.49	2.580 990 05	
	17	9 56 9.822	13 47 7.03	2.434 310 36		<b>Sept.</b>	1	11 44 20.632	2 35 6.09	2.582 824 32
	18	9 58 33.033	13 34 1.82	2.438 910 82		2	11 46 41.347	2 19 24.25	2.584 596 12	
	19	10 0 56.097	13 20 51.30	2.443 452 70		3	11 49 2.133	2 3 41.04	2.586 305 76	
20	10 3 19.018	13 7 35.56	2.447 935 53	4	11 51 22.995	1 47 56.59	2.587 953 59			
21	10 5 41.799	12 54 14.67	2.452 358 83	5	11 53 43.936	1 32 10.97	2.589 540 00			
22	10 8 4.442	12 40 48.73	2.456 722 15	6	11 56 4.964	1 16 24.30	2.591 065 38			
23	10 10 26.949	12 27 17.83	2.461 025 08	7	11 58 26.084	1 0 36.65	2.592 530 09			
24	10 12 49.321	12 13 42.06	2.465 267 23	8	12 0 47.304	0 44 48.09	2.593 934 42			
25	10 15 11.560	12 0 1.51	2.469 448 29	9	12 3 8.637	0 28 58.70	2.595 278 57			
26	10 17 33.666	11 46 16.28	2.473 567 98	10	12 5 30.091	0 13 8.54	2.596 562 59			
27	10 19 55.644	11 32 26.44	2.477 626 10	11	12 7 51.679	- 0 2 42.35	2.597 786 43			
28	10 22 17.495	11 18 32.09	2.481 622 48	12	12 10 13.410	- 0 18 33.87	2.598 949 94			
29	10 24 39.222	11 4 33.31	2.485 557 03	13	12 12 35.292	- 0 34 25.95	2.600 052 88			
30	10 27 0.831	10 50 30.18	2.489 429 68	14	12 14 57.330	- 0 50 18.50	2.601 094 99			
31	10 29 22.325	10 36 22.78	2.493 240 44	15	12 17 19.530	- 1 6 11.40	2.602 075 99			
<b>Août</b>	1	10 31 43.708	10 22 11.21	2.496 989 33	16	12 19 41.899	- 1 22 4.56	2.602 995 63		
2	10 34 4.986	10 7 55.54	2.500 676 43	17	12 22 4.441	- 1 37 57.87	2.603 853 68			
3	10 36 26.163	9 53 35.87	2.504 301 85	18	12 24 27.161	- 1 53 51.23	2.604 649 92			
4	10 38 47.242	9 39 12.27	2.507 865 75	19	12 26 50.066	- 2 9 44.52	2.605 384 21			
5	10 41 8.230	9 24 44.85	2.511 368 33	20	12 29 13.161	- 2 25 37.65	2.606 056 40			
6	10 43 29.129	9 10 13.68	2.514 809 84	21	12 31 36.453	- 2 41 30.50	2.606 666 41			
7	10 45 49.944	8 55 38.87	2.518 190 54	22	12 33 59.949	- 2 57 22.97	2.607 214 20			
8	10 48 10.679	8 41 0.51	2.521 510 72	23	12 36 23.655	- 3 13 14.95	2.607 699 78			
9	10 50 31.336	8 26 18.67	2.524 770 63	24	12 38 47.578	- 3 29 6.35	2.608 123 19			
10	10 52 51.921	8 11 33.43	2.527 970 51	25	12 41 11.724	- 3 44 57.06	2.608 484 54			
11	10 55 12.441	7 56 44.86	2.531 110 48	26	12 43 36.100	- 4 0 46.96	2.608 783 96			
12	10 57 32.905	7 41 53.01	2.534 190 57	27	12 46 0.713	- 4 16 35.96	2.609 021 67			
13	10 59 53.322	7 26 57.93	2.537 210 66	28	12 48 25.567	- 4 32 23.93	2.609 197 91			
14	11 2 13.701	7 11 59.68	2.540 170 54	29	12 50 50.669	- 4 48 10.78	2.609 312 97			
15	11 4 34.052	6 56 58.33	2.543 069 93	30	12 53 16.023	- 5 3 56.38	2.609 367 21			
16	11 6 54.382	6 41 53.94	2.545 908 47	<b>Oct.</b>	1	12 55 41.635	- 5 19 40.61	2.609 361 03		
17	11 9 14.696	6 26 46.60	2.548 685 79	2	12 58 7.508	- 5 35 23.37	2.609 294 88			

## MARS 2006 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	13	0	33.649	-	5	51	4.53	2.609	169	23	Nov.	18	14	59	26.322	-	16	51	1.88	2.542	316	31	
	4	13	3	0.063	-	6	6	43.98	2.608	984	60		19	15	2	12.405	-	17	3	13.97	2.539	620	86	
	5	13	5	26.757	-	6	22	21.61	2.608	741	47		20	15	4	59.028	-	17	15	18.36	2.536	876	04	
	6	13	7	53.741	-	6	37	57.32	2.608	440	32		21	15	7	46.191	-	17	27	14.91	2.534	082	16	
	7	13	10	21.026	-	6	53	31.04	2.608	081	50		22	15	10	33.896	-	17	39	3.45	2.531	239	59	
	8	13	12	48.624	-	7	9	2.68	2.607	665	30		23	15	13	22.140	-	17	50	43.85	2.528	348	75	
	9	13	15	16.543	-	7	24	32.16	2.607	191	84		24	15	16	10.923	-	18	2	15.94	2.525	410	12	
	10	13	17	44.795	-	7	39	59.38	2.606	661	15		25	15	19	0.243	-	18	13	39.57	2.522	424	27	
	11	13	20	13.385	-	7	55	24.25	2.606	073	16		26	15	21	50.098	-	18	24	54.58	2.519	391	82	
	12	13	22	42.320	-	8	10	46.65	2.605	427	76		27	15	24	40.486	-	18	36	0.81	2.516	313	44	
	13	13	25	11.605	-	8	26	6.46	2.604	724	81		28	15	27	31.409	-	18	46	58.11	2.513	189	84	
	14	13	27	41.247	-	8	41	23.55	2.603	964	16		29	15	30	22.865	-	18	57	46.31	2.510	021	78	
	15	13	30	11.250	-	8	56	37.80	2.603	145	70		30	15	33	14.858	-	19	8	25.28	2.506	810	01	
	16	13	32	41.621	-	9	11	49.07	2.602	269	34		Déc.	1	15	36	7.389	-	19	18	54.88	2.503	555	27
	17	13	35	12.365	-	9	26	57.25	2.601	335	01			2	15	39	0.463	-	19	29	14.98	2.500	258	27
	18	13	37	43.490	-	9	42	2.20	2.600	342	70		3	15	41	54.081	-	19	39	25.46	2.496	919	63	
	19	13	40	15.001	-	9	57	3.79	2.599	292	40		4	15	44	48.246	-	19	49	26.19	2.493	539	91	
20	13	42	46.905	-	10	12	1.91	2.598	184	17	5	15	47	42.957	-	19	59	17.04	2.490	119	54			
21	13	45	19.208	-	10	26	56.42	2.597	018	09	6	15	50	38.213	-	20	8	57.89	2.486	658	88			
22	13	47	51.916	-	10	41	47.19	2.595	794	29	7	15	53	34.012	-	20	18	28.58	2.483	158	19			
23	13	50	25.035	-	10	56	34.11	2.594	512	95	8	15	56	30.351	-	20	27	48.97	2.479	617	67			
24	13	52	58.570	-	11	11	17.03	2.593	174	29	9	15	59	27.228	-	20	36	58.90	2.476	037	50			
25	13	55	32.527	-	11	25	55.83	2.591	778	59	10	16	2	24.642	-	20	45	58.22	2.472	417	83			
26	13	58	6.908	-	11	40	30.37	2.590	326	20	11	16	5	22.589	-	20	54	46.77	2.468	758	82			
27	14	0	41.718	-	11	55	0.52	2.588	817	51	12	16	8	21.069	-	21	3	24.42	2.465	060	63			
28	14	3	16.961	-	12	9	26.13	2.587	252	97	13	16	11	20.077	-	21	11	51.00	2.461	323	45			
29	14	5	52.638	-	12	23	47.07	2.585	633	09	14	16	14	19.612	-	21	20	6.39	2.457	547	49			
30	14	8	28.754	-	12	38	3.20	2.583	958	44	15	16	17	19.670	-	21	28	10.43	2.453	732	99			
31	14	11	5.312	-	12	52	14.36	2.582	229	60	16	16	20	20.246	-	21	36	3.00	2.449	880	18			
Nov.	1	14	13	42.318	-	13	6	20.42	2.580	447	21	17	16	23	21.336	-	21	43	43.95	2.445	989	35		
2	14	16	19.778	-	13	20	21.25	2.578	611	89	18	16	26	22.934	-	21	51	13.16	2.442	060	80			
3	14	18	57.700	-	13	34	16.73	2.576	724	25	19	16	29	25.032	-	21	58	30.49	2.438	094	90			
4	14	21	36.093	-	13	48	6.75	2.574	784	85	20	16	32	27.623	-	22	5	35.82	2.434	092	04			
5	14	24	14.965	-	14	1	51.18	2.572	794	14	21	16	35	30.697	-	22	12	29.00	2.430	052	69			
6	14	26	54.326	-	14	15	29.93	2.570	752	49	22	16	38	34.245	-	22	19	9.92	2.425	977	39			
7	14	29	34.180	-	14	29	2.88	2.568	660	14	23	16	41	38.255	-	22	25	38.44	2.421	866	75			
8	14	32	14.534	-	14	42	29.90	2.566	517	22	24	16	44	42.718	-	22	31	54.42	2.417	721	46			
9	14	34	55.391	-	14	55	50.86	2.564	323	80	25	16	47	47.625	-	22	37	57.72	2.413	542	28			
10	14	37	36.753	-	15	9	5.60	2.562	079	91	26	16	50	52.966	-	22	43	48.23	2.409	330	03			
11	14	40	18.626	-	15	22	13.98	2.559	785	56	27	16	53	58.736	-	22	49	25.81	2.405	085	53			
12	14	43	1.011	-	15	35	15.85	2.557	440	76	28	16	57	4.928	-	22	54	50.37	2.400	809	66			
13	14	45	43.914	-	15	48	11.05	2.555	045	54	29	17	0	11.536	-	23	0	1.79	2.396	503	24			
14	14	48	27.339	-	16	0	59.44	2.552	599	98	30	17	3	18.555	-	23	4	59.98	2.392	167	06			
15	14	51	11.288	-	16	13	40.86	2.550	104	14	31	17	6	25.979	-	23	9	44.87	2.387	801	88			
16	14	53	55.766	-	16	26	15.18	2.547	558	15	32	17	9	33.798	-	23	14	16.34	2.383	408	36			
17	14	56	40.776	-	16	38	42.23	2.544	962	14	33	17	12	42.005	-	23	18	34.33	2.378	987	08			



## JUPITER 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
Janv.	0	14	44	6.673	-14	44	25.34	5.924 407 08	Févr.	15	15	5	1.946	-16	8	18.80	5.211 305 02
	1	14	44	45.224	-14	47	14.08	5.910 742 60		16	15	5	14.913	-16	9	1.54	5.195 209 29
	2	14	45	23.379	-14	50	0.39	5.896 948 26		17	15	5	27.172	-16	9	41.26	5.179 153 07
	3	14	46	1.128	-14	52	44.26	5.883 027 27		18	15	5	38.720	-16	10	17.98	5.163 140 64
	4	14	46	38.463	-14	55	25.65	5.868 982 90		19	15	5	49.551	-16	10	51.67	5.147 176 33
	5	14	47	15.379	-14	58	4.54	5.854 818 42		20	15	5	59.663	-16	11	22.35	5.131 264 57
	6	14	47	51.870	-15	0	40.92	5.840 537 09		21	15	6	9.050	-16	11	50.01	5.115 409 82
	7	14	48	27.933	-15	3	14.80	5.826 142 11		22	15	6	17.708	-16	12	14.66	5.099 616 67
	8	14	49	3.562	-15	5	46.16	5.811 636 64		23	15	6	25.632	-16	12	36.28	5.083 889 78
	9	14	49	38.751	-15	8	15.01	5.797 023 79		24	15	6	32.815	-16	12	54.86	5.068 233 91
	10	14	50	13.492	-15	10	41.35	5.782 306 62		25	15	6	39.251	-16	13	10.41	5.052 653 97
	11	14	50	47.780	-15	13	5.16	5.767 488 15		26	15	6	44.935	-16	13	22.89	5.037 154 95
	12	14	51	21.605	-15	15	26.44	5.752 571 40		27	15	6	49.861	-16	13	32.29	5.021 741 96
	13	14	51	54.959	-15	17	45.16	5.737 559 34		28	15	6	54.028	-16	13	38.59	5.006 420 15
14	14	52	27.834	-15	20	1.31	5.722 454 98	Mars	1	15	6	57.434	-16	13	41.80	4.991 194 71	
15	14	53	0.221	-15	22	14.85	5.707 261 31	2	15	7	0.082	-16	13	41.91	4.976 070 75		
16	14	53	32.113	-15	24	25.78	5.691 981 37	3	15	7	1.973	-16	13	38.95	4.961 053 31		
17	14	54	3.503	-15	26	34.07	5.676 618 24	4	15	7	3.109	-16	13	32.95	4.946 147 30		
18	14	54	34.382	-15	28	39.69	5.661 175 01	5	15	7	3.492	-16	13	23.93	4.931 357 50		
19	14	55	4.744	-15	30	42.63	5.645 654 87	6	15	7	3.121	-16	13	11.91	4.916 688 58		
20	14	55	34.582	-15	32	42.87	5.630 061 04	7	15	7	1.995	-16	12	56.89	4.902 145 11		
21	14	56	3.889	-15	34	40.40	5.614 396 83	8	15	7	0.116	-16	12	38.89	4.887 731 60		
22	14	56	32.659	-15	36	35.21	5.598 665 60	9	15	6	57.482	-16	12	17.91	4.873 452 50		
23	14	57	0.884	-15	38	27.28	5.582 870 81	10	15	6	54.095	-16	11	53.96	4.859 312 21		
24	14	57	28.557	-15	40	16.61	5.567 015 99	11	15	6	49.955	-16	11	27.03	4.845 315 11		
25	14	57	55.671	-15	42	3.18	5.551 104 79	12	15	6	45.066	-16	10	57.14	4.831 465 53		
26	14	58	22.217	-15	43	46.99	5.535 140 96	13	15	6	39.428	-16	10	24.28	4.817 767 80		
27	14	58	48.185	-15	45	28.02	5.519 128 40	14	15	6	33.046	-16	9	48.46	4.804 226 22		
28	14	59	13.565	-15	47	6.24	5.503 071 15	15	15	6	25.922	-16	9	9.70	4.790 845 10		
29	14	59	38.347	-15	48	41.64	5.486 973 40	16	15	6	18.063	-16	8	28.02	4.777 628 72		
30	15	0	2.520	-15	50	14.18	5.470 839 46	17	15	6	9.471	-16	7	43.42	4.764 581 38		
31	15	0	26.077	-15	51	43.82	5.454 673 75	18	15	6	0.153	-16	6	55.92	4.751 707 40		
Févr.	1	15	0	49.010	-15	53	10.56	5.438 480 74	19	15	5	50.113	-16	6	5.56	4.739 011 09	
	2	15	1	11.317	-15	54	34.37	5.422 264 89	20	15	5	39.355	-16	5	12.35	4.726 496 81	
	3	15	1	32.994	-15	55	55.27	5.406 030 61	21	15	5	27.886	-16	4	16.32	4.714 168 93	
	4	15	1	54.036	-15	57	13.27	5.389 782 22	22	15	5	15.709	-16	3	17.50	4.702 031 89	
	5	15	2	14.439	-15	58	28.36	5.373 523 98	23	15	5	2.830	-16	2	15.89	4.690 090 12	
	6	15	2	34.197	-15	59	40.56	5.357 260 09	24	15	4	49.251	-16	1	11.53	4.678 348 13	
	7	15	2	53.304	-16	0	49.86	5.340 994 67	25	15	4	34.979	-16	0	4.43	4.666 810 47	
	8	15	3	11.754	-16	1	56.26	5.324 731 81	26	15	4	20.020	-15	58	54.59	4.655 481 69	
	9	15	3	29.539	-16	2	59.75	5.308 475 59	27	15	4	4.380	-15	57	42.04	4.644 366 39	
	10	15	3	46.653	-16	4	0.32	5.292 230 06	28	15	3	48.070	-15	56	26.81	4.633 469 10	
	11	15	4	3.090	-16	4	57.95	5.275 999 27	29	15	3	31.101	-15	55	8.92	4.622 794 32	
	12	15	4	18.843	-16	5	52.62	5.259 787 29	30	15	3	13.488	-15	53	48.43	4.612 346 38	
	13	15	4	33.907	-16	6	44.33	5.243 598 18	31	15	2	55.245	-15	52	25.41	4.602 129 45	
	14	15	4	48.276	-16	7	33.06	5.227 436 04	Avril	1	15	2	36.385	-15	50	59.91	4.592 147 50

## JUPITER 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance	
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua	
<b>Avril</b>	2 15 2 16.920	-15 49 31.99	4.582 404 29	<b>Mai</b>	18 14 41 9.599	-14 17 2.00	4.434 216 00	
	3 15 1 56.864	-15 48 1.72	4.572 903 40		19 14 40 41.252	-14 14 59.46	4.437 916 64	
	4 15 1 36.227	-15 46 29.14	4.563 648 24		20 14 40 13.184	-14 12 58.26	4.441 904 52	
	5 15 1 15.022	-15 44 54.30	4.554 642 06		21 14 39 45.412	-14 10 58.48	4.446 178 06	
	6 15 0 53.263	-15 43 17.24	4.545 888 01		22 14 39 17.957	-14 9 0.21	4.450 735 55	
	7 15 0 30.962	-15 41 38.01	4.537 389 12		23 14 38 50.838	-14 7 3.54	4.455 575 13	
	8 15 0 8.134	-15 39 56.66	4.529 148 32		24 14 38 24.076	-14 5 8.57	4.460 694 76	
	9 14 59 44.795	-15 38 13.23	4.521 168 45		25 14 37 57.692	-14 3 15.41	4.466 092 18	
	10 14 59 20.959	-15 36 27.78	4.513 452 25		26 14 37 31.702	-14 1 24.16	4.471 764 94	
	11 14 58 56.644	-15 34 40.36	4.506 002 38		27 14 37 6.126	-13 59 34.92	4.477 710 34	
	12 14 58 31.865	-15 32 51.04	4.498 821 44		28 14 36 40.978	-13 57 47.78	4.483 925 51	
	13 14 58 6.641	-15 30 59.88	4.491 911 91		29 14 36 16.274	-13 56 2.81	4.490 407 36	
	14 14 57 40.988	-15 29 6.94	4.485 276 24		30 14 35 52.027	-13 54 20.10	4.497 152 66	
	15 14 57 14.924	-15 27 12.30	4.478 916 81		31 14 35 28.251	-13 52 39.70	4.504 158 07	
	16 14 56 48.466	-15 25 16.03	4.472 835 94		<b>Juin</b>	1 14 35 4.959	-13 51 1.67	4.511 420 13
	17 14 56 21.632	-15 23 18.21	4.467 035 93			2 14 34 42.165	-13 49 26.09	4.518 935 31
18 14 55 54.437	-15 21 18.90	4.461 519 03	3 14 34 19.883	-13 47 53.01		4.526 700 00		
19 14 55 26.899	-15 19 18.17	4.456 287 45	4 14 33 58.125	-13 46 22.48		4.534 710 56		
20 14 54 59.034	-15 17 16.09	4.451 343 38	5 14 33 36.904	-13 44 54.59		4.542 963 29		
21 14 54 30.858	-15 15 12.74	4.446 688 97	6 14 33 16.232	-13 43 29.37		4.551 454 44		
22 14 54 2.389	-15 13 8.16	4.442 326 29	7 14 32 56.123	-13 42 6.90	4.560 180 26			
23 14 53 33.646	-15 11 2.44	4.438 257 37	8 14 32 36.585	-13 40 47.22	4.569 136 96			
24 14 53 4.648	-15 8 55.65	4.434 484 12	9 14 32 17.631	-13 39 30.41	4.578 320 73			
25 14 52 35.417	-15 6 47.86	4.431 008 33	10 14 31 59.270	-13 38 16.51	4.587 727 80			
26 14 52 5.978	-15 4 39.18	4.427 831 61	11 14 31 41.509	-13 37 5.57	4.597 354 39			
27 14 51 36.354	-15 2 29.71	4.424 955 35	12 14 31 24.357	-13 35 57.64	4.607 196 79			
28 14 51 6.568	-15 0 19.57	4.422 380 70	13 14 31 7.820	-13 34 52.75	4.617 251 32			
29 14 50 36.645	-14 58 8.86	4.420 108 54	14 14 30 51.901	-13 33 50.94	4.627 514 32			
30 14 50 6.604	-14 55 57.69	4.418 139 50	15 14 30 36.608	-13 32 52.23	4.637 982 19			
<b>Mai</b>	1 14 49 36.468	-14 53 46.15	4.416 473 97	16 14 30 21.946	-13 31 56.64	4.648 651 33		
	2 14 49 6.256	-14 51 34.35	4.415 112 11	17 14 30 7.922	-13 31 4.20	4.659 518 11		
	3 14 48 35.988	-14 49 22.36	4.414 053 91	18 14 29 54.543	-13 30 14.95	4.670 578 84		
	4 14 48 5.686	-14 47 10.27	4.413 299 20	19 14 29 41.818	-13 29 28.91	4.681 829 77		
	5 14 47 35.370	-14 44 58.18	4.412 847 65	20 14 29 29.757	-13 28 46.15	4.693 267 00		
	6 14 47 5.061	-14 42 46.16	4.412 698 81	21 14 29 18.366	-13 28 6.70	4.704 886 55		
	7 14 46 34.782	-14 40 34.31	4.412 852 11	22 14 29 7.654	-13 27 30.61	4.716 684 28		
	8 14 46 4.553	-14 38 22.72	4.413 306 87	23 14 28 57.626	-13 26 57.92	4.728 655 93		
	9 14 45 34.396	-14 36 11.48	4.414 062 27	24 14 28 48.286	-13 26 28.65	4.740 797 13		
	10 14 45 4.332	-14 34 0.69	4.415 117 43	25 14 28 39.637	-13 26 2.83	4.753 103 40		
	11 14 44 34.383	-14 31 50.44	4.416 471 33	26 14 28 31.682	-13 25 40.47	4.765 570 16		
12 14 44 4.569	-14 29 40.84	4.418 122 91	27 14 28 24.423	-13 25 21.58	4.778 192 80			
13 14 43 34.911	-14 27 31.97	4.420 071 02	28 14 28 17.862	-13 25 6.16	4.790 966 66			
14 14 43 5.427	-14 25 23.94	4.422 314 45	29 14 28 12.000	-13 24 54.21	4.803 887 07			
15 14 42 36.137	-14 23 16.85	4.424 851 96	30 14 28 6.840	-13 24 45.73	4.816 949 38			
16 14 42 7.058	-14 21 10.77	4.427 682 27	<b>Juill.</b>	1 14 28 2.384	-13 24 40.72	4.830 148 94		
17 14 41 38.206	-14 19 5.79	4.430 804 07		2 14 27 58.633	-13 24 39.19	4.843 481 14		

## JUPITER 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua
<b>Juill.</b>	3 14 27 55.588	-13 24 41.12	4.856 941 38	<b>Août</b>	18 14 37 45.198	-14 24 0.49	5.543 109 51
	4 14 27 53.251	-13 24 46.53	4.870 525 12		19 14 38 12.493	-14 26 22.49	5.558 025 86
	5 14 27 51.624	-13 24 55.42	4.884 227 87		20 14 38 40.328	-14 28 46.68	5.572 885 99
	6 14 27 50.705	-13 25 7.77	4.898 045 18		21 14 39 8.699	-14 31 13.01	5.587 686 43
	7 14 27 50.494	-13 25 23.60	4.911 972 65		22 14 39 37.600	-14 33 41.43	5.602 423 72
	8 14 27 50.991	-13 25 42.88	4.926 006 00		23 14 40 7.024	-14 36 11.90	5.617 094 43
	9 14 27 52.193	-13 26 5.62	4.940 140 99		24 14 40 36.967	-14 38 44.35	5.631 695 16
	10 14 27 54.098	-13 26 31.80	4.954 373 51		25 14 41 7.423	-14 41 18.76	5.646 222 58
	11 14 27 56.700	-13 27 1.39	4.968 699 55		26 14 41 38.389	-14 43 55.08	5.660 673 40
	12 14 27 59.996	-13 27 34.37	4.983 115 20		27 14 42 9.859	-14 46 33.25	5.675 044 41
	13 14 28 3.982	-13 28 10.70	4.997 616 63		28 14 42 41.828	-14 49 13.25	5.689 332 45
	14 14 28 8.656	-13 28 50.37	5.012 200 07		29 14 43 14.292	-14 51 55.04	5.703 534 46
15 14 28 14.016	-13 29 33.33	5.026 861 74	30 14 43 47.245	-14 54 38.57	5.717 647 43		
16 14 28 20.063	-13 30 19.60	5.041 597 84	31 14 44 20.681	-14 57 23.81	5.731 668 46		
17 14 28 26.798	-13 31 9.14	5.056 404 49	<b>Sept.</b> 1 14 44 54.595	-15 0 10.71	5.745 594 74		
18 14 28 34.219	-13 32 1.98	5.071 277 75	2 14 45 28.980	-15 2 59.24	5.759 423 52		
19 14 28 42.329	-13 32 58.10	5.086 213 57	3 14 46 3.828	-15 5 49.35	5.773 152 21		
20 14 28 51.123	-13 33 57.50	5.101 207 82	4 14 46 39.131	-15 8 40.99	5.786 778 28		
21 14 29 0.600	-13 35 0.16	5.116 256 32	5 14 47 14.883	-15 11 34.10	5.800 299 36		
22 14 29 10.756	-13 36 6.06	5.131 354 80	6 14 47 51.074	-15 14 28.63	5.813 713 17		
23 14 29 21.586	-13 37 15.17	5.146 498 97	7 14 48 27.700	-15 17 24.52	5.827 017 52		
24 14 29 33.087	-13 38 27.46	5.161 684 52	8 14 49 4.755	-15 20 21.73	5.840 210 28		
25 14 29 45.253	-13 39 42.89	5.176 907 12	9 14 49 42.237	-15 23 20.21	5.853 289 30		
26 14 29 58.080	-13 41 1.43	5.192 162 48	10 14 50 20.145	-15 26 19.95	5.866 252 40		
27 14 30 11.564	-13 42 23.03	5.207 446 33	11 14 50 58.475	-15 29 20.91	5.879 097 31		
28 14 30 25.702	-13 43 47.65	5.222 754 42	12 14 51 37.226	-15 32 23.09	5.891 821 67		
29 14 30 40.489	-13 45 15.28	5.238 082 59	13 14 52 16.391	-15 35 26.45	5.904 423 00		
30 14 30 55.923	-13 46 45.86	5.253 426 73	14 14 52 55.966	-15 38 30.97	5.916 898 76		
31 14 31 11.998	-13 48 19.37	5.268 782 77	15 14 53 35.943	-15 41 36.60	5.929 246 38		
<b>Août</b> 1 14 31 28.712	-13 49 55.77	5.284 146 74	16 14 54 16.318	-15 44 43.30	5.941 463 23		
2 14 31 46.059	-13 51 35.03	5.299 514 73	17 14 54 57.083	-15 47 51.02	5.953 546 71		
3 14 32 4.036	-13 53 17.13	5.314 882 92	18 14 55 38.234	-15 50 59.71	5.965 494 22		
4 14 32 22.637	-13 55 2.02	5.330 247 57	19 14 56 19.764	-15 54 9.32	5.977 303 19		
5 14 32 41.856	-13 56 49.67	5.345 605 04	20 14 57 1.669	-15 57 19.81	5.988 971 08		
6 14 33 1.687	-13 58 40.04	5.360 951 79	21 14 57 43.944	-16 0 31.14	6.000 495 40		
7 14 33 22.123	-14 0 33.09	5.376 284 40	22 14 58 26.585	-16 3 43.25	6.011 873 69		
8 14 33 43.156	-14 2 28.77	5.391 599 60	23 14 59 9.586	-16 6 56.12	6.023 103 58		
9 14 34 4.778	-14 4 27.02	5.406 894 19	24 14 59 52.945	-16 10 9.71	6.034 182 73		
10 14 34 26.983	-14 6 27.79	5.422 165 11	25 15 0 36.655	-16 13 23.97	6.045 108 89		
11 14 34 49.766	-14 8 31.03	5.437 409 32	26 15 1 20.713	-16 16 38.88	6.055 879 88		
12 14 35 13.124	-14 10 36.70	5.452 623 80	27 15 2 5.112	-16 19 54.39	6.066 493 60		
13 14 35 37.054	-14 12 44.78	5.467 805 50	28 15 2 49.847	-16 23 10.48	6.076 948 03		
14 14 36 1.555	-14 14 55.24	5.482 951 28	29 15 3 34.913	-16 26 27.10	6.087 241 26		
15 14 36 26.624	-14 17 8.07	5.498 057 91	30 15 4 20.301	-16 29 44.22	6.097 371 46		
16 14 36 52.258	-14 19 23.24	5.513 122 09	<b>Oct.</b> 1 15 5 6.005	-16 33 1.80	6.107 336 90		
17 14 37 18.451	-14 21 40.73	5.528 140 44	2 15 5 52.017	-16 36 19.78	6.117 135 96		

## JUPITER 2006 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	15	6	38.330	-16	39	38.11	6.126 767 13	Nov.	18	15	46	13.360	-19	8	37.29	6.364 331 15
	4	15	7	24.939	-16	42	56.76	6.136 229 01		19	15	47	8.397	-19	11	36.33	6.364 631 36
	5	15	8	11.836	-16	46	15.66	6.145 520 24		20	15	48	3.497	-19	14	34.30	6.364 713 10
	6	15	8	59.020	-16	49	34.77	6.154 639 56		21	15	48	58.656	-19	17	31.19	6.364 576 08
	7	15	9	46.488	-16	52	54.08	6.163 585 67		22	15	49	53.867	-19	20	26.97	6.364 220 09
	8	15	10	34.238	-16	56	13.55	6.172 357 23		23	15	50	49.121	-19	23	21.64	6.363 645 00
	9	15	11	22.269	-16	59	33.18	6.180 952 84		24	15	51	44.413	-19	26	15.17	6.362 850 83
	10	15	12	10.575	-17	2	52.95	6.189 370 96	25	15	52	39.733	-19	29	7.53	6.361 837 69	
	11	15	12	59.154	-17	6	12.85	6.197 609 97	26	15	53	35.075	-19	31	58.69	6.360 605 80	
	12	15	13	47.997	-17	9	32.83	6.205 668 18	27	15	54	30.429	-19	34	48.62	6.359 155 48	
	13	15	14	37.099	-17	12	52.86	6.213 543 85	28	15	55	25.790	-19	37	37.29	6.357 487 16	
	14	15	15	26.453	-17	16	12.90	6.221 235 21	29	15	56	21.154	-19	40	24.68	6.355 601 34	
	15	15	16	16.055	-17	19	32.90	6.228 740 52	30	15	57	16.514	-19	43	10.76	6.353 498 55	
	16	15	17	5.899	-17	22	52.82	6.236 058 03	Déc.	1	15	58	11.869	-19	45	55.51	6.351 179 38
	17	15	17	55.980	-17	26	12.63	6.243 186 07		2	15	59	7.215	-19	48	38.95	6.348 644 40
	18	15	18	46.293	-17	29	32.29	6.250 122 95		3	16	0	2.549	-19	51	21.06	6.345 894 14
	19	15	19	36.835	-17	32	51.75	6.256 867 09		4	16	0	57.866	-19	54	1.85	6.342 929 08
20	15	20	27.601	-17	36	10.99	6.263 416 91	5		16	1	53.160	-19	56	41.33	6.339 749 62	
21	15	21	18.587	-17	39	29.97	6.269 770 92	6		16	2	48.424	-19	59	19.46	6.336 356 08	
22	15	22	9.788	-17	42	48.66	6.275 927 68	7		16	3	43.651	-20	1	56.26	6.332 748 73	
23	15	23	1.200	-17	46	7.05	6.281 885 82	8	16	4	38.833	-20	4	31.68	6.328 927 79		
24	15	23	52.818	-17	49	25.09	6.287 644 06	9	16	5	33.964	-20	7	5.71	6.324 893 46		
25	15	24	44.636	-17	52	42.76	6.293 201 20	10	16	6	29.038	-20	9	38.32	6.320 645 97		
26	15	25	36.647	-17	56	0.04	6.298 556 14	11	16	7	24.049	-20	12	9.49	6.316 185 58		
27	15	26	28.846	-17	59	16.89	6.303 707 86	12	16	8	18.993	-20	14	39.21	6.311 512 58		
28	15	27	21.225	-18	2	33.28	6.308 655 46	13	16	9	13.863	-20	17	7.46	6.306 627 35		
29	15	28	13.776	-18	5	49.17	6.313 398 13	14	16	10	8.655	-20	19	34.22	6.301 530 28		
30	15	29	6.492	-18	9	4.52	6.317 935 18	15	16	11	3.364	-20	21	59.49	6.296 221 85		
31	15	29	59.367	-18	12	19.29	6.322 266 00	16	16	11	57.983	-20	24	23.27	6.290 702 62		
Nov.	1	15	30	52.395	-18	15	33.43	6.326 390 07	17	16	12	52.507	-20	26	45.53	6.284 973 18	
2	15	31	45.572	-18	18	46.92	6.330 306 95	18	16	13	46.930	-20	29	6.29	6.279 034 24		
3	15	32	38.894	-18	21	59.73	6.334 016 23	19	16	14	41.245	-20	31	25.53	6.272 886 57		
4	15	33	32.360	-18	25	11.83	6.337 517 50	20	16	15	35.442	-20	33	43.26	6.266 531 05		
5	15	34	25.967	-18	28	23.21	6.340 810 31	21	16	16	29.515	-20	35	59.46	6.259 968 68		
6	15	35	19.712	-18	31	33.88	6.343 894 15	22	16	17	23.454	-20	38	14.12	6.253 200 57		
7	15	36	13.591	-18	34	43.82	6.346 768 40	23	16	18	17.249	-20	40	27.23	6.246 227 97		
8	15	37	7.597	-18	37	53.02	6.349 432 35	24	16	19	10.893	-20	42	38.76	6.239 052 23		
9	15	38	1.724	-18	41	1.44	6.351 885 22	25	16	20	4.376	-20	44	48.70	6.231 674 83		
10	15	38	55.965	-18	44	9.06	6.354 126 20	26	16	20	57.694	-20	46	57.03	6.224 097 32		
11	15	39	50.315	-18	47	15.85	6.356 154 44	27	16	21	50.840	-20	49	3.74	6.216 321 32		
12	15	40	44.766	-18	50	21.76	6.357 969 12	28	16	22	43.810	-20	51	8.82	6.208 348 50		
13	15	41	39.316	-18	53	26.77	6.359 569 45	29	16	23	36.601	-20	53	12.29	6.200 180 51		
14	15	42	33.957	-18	56	30.85	6.360 954 67	30	16	24	29.207	-20	55	14.15	6.191 819 01		
15	15	43	28.687	-18	59	33.96	6.362 124 07	31	16	25	21.623	-20	57	14.41	6.183 265 60		
16	15	44	23.501	-19	2	36.09	6.363 077 01	32	16	26	13.844	-20	59	13.10	6.174 521 84		
17	15	45	18.393	-19	5	37.21	6.363 812 88	33	16	27	5.860	-21	1	10.20	6.165 589 22		

## SATURNE 2006 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	8 50	26.243	18 20	49.30		8.246 596 84	Févr.	15	8 36	0.486	19 21	15.07		8.179 034 23
	1	8 50	10.616	18 22	0.30		8.238 333 45		16	8 35	42.320	19 22	26.05		8.184 832 69
	2	8 49	54.695	18 23	12.35		8.230 345 40		17	8 35	24.358	19 23	36.05		8.190 923 57
	3	8 49	38.485	18 24	25.39		8.222 635 98		18	8 35	6.609	19 24	45.04		8.197 304 62
	4	8 49	21.997	18 25	39.36		8.215 208 21		19	8 34	49.084	19 25	52.97		8.203 973 52
	5	8 49	5.242	18 26	54.21		8.208 064 90		20	8 34	31.796	19 26	59.83		8.210 927 84
	6	8 48	48.230	18 28	9.87		8.201 208 63		21	8 34	14.752	19 28	5.59		8.218 165 10
	7	8 48	30.975	18 29	26.29		8.194 641 83		22	8 33	57.965	19 29	10.22		8.225 682 74
	8	8 48	13.488	18 30	43.43		8.188 366 73		23	8 33	41.441	19 30	13.72		8.233 478 05
	9	8 47	55.780	18 32	1.23		8.182 385 48		24	8 33	25.190	19 31	16.06		8.241 548 25
	10	8 47	37.861	18 33	19.67		8.176 700 12		25	8 33	9.219	19 32	17.22		8.249 890 38
	11	8 47	19.740	18 34	38.70		8.171 312 58		26	8 32	53.534	19 33	17.19		8.258 501 34
	12	8 47	1.426	18 35	58.30		8.166 224 74		27	8 32	38.143	19 34	15.93		8.267 377 79
	13	8 46	42.929	18 37	18.43		8.161 438 40		28	8 32	23.054	19 35	13.40		8.276 516 17
14	8 46	24.256	18 38	39.04		8.156 955 32	Mars	1	8 32	8.277	19 36	9.56		8.285 912 70	
15	8 46	5.416	18 40	0.09		8.152 777 19	2	8 31	53.823	19 37	4.37		8.295 563 37		
16	8 45	46.420	18 41	21.54		8.148 905 62	3	8 31	39.703	19 37	57.79		8.305 464 01		
17	8 45	27.276	18 42	43.33		8.145 342 19	4	8 31	25.926	19 38	49.80		8.315 610 35		
18	8 45	7.996	18 44	5.42		8.142 088 40	5	8 31	12.501	19 39	40.41		8.325 998 07		
19	8 44	48.591	18 45	27.75		8.139 145 66	6	8 30	59.433	19 40	29.59		8.336 622 79		
20	8 44	29.072	18 46	50.28		8.136 515 33	7	8 30	46.728	19 41	17.35		8.347 480 15		
21	8 44	9.452	18 48	12.94		8.134 198 67	8	8 30	34.390	19 42	3.69		8.358 565 80		
22	8 43	49.743	18 49	35.69		8.132 196 85	9	8 30	22.424	19 42	48.59		8.369 875 40		
23	8 43	29.956	18 50	58.49		8.130 510 96	10	8 30	10.833	19 43	32.04		8.381 404 60		
24	8 43	10.106	18 52	21.28		8.129 141 97	11	8 29	59.623	19 44	14.02		8.393 149 07		
25	8 42	50.203	18 53	44.03		8.128 090 78	12	8 29	48.798	19 44	54.53		8.405 104 49		
26	8 42	30.259	18 55	6.70		8.127 358 15	13	8 29	38.362	19 45	33.55		8.417 266 53		
27	8 42	10.287	18 56	29.26		8.126 944 70	14	8 29	28.320	19 46	11.05		8.429 630 89		
28	8 41	50.295	18 57	51.67		8.126 850 91	15	8 29	18.678	19 46	47.03		8.442 193 26		
29	8 41	30.294	18 59	13.90		8.127 077 02	16	8 29	9.440	19 47	21.47		8.454 949 33		
30	8 41	10.293	19 0	35.89		8.127 623 05	17	8 29	0.612	19 47	54.36		8.467 894 80		
Févr.	31	8 40	50.304	19 1	57.59		8.128 488 72	18	8 28	52.200	19 48	25.69		8.481 025 37	
	1	8 40	30.339	19 3	18.93		8.129 673 48	19	8 28	44.207	19 48	55.44		8.494 336 73	
	2	8 40	10.413	19 4	39.86		8.131 176 51	20	8 28	36.638	19 49	23.63		8.507 824 56	
	3	8 39	50.540	19 6	0.30		8.132 996 76	21	8 28	29.498	19 49	50.25		8.521 484 49	
	4	8 39	30.735	19 7	20.21		8.135 133 00	22	8 28	22.788	19 50	15.30		8.535 312 15	
	5	8 39	11.011	19 8	39.56		8.137 583 85	23	8 28	16.512	19 50	38.78		8.549 303 10	
	6	8 38	51.379	19 9	58.32		8.140 347 83	24	8 28	10.671	19 51	0.71		8.563 452 84	
	7	8 38	31.850	19 11	16.45		8.143 423 37	25	8 28	5.266	19 51	21.07		8.577 756 78	
	8	8 38	12.435	19 12	33.92		8.146 808 85	26	8 28	0.297	19 51	39.86		8.592 210 22	
	9	8 37	53.141	19 13	50.70		8.150 502 54	27	8 27	55.768	19 51	57.07		8.606 808 32	
	10	8 37	33.980	19 15	6.77		8.154 502 69	28	8 27	51.680	19 52	12.68		8.621 546 11	
	11	8 37	14.960	19 16	22.09		8.158 807 46	29	8 27	48.037	19 52	26.65		8.636 418 47	
	12	8 36	56.090	19 17	36.62		8.163 414 97	30	8 27	44.845	19 52	38.98		8.651 420 15	
	13	8 36	37.381	19 18	50.31		8.168 323 28	31	8 27	42.108	19 52	49.66		8.666 545 83	
14	8 36	18.843	19 20	3.15		8.173 530 39	Avril	1	8 27	39.827	19 52	58.69		8.681 790 17	

## SATURNE 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance			
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua			
<b>Avril</b>	2	8	27	38.005	19	53	6.09	8.697 147 84	<b>Mai</b>	18	8	34	4.118	19	30	51.48	9.444 545 10	
	3	8	27	36.641	19	53	11.87	8.712 613 59		19	8	34	21.791	19	29	48.44	9.460 034 00	
	4	8	27	35.732	19	53	16.05	8.728 182 23		20	8	34	39.800	19	28	44.10	9.475 428 45	
	5	8	27	35.278	19	53	18.63	8.743 848 66		21	8	34	58.139	19	27	38.46	9.490 724 89	
	6	8	27	35.277	19	53	19.61	8.759 607 88		22	8	35	16.807	19	26	31.51	9.505 919 69	
	7	8	27	35.727	19	53	19.01	8.775 454 93		23	8	35	35.801	19	25	23.24	9.521 009 18	
	8	8	27	36.626	19	53	16.82	8.791 384 97		24	8	35	55.120	19	24	13.65	9.535 989 62	
	9	8	27	37.975	19	53	13.04	8.807 393 18		25	8	36	14.762	19	23	2.74	9.550 857 30	
	10	8	27	39.771	19	53	7.66	8.823 474 83		26	8	36	34.724	19	21	50.54	9.565 608 49	
	11	8	27	42.015	19	53	0.70	8.839 625 24		27	8	36	55.001	19	20	37.07	9.580 239 54	
	12	8	27	44.707	19	52	52.13	8.855 839 82		28	8	37	15.588	19	19	22.34	9.594 746 86	
	13	8	27	47.846	19	52	41.97	8.872 114 00		29	8	37	36.479	19	18	6.38	9.609 127 00	
	14	8	27	51.432	19	52	30.21	8.888 443 29		30	8	37	57.667	19	16	49.21	9.623 376 60	
	15	8	27	55.465	19	52	16.87	8.904 823 25		31	8	38	19.145	19	15	30.84	9.637 492 44	
	16	8	27	59.944	19	52	1.94	8.921 249 48		<b>Juin</b>	1	8	38	40.908	19	14	11.28	9.651 471 43
	17	8	28	4.869	19	51	45.45	8.937 717 60			2	8	39	2.950	19	12	50.55	9.665 310 59
18	8	28	10.237	19	51	27.40	8.954 223 26	3	8		39	25.267	19	11	28.64	9.679 007 03		
19	8	28	16.046	19	51	7.81	8.970 762 10	4	8		39	47.854	19	10	5.56	9.692 557 98		
20	8	28	22.293	19	50	46.70	8.987 329 74	5	8		40	10.707	19	8	41.32	9.705 960 75		
21	8	28	28.975	19	50	24.07	9.003 921 76	6	8		40	33.822	19	7	15.93	9.719 212 72		
22	8	28	36.087	19	49	59.93	9.020 533 71	7	8	40	57.197	19	5	49.38	9.732 311 39			
23	8	28	43.627	19	49	34.26	9.037 161 03	8	8	41	20.826	19	4	21.70	9.745 254 31			
24	8	28	51.593	19	49	7.08	9.053 799 10	9	8	41	44.708	19	2	52.88	9.758 039 11			
25	8	28	59.985	19	48	38.35	9.070 443 21	10	8	42	8.838	19	1	22.96	9.770 663 52			
26	8	29	8.802	19	48	8.08	9.087 088 58	11	8	42	33.212	18	59	51.94	9.783 125 30			
27	8	29	18.045	19	47	36.25	9.103 730 37	12	8	42	57.826	18	58	19.86	9.795 422 27			
28	8	29	27.713	19	47	2.88	9.120 363 72	13	8	43	22.673	18	56	46.72	9.807 552 25			
29	8	29	37.803	19	46	27.99	9.136 983 80	14	8	43	47.747	18	55	12.56	9.819 513 05			
30	8	29	48.313	19	45	51.59	9.153 585 85	15	8	44	13.042	18	53	37.38	9.831 302 47			
<b>Mai</b>	1	8	29	59.237	19	45	13.71	9.170 165 22	16	8	44	38.554	18	52	1.18	9.842 918 22		
	2	8	30	10.571	19	44	34.36	9.186 717 37	17	8	45	4.277	18	50	23.98	9.854 357 96		
	3	8	30	22.308	19	43	53.55	9.203 237 87	18	8	45	30.208	18	48	45.76	9.865 619 27		
	4	8	30	34.443	19	43	11.31	9.219 722 43	19	8	45	56.345	18	47	6.52	9.876 699 68		
	5	8	30	46.973	19	42	27.63	9.236 166 85	20	8	46	22.686	18	45	26.26	9.887 596 68		
	6	8	30	59.892	19	41	42.51	9.252 567 04	21	8	46	49.229	18	43	44.98	9.898 307 75		
7	8	31	13.197	19	40	55.97	9.268 919 00	22	8	47	15.971	18	42	2.71	9.908 830 38			
8	8	31	26.885	19	40	8.00	9.285 218 83	23	8	47	42.908	18	40	19.46	9.919 162 09			
9	8	31	40.951	19	39	18.61	9.301 462 69	24	8	48	10.035	18	38	35.26	9.929 300 50			
10	8	31	55.395	19	38	27.79	9.317 646 85	25	8	48	37.346	18	36	50.13	9.939 243 28			
11	8	32	10.212	19	37	35.57	9.333 767 64	26	8	49	4.834	18	35	4.09	9.948 988 24			
12	8	32	25.400	19	36	41.94	9.349 821 48	27	8	49	32.493	18	33	17.17	9.958 533 28			
13	8	32	40.956	19	35	46.91	9.365 804 86	28	8	50	0.316	18	31	29.38	9.967 876 43			
14	8	32	56.876	19	34	50.51	9.381 714 33	29	8	50	28.299	18	29	40.74	9.977 015 84			
15	8	33	13.158	19	33	52.75	9.397 546 48	30	8	50	56.436	18	27	51.24	9.985 949 76			
16	8	33	29.795	19	32	53.64	9.413 297 92	<b>Juill.</b>	1	8	51	24.723	18	26	0.90	9.994 676 54		
17	8	33	46.784	19	31	53.22	9.428 965 26		2	8	51	53.156	18	24	9.73	10.003 194 64		

## SATURNE 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance			
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua			
<b>Juill.</b>	3	8	52	21.730	18	22	17.73	10.011 502 58	<b> Août</b>	18	9	15	38.143	16	46	9.88	10.148 420 63	
	4	8	52	50.443	18	20	24.92	10.019 598 98		19	9	16	8.711	16	43	57.59	10.145 836 09	
	5	8	53	19.291	18	18	31.31	10.027 482 54		20	9	16	39.222	16	41	45.33	10.143 012 08	
	6	8	53	48.271	18	16	36.92	10.035 152 03		21	9	17	9.670	16	39	33.12	10.139 948 87	
	7	8	54	17.380	18	14	41.75	10.042 606 28		22	9	17	40.050	16	37	20.98	10.136 646 83	
	8	8	54	46.612	18	12	45.84	10.049 844 22		23	9	18	10.356	16	35	8.95	10.133 106 41	
	9	8	55	15.965	18	10	49.19	10.056 864 80		24	9	18	40.584	16	32	57.03	10.129 328 22	
	10	8	55	45.432	18	8	51.85	10.063 667 04		25	9	19	10.730	16	30	45.25	10.125 312 92	
	11	8	56	15.008	18	6	53.83	10.070 249 94		26	9	19	40.790	16	28	33.62	10.121 061 31	
	12	8	56	44.687	18	4	55.16	10.076 612 50		27	9	20	10.762	16	26	22.16	10.116 574 26	
	13	8	57	14.463	18	2	55.85	10.082 753 66		28	9	20	40.640	16	24	10.89	10.111 852 74	
	14	8	57	44.332	18	0	55.90	10.088 672 27		29	9	21	10.423	16	21	59.83	10.106 897 78	
	15	8	58	14.289	17	58	55.30	10.094 367 13		30	9	21	40.107	16	19	49.00	10.101 710 51	
	16	8	58	44.333	17	56	54.07	10.099 836 92		31	9	22	9.688	16	17	38.44	10.096 292 14	
	17	8	59	14.462	17	54	52.19	10.105 080 30		<b>Sept.</b>	1	9	22	39.162	16	15	28.17	10.090 643 91
	18	8	59	44.674	17	52	49.69	10.110 095 90		2	9	23	8.525	16	13	18.22	10.084 767 16	
	19	9	0	14.968	17	50	46.57	10.114 882 34		3	9	23	37.771	16	11	8.62	10.078 663 25	
20	9	0	45.339	17	48	42.85	10.119 438 29	4	9	24	6.896	16	8	59.42	10.072 333 60			
21	9	1	15.782	17	46	38.57	10.123 762 48	5	9	24	35.893	16	6	50.63	10.065 779 61			
22	9	1	46.293	17	44	33.76	10.127 853 74	6	9	25	4.756	16	4	42.28	10.059 002 68			
23	9	2	16.864	17	42	28.43	10.131 710 96	7	9	25	33.482	16	2	34.38	10.052 004 14			
24	9	2	47.491	17	40	22.62	10.135 333 16	8	9	26	2.066	16	0	26.95	10.044 785 24			
25	9	3	18.166	17	38	16.34	10.138 719 47	9	9	26	30.507	15	58	19.99	10.037 347 13			
26	9	3	48.885	17	36	9.62	10.141 869 11	10	9	26	58.804	15	56	13.49	10.029 690 89			
27	9	4	19.643	17	34	2.46	10.144 781 42	11	9	27	26.956	15	54	7.49	10.021 817 55			
28	9	4	50.434	17	31	54.89	10.147 455 87	12	9	27	54.959	15	52	2.00	10.013 728 13			
29	9	5	21.256	17	29	46.90	10.149 891 98	13	9	28	22.810	15	49	57.07	10.005 423 73			
30	9	5	52.104	17	27	38.52	10.152 089 40	14	9	28	50.504	15	47	52.73	9.996 905 49			
31	9	6	22.976	17	25	29.76	10.154 047 83	15	9	29	18.034	15	45	49.01	9.988 174 71			
<b> Août</b>	1	9	6	53.867	17	23	20.64	10.155 767 10	16	9	29	45.394	15	43	45.96	9.979 232 76		
2	9	7	24.775	17	21	11.16	10.157 247 06	17	9	30	12.578	15	41	43.60	9.970 081 16			
3	9	7	55.696	17	19	1.36	10.158 487 66	18	9	30	39.581	15	39	41.97	9.960 721 53			
4	9	8	26.627	17	16	51.26	10.159 488 93	19	9	31	6.397	15	37	41.08	9.951 155 61			
5	9	8	57.563	17	14	40.87	10.160 250 94	20	9	31	33.023	15	35	40.97	9.941 385 26			
6	9	9	28.500	17	12	30.24	10.160 773 84	21	9	31	59.452	15	33	41.64	9.931 412 44			
7	9	9	59.433	17	10	19.39	10.161 057 77	22	9	32	25.683	15	31	43.13	9.921 239 21			
8	9	10	30.356	17	8	8.34	10.161 102 93	23	9	32	51.710	15	29	45.46	9.910 867 73			
9	9	11	1.262	17	5	57.12	10.160 909 45	24	9	33	17.532	15	27	48.64	9.900 300 29			
10	9	11	32.147	17	3	45.74	10.160 477 44	25	9	33	43.143	15	25	52.71	9.889 539 22			
11	9	12	3.007	17	1	34.21	10.159 806 90	26	9	34	8.541	15	23	57.68	9.878 586 98			
12	9	12	33.839	16	59	22.53	10.158 897 73	27	9	34	33.722	15	22	3.60	9.867 446 09			
13	9	13	6.441	16	57	10.70	10.157 749 76	28	9	34	58.682	15	20	10.49	9.856 119 15			
14	9	13	35.414	16	54	58.73	10.156 362 77	29	9	35	23.417	15	18	18.38	9.844 608 82			
15	9	14	6.154	16	52	46.63	10.154 736 54	30	9	35	47.920	15	16	27.31	9.832 917 82			
16	9	14	36.859	16	50	34.43	10.152 870 85	<b> Oct.</b>	1	9	36	12.188	15	14	37.31	9.821 048 91		
17	9	15	7.524	16	48	22.17	10.150 765 56	2	9	36	36.214	15	12	48.42	9.809 004 88			

## SATURNE 2006 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	9	36	59.994	15	11	0.66	9.796 788 53	Nov.	18	9	49	40.331	14	15	39.20	9.102 217 59	
	4	9	37	23.521	15	9	14.07	9.784 402 61		19	9	49	48.209	14	15	11.31	9.085 659 28	
	5	9	37	46.791	15	7	28.64	9.771 849 86		20	9	49	55.671	14	14	45.60	9.069 108 79	
	6	9	38	9.803	15	5	44.39	9.759 132 91		21	9	50	2.715	14	14	22.09	9.052 571 28	
	7	9	38	32.555	15	4	1.34	9.746 254 33		22	9	50	9.337	14	14	0.79	9.036 051 98	
	8	9	38	55.045	15	2	19.47	9.733 216 59		23	9	50	15.536	14	13	41.72	9.019 556 17	
	9	9	39	17.273	15	0	38.83	9.720 022 14		24	9	50	21.309	14	13	24.90	9.003 089 13	
	10	9	39	39.234	14	58	59.44	9.706 673 44		25	9	50	26.653	14	13	10.35	8.986 656 15	
	11	9	40	0.924	14	57	21.35	9.693 173 02		26	9	50	31.564	14	12	58.08	8.970 262 49	
	12	9	40	22.337	14	55	44.58	9.679 523 48		27	9	50	36.042	14	12	48.08	8.953 913 37	
	13	9	40	43.466	14	54	9.20	9.665 727 58		28	9	50	40.083	14	12	40.37	8.937 613 96	
	14	9	41	4.306	14	52	35.21	9.651 788 19		29	9	50	43.689	14	12	34.94	8.921 369 35	
	15	9	41	24.851	14	51	2.67	9.637 708 30		30	9	50	46.859	14	12	31.76	8.905 184 52	
	16	9	41	45.095	14	49	31.59	9.623 491 06		Déc.	1	9	50	49.596	14	12	30.83	8.889 064 38
	17	9	42	5.035	14	48	1.99	9.609 139 71			2	9	50	51.901	14	12	32.14	8.873 013 73
	18	9	42	24.665	14	46	33.90	9.594 657 60			3	9	50	53.776	14	12	35.68	8.857 037 32
	19	9	42	43.982	14	45	7.35	9.580 048 19			4	9	50	55.221	14	12	41.46	8.841 139 82
20	9	43	2.983	14	43	42.34	9.565 315 07	5	9		50	56.236	14	12	49.48	8.825 325 91		
21	9	43	21.665	14	42	18.91	9.550 461 88	6	9		50	56.818	14	12	59.77	8.809 600 30		
22	9	43	40.023	14	40	57.07	9.535 492 41	7	9		50	56.965	14	13	12.33	8.793 967 76		
23	9	43	58.056	14	39	36.86	9.520 410 51	8	9	50	56.676	14	13	27.17	8.778 433 12			
24	9	44	15.759	14	38	18.29	9.505 220 12	9	9	50	55.948	14	13	44.29	8.763 001 33			
25	9	44	33.129	14	37	1.40	9.489 925 25	10	9	50	54.781	14	14	3.68	8.747 677 40			
26	9	44	50.162	14	35	46.22	9.474 530 01	11	9	50	53.175	14	14	25.34	8.732 466 41			
27	9	45	6.853	14	34	32.78	9.459 038 53	12	9	50	51.132	14	14	49.24	8.717 373 53			
28	9	45	23.197	14	33	21.12	9.443 454 99	13	9	50	48.652	14	15	15.38	8.702 403 94			
29	9	45	39.190	14	32	11.25	9.427 783 60	14	9	50	45.738	14	15	43.74	8.687 562 89			
30	9	45	54.827	14	31	3.22	9.412 028 57	15	9	50	42.392	14	16	14.31	8.672 855 64			
31	9	46	10.103	14	29	57.03	9.396 194 11	16	9	50	38.616	14	16	47.07	8.658 287 49			
Nov.	1	9	46	25.014	14	28	52.70	9.380 284 37	17	9	50	34.413	14	17	22.00	8.643 863 75		
	2	9	46	39.558	14	27	50.25	9.364 303 46	18	9	50	29.784	14	17	59.11	8.629 589 75		
	3	9	46	53.733	14	26	49.67	9.348 255 43	19	9	50	24.733	14	18	38.36	8.615 470 83		
	4	9	47	7.539	14	25	50.97	9.332 144 22	20	9	50	19.261	14	19	19.76	8.601 512 30		
	5	9	47	20.976	14	24	54.15	9.315 973 72	21	9	50	13.370	14	20	3.30	8.587 719 48		
	6	9	47	34.041	14	23	59.24	9.299 747 79	22	9	50	7.061	14	20	48.96	8.574 097 60		
	7	9	47	46.733	14	23	6.27	9.283 470 30	23	9	50	0.336	14	21	36.72	8.560 651 86		
	8	9	47	59.045	14	22	15.28	9.267 145 18	24	9	49	53.197	14	22	26.56	8.547 387 32		
	9	9	48	10.973	14	21	26.29	9.250 776 45	25	9	49	45.647	14	23	18.46	8.534 308 92		
	10	9	48	22.512	14	20	39.33	9.234 368 24	26	9	49	37.691	14	24	12.37	8.521 421 46		
	11	9	48	33.656	14	19	54.44	9.217 924 83	27	9	49	29.334	14	25	8.25	8.508 729 57		
	12	9	48	44.401	14	19	11.63	9.201 450 60	28	9	49	20.582	14	26	6.05	8.496 237 74		
	13	9	48	54.744	14	18	30.91	9.184 950 08	29	9	49	11.443	14	27	5.74	8.483 950 31		
	14	9	49	4.681	14	17	52.31	9.168 427 86	30	9	49	1.924	14	28	7.27	8.471 871 48		
	15	9	49	14.210	14	17	15.82	9.151 888 67	31	9	48	52.030	14	29	10.62	8.460 005 33		
	16	9	49	23.329	14	16	41.47	9.135 337 29	32	9	48	41.765	14	30	15.76	8.448 355 88		
	17	9	49	32.037	14	16	9.26	9.118 778 61	33	9	48	31.135	14	31	22.67	8.436 927 07		



## URANUS 2006 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 38 35.624	- 9 23 6.96	20.574 202 8	Févr.	15	22 46 51.890	- 8 32 26.76	21.034 428 8
	1	22 38 43.801	- 9 22 16.28	20.588 883 0		16	22 47 4.507	- 8 31 9.87	21.038 613 4
	2	22 38 52.126	- 9 21 24.73	20.603 404 4		17	22 47 17.159	- 8 29 52.76	21.042 523 4
	3	22 39 0.595	- 9 20 32.35	20.617 762 5		18	22 47 29.846	- 8 28 35.44	21.046 157 7
	4	22 39 9.206	- 9 19 39.12	20.631 953 1		19	22 47 42.566	- 8 27 17.93	21.049 515 5
	5	22 39 17.957	- 9 18 45.06	20.645 972 3		20	22 47 55.317	- 8 26 0.23	21.052 595 9
	6	22 39 26.848	- 9 17 50.16	20.659 816 2		21	22 48 8.098	- 8 24 42.35	21.055 397 9
	7	22 39 35.879	- 9 16 54.43	20.673 481 1		22	22 48 20.905	- 8 23 24.32	21.057 920 8
	8	22 39 45.049	- 9 15 57.87	20.686 963 5		23	22 48 33.735	- 8 22 6.16	21.060 163 7
	9	22 39 54.357	- 9 15 0.50	20.700 260 0		24	22 48 46.586	- 8 20 47.89	21.062 125 9
	10	22 40 3.800	- 9 14 2.33	20.713 367 2		25	22 48 59.451	- 8 19 29.55	21.063 806 5
	11	22 40 13.375	- 9 13 3.39	20.726 282 0		26	22 49 12.326	- 8 18 11.16	21.065 205 1
	12	22 40 23.080	- 9 12 3.69	20.739 001 2		27	22 49 25.207	- 8 16 52.75	21.066 321 2
	13	22 40 32.912	- 9 11 3.26	20.751 521 5		28	22 49 38.089	- 8 15 34.33	21.067 154 3
14	22 40 42.865	- 9 10 2.12	20.763 839 9	Mars 1	22 49 50.970	- 8 14 15.91	21.067 704 6		
15	22 40 52.938	- 9 9 0.28	20.775 953 3	2	22 50 3.851	- 8 12 57.48	21.067 972 0		
16	22 41 3.128	- 9 7 57.75	20.787 858 7	3	22 50 16.731	- 8 11 39.06	21.067 957 0		
17	22 41 13.431	- 9 6 54.56	20.799 552 8	4	22 50 29.608	- 8 10 20.66	21.067 660 0		
18	22 41 23.846	- 9 5 50.71	20.811 032 8	5	22 50 42.481	- 8 9 2.29	21.067 081 8		
19	22 41 34.371	- 9 4 46.20	20.822 295 5	6	22 50 55.346	- 8 7 43.97	21.066 223 0		
20	22 41 45.005	- 9 3 41.04	20.833 338 0	7	22 51 8.200	- 8 6 25.74	21.065 084 6		
21	22 41 55.746	- 9 2 35.24	20.844 157 2	8	22 51 21.038	- 8 5 7.62	21.063 667 4		
22	22 42 6.593	- 9 1 28.81	20.854 750 1	9	22 51 33.857	- 8 3 49.63	21.061 972 3		
23	22 42 17.545	- 9 0 21.75	20.865 113 8	10	22 51 46.654	- 8 2 31.80	21.060 000 2		
24	22 42 28.601	- 8 59 14.07	20.875 245 3	11	22 51 59.424	- 8 1 14.13	21.057 752 2		
25	22 42 39.758	- 8 58 5.79	20.885 141 6	12	22 52 12.166	- 7 59 56.66	21.055 229 2		
26	22 42 51.015	- 8 56 56.93	20.894 799 9	13	22 52 24.876	- 7 58 39.38	21.052 432 2		
27	22 43 2.368	- 8 55 47.50	20.904 217 1	14	22 52 37.553	- 7 57 22.31	21.049 362 2		
28	22 43 13.812	- 8 54 37.55	20.913 390 5	15	22 52 50.194	- 7 56 5.47	21.046 020 3		
29	22 43 25.342	- 8 53 27.09	20.922 317 2	16	22 53 2.798	- 7 54 48.85	21.042 407 6		
30	22 43 36.953	- 8 52 16.16	20.930 994 6	17	22 53 15.365	- 7 53 32.46	21.038 525 2		
Févr.	31	22 43 48.642	- 8 51 4.77	20.939 420 2	18	22 53 27.892	- 7 52 16.31	21.034 374 0	
	1	22 44 0.405	- 8 49 52.93	20.947 591 7	19	22 53 40.378	- 7 51 0.42	21.029 955 3	
	2	22 44 12.243	- 8 48 40.65	20.955 507 2	20	22 53 52.822	- 7 49 44.80	21.025 270 0	
	3	22 44 24.153	- 8 47 27.92	20.963 164 7	21	22 54 5.221	- 7 48 29.46	21.020 319 5	
	4	22 44 36.135	- 8 46 14.75	20.970 562 6	22	22 54 17.572	- 7 47 14.43	21.015 104 7	
	5	22 44 48.188	- 8 45 1.15	20.977 699 4	23	22 54 29.872	- 7 45 59.72	21.009 627 0	
	6	22 45 0.309	- 8 43 47.16	20.984 573 6	24	22 54 42.117	- 7 44 45.37	21.003 887 5	
	7	22 45 12.496	- 8 42 32.78	20.991 184 0	25	22 54 54.302	- 7 43 31.40	20.997 887 6	
	8	22 45 24.743	- 8 41 18.05	20.997 529 4	26	22 55 6.424	- 7 42 17.84	20.991 628 8	
	9	22 45 37.048	- 8 40 2.99	21.003 608 4	27	22 55 18.477	- 7 41 4.71	20.985 112 5	
	10	22 45 49.407	- 8 38 47.62	21.009 420 1	28	22 55 30.460	- 7 39 52.00	20.978 340 5	
	11	22 46 1.815	- 8 37 31.96	21.014 963 2	29	22 55 42.373	- 7 38 39.74	20.971 314 7	
	12	22 46 14.271	- 8 36 16.03	21.020 236 6	30	22 55 54.213	- 7 37 27.91	20.964 037 3	
	13	22 46 26.770	- 8 34 59.85	21.025 239 4	31	22 56 5.982	- 7 36 16.52	20.956 510 5	
14	22 46 39.310	- 8 33 43.42	21.029 970 5	Avril 1	22 56 17.678	- 7 35 5.59	20.948 736 9		

## URANUS 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua
<b>Avril</b>	2	22	56	29.299	-	7	33	55.14	20.940	719	1				
	3	22	56	40.841	-	7	32	45.19	20.932	459	7				
	4	22	56	52.301	-	7	31	35.77	20.923	961	4				
	5	22	57	3.675	-	7	30	26.90	20.915	227	0				
	6	22	57	14.959	-	7	29	18.60	20.906	259	3				
	7	22	57	26.150	-	7	28	10.88	20.897	060	9				
	8	22	57	37.246	-	7	27	3.77	20.887	634	7				
	9	22	57	48.245	-	7	25	57.27	20.877	983	5				
	10	22	57	59.145	-	7	24	51.40	20.868	109	9				
	11	22	58	9.944	-	7	23	46.15	20.858	016	8				
	12	22	58	20.641	-	7	22	41.54	20.847	706	9				
	13	22	58	31.236	-	7	21	37.56	20.837	183	1				
	14	22	58	41.728	-	7	20	34.23	20.826	448	0				
	15	22	58	52.115	-	7	19	31.56	20.815	504	5				
	16	22	59	2.397	-	7	18	29.54	20.804	355	2				
	17	22	59	12.571	-	7	17	28.21	20.793	003	1				
18	22	59	22.636	-	7	16	27.56	20.781	450	7					
19	22	59	32.589	-	7	15	27.63	20.769	700	9					
20	22	59	42.425	-	7	14	28.44	20.757	756	5					
21	22	59	52.142	-	7	13	30.00	20.745	620	3					
22	23	0	1.735	-	7	12	32.35	20.733	295	5					
23	23	0	11.202	-	7	11	35.50	20.720	784	9					
24	23	0	20.540	-	7	10	39.45	20.708	091	8					
25	23	0	29.747	-	7	9	44.21	20.695	219	5					
26	23	0	38.825	-	7	8	49.78	20.682	171	6					
27	23	0	47.773	-	7	7	56.17	20.668	951	8					
28	23	0	56.591	-	7	7	3.36	20.655	563	8					
29	23	1	5.277	-	7	6	11.39	20.642	011	6					
30	23	1	13.830	-	7	5	20.26	20.628	299	4					
<b>Mai</b>	1	23	1	22.246	-	7	4	30.00	20.614	431	1				
2	23	1	30.523	-	7	3	40.63	20.600	411	0					
3	23	1	38.656	-	7	2	52.17	20.586	243	2					
4	23	1	46.643	-	7	2	4.64	20.571	931	8					
5	23	1	54.483	-	7	1	18.04	20.557	480	8					
6	23	2	2.173	-	7	0	32.39	20.542	894	4					
7	23	2	9.712	-	6	59	47.68	20.528	176	5					
8	23	2	17.100	-	6	59	3.93	20.513	331	3					
9	23	2	24.336	-	6	58	21.13	20.498	362	7					
10	23	2	31.419	-	6	57	39.28	20.483	274	7					
11	23	2	38.350	-	6	56	58.38	20.468	071	3					
12	23	2	45.129	-	6	56	18.44	20.452	756	4					
13	23	2	51.755	-	6	55	39.46	20.437	333	9					
14	23	2	58.227	-	6	55	1.45	20.421	807	7					
15	23	3	4.544	-	6	54	24.42	20.406	181	8					
16	23	3	10.705	-	6	53	48.37	20.390	459	8					
17	23	3	16.705	-	6	53	13.35	20.374	645	7					
<b>Mai</b>	18	23	3	22.542	-	6	52	39.35	20.358	743	4				
19	23	3	28.214	-	6	52	6.40	20.342	756	8					
20	23	3	33.717	-	6	51	34.51	20.326	690	0					
21	23	3	39.051	-	6	51	3.68	20.310	547	2					
22	23	3	44.214	-	6	50	33.92	20.294	332	5					
23	23	3	49.207	-	6	50	5.21	20.278	050	4					
24	23	3	54.032	-	6	49	37.56	20.261	705	4					
25	23	3	58.688	-	6	49	10.97	20.245	302	3					
26	23	4	3.175	-	6	48	45.43	20.228	845	7					
27	23	4	7.494	-	6	48	20.95	20.212	340	6					
28	23	4	11.641	-	6	47	57.56	20.195	791	8					
29	23	4	15.615	-	6	47	35.26	20.179	204	3					
30	23	4	19.413	-	6	47	14.08	20.162	583	0					
31	23	4	23.034	-	6	46	54.01	20.145	932	8					
<b>Juin</b>	1	23	4	26.475	-	6	46	35.08	20.129	258	6				
2	23	4	29.736	-	6	46	17.27	20.112	565	0					
3	23	4	32.817	-	6	46	0.60	20.095	856	9					
4	23	4	35.718	-	6	45	45.05	20.079	139	0					
5	23	4	38.439	-	6	45	30.62	20.062	415	8					
6	23	4	40.981	-	6	45	17.30	20.045	692	1					
7	23	4	43.345	-	6	45	5.10	20.028	972	3					
8	23	4	45.531	-	6	44	54.00	20.012	261	1					
9	23	4	47.542	-	6	44	43.99	19.995	562	7					
10	23	4	49.376	-	6	44	35.09	19.978	881	7					
11	23	4	51.035	-	6	44	27.28	19.962	222	4					
12	23	4	52.517	-	6	44	20.58	19.945	589	0					
13	23	4	53.821	-	6	44	14.99	19.928	985	9					
14	23	4	54.945	-	6	44	10.53	19.912	417	3					
15	23	4	55.887	-	6	44	7.21	19.895	887	4					
16	23	4	56.645	-	6	44	5.04	19.879	400	7					
17	23	4	57.219	-	6	44	4.01	19.862	961	6					
18	23	4	57.609	-	6	44	4.12	19.846	574	4					
19	23	4	57.818	-	6	44	5.35	19.830	244	0					
20	23	4	57.846	-	6	44	7.69	19.813	975	1					
21	23	4	57.695	-	6	44	11.14	19.797	772	4					
22	23	4	57.368	-	6	44	15.67	19.781	640	9					
23	23	4	56.865	-	6	44	21.30	19.765	585	5					
24	23	4	56.185	-	6	44	28.04	19.749	611	3					
25	23	4	55.327	-	6	44	35.87	19.733	723	2					
26	23	4	54.292	-	6	44	44.82	19.717	926	2					
27	23	4	53.077	-	6	44	54.88	19.702	225	3					
28	23	4	51.682	-	6	45	6.06	19.686	625	2					
29	23	4	50.109	-	6	45	18.34	19.671	130	7					
30	23	4	48.357	-	6	45	31.73	19.655	746	5					
<b>Juill.</b>	1	23	4	46.428	-	6	45	46.20	19.640	477	3				
2	23	4	44.323	-	6	46	1.75	19.625	327	5					

## URANUS 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite			déclinaison			distance	Date	asc. droite			déclinaison			distance		
	h	m	s	°	'	"	ua		h	m	s	°	'	"	ua		
<b>Juill.</b>	3	23	4	42.046	- 6	46	18.35	19.610 301 6	<b>Août</b>	18	23	0	19.166	- 7	14	53.16	19.120 713 2
	4	23	4	39.597	- 6	46	36.01	19.595 404 0		19	23	0	10.860	- 7	15	45.48	19.115 723 4
	5	23	4	36.980	- 6	46	54.69	19.580 638 9		20	23	0	2.487	- 7	16	38.15	19.111 016 9
	6	23	4	34.196	- 6	47	14.38	19.566 010 6		21	22	59	54.051	- 7	17	31.17	19.106 595 8
	7	23	4	31.248	- 6	47	35.08	19.551 523 1		22	22	59	45.555	- 7	18	24.51	19.102 461 9
	8	23	4	28.138	- 6	47	56.77	19.537 180 6		23	22	59	37.000	- 7	19	18.16	19.098 617 1
	9	23	4	24.866	- 6	48	19.44	19.522 986 9		24	22	59	28.391	- 7	20	12.07	19.095 062 7
	10	23	4	21.433	- 6	48	43.11	19.508 945 9		25	22	59	19.733	- 7	21	6.23	19.091 800 4
	11	23	4	17.838	- 6	49	7.76	19.495 061 4		26	22	59	11.029	- 7	22	0.61	19.088 831 3
	12	23	4	14.081	- 6	49	33.41	19.481 337 2		27	22	59	2.286	- 7	22	55.16	19.086 156 6
	13	23	4	10.160	- 6	50	0.06	19.467 777 1		28	22	58	53.506	- 7	23	49.87	19.083 777 2
	14	23	4	6.078	- 6	50	27.69	19.454 384 9		29	22	58	44.696	- 7	24	44.70	19.081 694 1
15	23	4	1.834	- 6	50	56.28	19.441 164 4	30	22	58	35.859	- 7	25	39.63	19.079 907 8		
16	23	3	57.433	- 6	51	25.83	19.428 119 8	31	22	58	27.000	- 7	26	34.63	19.078 419 0		
17	23	3	52.878	- 6	51	56.29	19.415 255 0	<b>Sept.</b>	1	22	58	18.124	- 7	27	29.67	19.077 228 1	
18	23	3	48.172	- 6	52	27.66	19.402 574 2	2	22	58	9.232	- 7	28	24.75	19.076 335 3		
19	23	3	43.318	- 6	52	59.92	19.390 081 6	3	22	58	0.329	- 7	29	19.84	19.075 740 9		
20	23	3	38.319	- 6	53	33.05	19.377 781 4	4	22	57	51.417	- 7	30	14.94	19.075 444 7		
21	23	3	33.176	- 6	54	7.05	19.365 677 7	5	22	57	42.496	- 7	31	10.03	19.075 446 9		
22	23	3	27.889	- 6	54	41.91	19.353 774 7	6	22	57	33.569	- 7	32	5.10	19.075 747 1		
23	23	3	22.460	- 6	55	17.64	19.342 076 6	7	22	57	24.638	- 7	33	0.12	19.076 345 4		
24	23	3	16.889	- 6	55	54.22	19.330 587 2	8	22	57	15.707	- 7	33	55.08	19.077 241 6		
25	23	3	11.177	- 6	56	31.64	19.319 310 5	9	22	57	6.781	- 7	34	49.92	19.078 435 5		
26	23	3	5.326	- 6	57	9.90	19.308 250 4	10	22	56	57.867	- 7	35	44.63	19.079 927 2		
27	23	2	59.338	- 6	57	48.97	19.297 410 4	11	22	56	48.969	- 7	36	39.16	19.081 716 7		
28	23	2	53.216	- 6	58	28.84	19.286 794 3	12	22	56	40.094	- 7	37	33.49	19.083 803 9		
29	23	2	46.963	- 6	59	9.47	19.276 405 4	13	22	56	31.243	- 7	38	27.60	19.086 188 9		
30	23	2	40.582	- 6	59	50.86	19.266 247 0	14	22	56	22.421	- 7	39	21.49	19.088 871 5		
31	23	2	34.078	- 7	0	32.96	19.256 322 5	15	22	56	13.628	- 7	40	15.13	19.091 851 4		
<b>Août</b>	1	23	2	27.453	- 7	1	15.76	19.246 634 8	16	22	56	4.868	- 7	41	8.53	19.095 128 4	
2	23	2	20.712	- 7	1	59.24	19.237 186 9	17	22	55	56.143	- 7	42	1.65	19.098 701 9		
3	23	2	13.858	- 7	2	43.36	19.227 981 8	18	22	55	47.456	- 7	42	54.49	19.102 571 1		
4	23	2	6.896	- 7	3	28.12	19.219 022 1	19	22	55	38.811	- 7	43	47.01	19.106 735 4		
5	23	1	59.826	- 7	4	13.50	19.210 310 6	20	22	55	30.210	- 7	44	39.19	19.111 193 6		
6	23	1	52.652	- 7	4	59.48	19.201 849 6	21	22	55	21.659	- 7	45	31.01	19.115 944 8		
7	23	1	45.376	- 7	5	46.05	19.193 641 6	22	22	55	13.162	- 7	46	22.42	19.120 987 4		
8	23	1	37.998	- 7	6	33.22	19.185 689 0	23	22	55	4.724	- 7	47	13.41	19.126 320 2		
9	23	1	30.518	- 7	7	20.96	19.177 993 9	24	22	54	56.349	- 7	48	3.94	19.131 941 5		
10	23	1	22.939	- 7	8	9.28	19.170 558 6	25	22	54	48.043	- 7	48	53.99	19.137 849 6		
11	23	1	15.262	- 7	8	58.15	19.163 385 4	26	22	54	39.809	- 7	49	43.53	19.144 042 5		
12	23	1	7.491	- 7	9	47.53	19.156 476 7	27	22	54	31.653	- 7	50	32.53	19.150 518 2		
13	23	0	59.632	- 7	10	37.41	19.149 834 7	28	22	54	23.578	- 7	51	20.97	19.157 274 6		
14	23	0	51.690	- 7	11	27.73	19.143 462 0	29	22	54	15.587	- 7	52	8.85	19.164 309 4		
15	23	0	43.669	- 7	12	18.49	19.137 361 1	30	22	54	7.683	- 7	52	56.14	19.171 620 0		
16	23	0	35.573	- 7	13	9.65	19.131 534 4	<b>Oct.</b>	1	22	53	59.868	- 7	53	42.84	19.179 204 1	
17	23	0	27.404	- 7	14	1.21	19.125 984 3	2	22	53	52.144	- 7	54	28.93	19.187 058 9		

## URANUS 2006 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	22	53	44.512	- 7	55	14.41	19.195 181 8	Nov.	18	22	50	22.059	- 8	14	15.44	19.802 302 9	
	4	22	53	36.974	- 7	55	59.26	19.203 570 1		19	22	50	21.656	- 8	14	15.31	19.819 034 6	
	5	22	53	29.533	- 7	56	43.45	19.212 221 0		20	22	50	21.447	- 8	14	14.00	19.835 841 2	
	6	22	53	22.193	- 7	57	26.97	19.221 131 8		21	22	50	21.433	- 8	14	11.49	19.852 717 4	
	7	22	53	14.958	- 7	58	9.78	19.230 299 8		22	22	50	21.615	- 8	14	7.78	19.869 657 7	
	8	22	53	7.835	- 7	58	51.85	19.239 722 4		23	22	50	21.991	- 8	14	2.89	19.886 656 5	
	9	22	53	0.827	- 7	59	33.16	19.249 397 2		24	22	50	22.561	- 8	13	56.82	19.903 708 2	
	10	22	52	53.939	- 8	0	13.68	19.259 321 5		25	22	50	23.324	- 8	13	49.58	19.920 807 3	
	11	22	52	47.173	- 8	0	53.42	19.269 492 8		26	22	50	24.279	- 8	13	41.17	19.937 948 2	
	12	22	52	40.530	- 8	1	32.37	19.279 908 3		27	22	50	25.423	- 8	13	31.61	19.955 125 5	
	13	22	52	34.011	- 8	2	10.53	19.290 565 3		28	22	50	26.756	- 8	13	20.90	19.972 333 6	
	14	22	52	27.617	- 8	2	47.89	19.301 460 9		29	22	50	28.278	- 8	13	9.03	19.989 567 3	
	15	22	52	21.351	- 8	3	24.42	19.312 591 9		30	22	50	29.990	- 8	12	56.00	20.006 821 1	
	16	22	52	15.215	- 8	4	0.13	19.323 955 2		Déc.	1	22	50	31.894	- 8	12	41.78	20.024 090 1
	17	22	52	9.211	- 8	4	34.98	19.335 547 3			2	22	50	33.990	- 8	12	26.39	20.041 369 0
	18	22	52	3.343	- 8	5	8.96	19.347 364 9			3	22	50	36.281	- 8	12	9.81	20.058 653 1
	19	22	51	57.615	- 8	5	42.05	19.359 404 2			4	22	50	38.766	- 8	11	52.05	20.075 937 4
20	22	51	52.030	- 8	6	14.21	19.371 661 4	5	22		50	41.444	- 8	11	33.13	20.093 217 3		
21	22	51	46.591	- 8	6	45.44	19.384 132 8	6	22		50	44.313	- 8	11	13.05	20.110 487 8		
22	22	51	41.302	- 8	7	15.70	19.396 814 4	7	22		50	47.371	- 8	10	51.84	20.127 744 4		
23	22	51	36.168	- 8	7	44.99	19.409 701 9	8	22	50	50.615	- 8	10	29.51	20.144 982 0			
24	22	51	31.190	- 8	8	13.28	19.422 791 1	9	22	50	54.044	- 8	10	6.07	20.162 196 0			
25	22	51	26.371	- 8	8	40.56	19.436 077 8	10	22	50	57.656	- 8	9	41.52	20.179 381 2			
26	22	51	21.714	- 8	9	6.83	19.449 557 4	11	22	51	1.451	- 8	9	15.86	20.196 532 8			
27	22	51	17.220	- 8	9	32.08	19.463 225 5	12	22	51	5.430	- 8	8	49.08	20.213 645 7			
28	22	51	12.890	- 8	9	56.30	19.477 077 4	13	22	51	9.592	- 8	8	21.19	20.230 714 8			
29	22	51	8.723	- 8	10	19.50	19.491 108 5	14	22	51	13.937	- 8	7	52.18	20.247 734 9			
30	22	51	4.721	- 8	10	41.68	19.505 314 0	15	22	51	18.466	- 8	7	22.05	20.264 701 0			
31	22	51	0.884	- 8	11	2.82	19.519 689 3	16	22	51	23.180	- 8	6	50.79	20.281 607 9			
Nov.	1	22	50	57.213	- 8	11	22.93	19.534 229 8	17	22	51	28.077	- 8	6	18.42	20.298 450 4		
	2	22	50	53.710	- 8	11	41.98	19.548 930 6	18	22	51	33.157	- 8	5	44.94	20.315 223 2		
	3	22	50	50.378	- 8	11	59.95	19.563 787 3	19	22	51	38.420	- 8	5	10.36	20.331 921 1		
	4	22	50	47.220	- 8	12	16.82	19.578 795 4	20	22	51	43.864	- 8	4	34.68	20.348 539 0		
	5	22	50	44.240	- 8	12	32.58	19.593 950 4	21	22	51	49.487	- 8	3	57.94	20.365 071 5		
	6	22	50	41.441	- 8	12	47.22	19.609 248 0	22	22	51	55.285	- 8	3	20.13	20.381 513 6		
	7	22	50	38.824	- 8	13	0.73	19.624 683 8	23	22	52	1.255	- 8	2	41.30	20.397 860 0		
	8	22	50	36.388	- 8	13	13.13	19.640 253 6	24	22	52	7.395	- 8	2	1.44	20.414 105 7		
	9	22	50	34.134	- 8	13	24.41	19.655 953 0	25	22	52	13.701	- 8	1	20.57	20.430 245 7		
	10	22	50	32.060	- 8	13	34.59	19.671 777 4	26	22	52	20.173	- 8	0	38.70	20.446 275 3		
	11	22	50	30.167	- 8	13	43.66	19.687 722 2	27	22	52	26.810	- 7	59	55.83	20.462 189 6		
	12	22	50	28.455	- 8	13	51.62	19.703 782 9	28	22	52	33.612	- 7	59	11.95	20.477 984 3		
	13	22	50	26.925	- 8	13	58.46	19.719 954 5	29	22	52	40.578	- 7	58	27.07	20.493 655 0		
	14	22	50	25.578	- 8	14	4.17	19.736 232 2	30	22	52	47.708	- 7	57	41.19	20.509 197 3		
	15	22	50	24.416	- 8	14	8.73	19.752 611 1	31	22	52	55.003	- 7	56	54.32	20.524 607 2		
	16	22	50	23.441	- 8	14	12.14	19.769 085 9	32	22	53	2.458	- 7	56	6.48	20.539 880 7		
	17	22	50	22.654	- 8	14	14.38	19.785 651 6	33	22	53	10.072	- 7	55	17.69	20.555 013 9		

## NEPTUNE 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua
Janv.	0 21 13 48.993	-16 12 27.36	30.842 374 9	Févr.	15 21 20 27.460	-15 42 38.08	31.033 427 4
	1 21 13 56.675	-16 11 53.35	30.852 578 2		16 21 20 36.403	-15 41 57.42	31.030 890 8
	2 21 14 4.428	-16 11 19.02	30.862 540 2		17 21 20 45.326	-15 41 16.83	31.028 069 3
	3 21 14 12.248	-16 10 44.38	30.872 258 1		18 21 20 54.226	-15 40 36.30	31.024 963 6
	4 21 14 20.133	-16 10 9.43	30.881 729 0		19 21 21 3.104	-15 39 55.84	31.021 574 5
	5 21 14 28.081	-16 9 34.15	30.890 950 4		20 21 21 11.958	-15 39 15.47	31.017 902 8
	6 21 14 36.093	-16 8 58.55	30.899 919 9		21 21 21 20.787	-15 38 35.19	31.013 949 4
	7 21 14 44.168	-16 8 22.63	30.908 635 3		22 21 21 29.589	-15 37 55.02	31.009 715 3
	8 21 14 52.307	-16 7 46.38	30.917 094 5		23 21 21 38.362	-15 37 14.98	31.005 201 3
	9 21 15 0.508	-16 7 9.83	30.925 295 4		24 21 21 47.103	-15 36 35.08	31.000 408 6
	10 21 15 8.770	-16 6 32.99	30.933 236 1		25 21 21 55.807	-15 35 55.36	30.995 338 4
	11 21 15 17.091	-16 5 55.88	30.940 914 9		26 21 22 4.469	-15 35 15.82	30.989 991 8
	12 21 15 25.466	-16 5 18.51	30.948 329 8		27 21 22 13.086	-15 34 36.48	30.984 370 5
	13 21 15 33.894	-16 4 40.90	30.955 479 2		28 21 22 21.655	-15 33 57.34	30.978 476 1
14 21 15 42.371	-16 4 3.07	30.962 361 1	Mars	1 21 22 30.175	-15 33 18.39	30.972 310 5	
15 21 15 50.893	-16 3 25.03	30.968 974 0		2 21 22 38.646	-15 32 39.63	30.965 875 8	
16 21 15 59.459	-16 2 46.77	30.975 315 9		3 21 22 47.069	-15 32 1.05	30.959 174 4	
17 21 16 8.066	-16 2 8.31	30.981 385 4		4 21 22 55.444	-15 31 22.66	30.952 208 7	
18 21 16 16.712	-16 1 29.65	30.987 180 7		5 21 23 3.769	-15 30 44.49	30.944 981 3	
19 21 16 25.395	-16 0 50.79	30.992 700 1		6 21 23 12.042	-15 30 6.54	30.937 494 7	
20 21 16 34.115	-16 0 11.73	30.997 942 0		7 21 23 20.261	-15 29 28.85	30.929 751 5	
21 21 16 42.871	-15 59 32.47	31.002 904 9		8 21 23 28.422	-15 28 51.43	30.921 754 4	
22 21 16 51.662	-15 58 53.02	31.007 587 2		9 21 23 36.523	-15 28 14.29	30.913 506 0	
23 21 17 0.488	-15 58 13.38	31.011 987 4		10 21 23 44.560	-15 27 37.44	30.905 009 0	
24 21 17 9.346	-15 57 33.56	31.016 104 1		11 21 23 52.532	-15 27 0.90	30.896 266 0	
25 21 17 18.236	-15 56 53.57	31.019 935 9	12 21 24 0.435	-15 26 24.66	30.887 279 6		
26 21 17 27.156	-15 56 13.44	31.023 481 3	13 21 24 8.268	-15 25 48.74	30.878 052 6		
27 21 17 36.103	-15 55 33.18	31.026 739 1	14 21 24 16.031	-15 25 13.12	30.868 587 7		
28 21 17 45.072	-15 54 52.81	31.029 708 2	15 21 24 23.721	-15 24 37.83	30.858 887 4		
29 21 17 54.060	-15 54 12.36	31.032 387 4	16 21 24 31.339	-15 24 2.84	30.848 954 7		
30 21 18 3.060	-15 53 31.85	31.034 775 9	17 21 24 38.884	-15 23 28.18	30.838 792 0		
Févr.	31 21 18 12.069	-15 52 51.26	31.036 873 0	18 21 24 46.355	-15 22 53.83	30.828 402 2	
	1 21 18 21.087	-15 52 10.61	31.038 678 4	19 21 24 53.752	-15 22 19.81	30.817 788 1	
	2 21 18 30.111	-15 51 29.87	31.040 191 8	20 21 25 1.075	-15 21 46.13	30.806 952 3	
	3 21 18 39.142	-15 50 49.06	31.041 413 3	21 21 25 8.321	-15 21 12.80	30.795 897 8	
	4 21 18 48.181	-15 50 8.18	31.042 343 0	22 21 25 15.489	-15 20 39.83	30.784 627 4	
	5 21 18 57.227	-15 49 27.24	31.042 981 1	23 21 25 22.577	-15 20 7.25	30.773 144 0	
	6 21 19 6.277	-15 48 46.25	31.043 328 1	24 21 25 29.580	-15 19 35.07	30.761 450 6	
	7 21 19 15.329	-15 48 5.24	31.043 384 3	25 21 25 36.496	-15 19 3.31	30.749 550 4	
	8 21 19 24.380	-15 47 24.22	31.043 150 1	26 21 25 43.320	-15 18 31.98	30.737 446 5	
	9 21 19 33.427	-15 46 43.22	31.042 626 2	27 21 25 50.050	-15 18 1.09	30.725 142 3	
	10 21 19 42.467	-15 46 2.24	31.041 812 9	28 21 25 56.685	-15 17 30.62	30.712 641 5	
	11 21 19 51.496	-15 45 21.31	31.040 710 9	29 21 26 3.224	-15 17 0.58	30.699 947 7	
	12 21 20 0.512	-15 44 40.42	31.039 320 8	30 21 26 9.669	-15 16 30.95	30.687 064 9	
	13 21 20 9.513	-15 43 59.58	31.037 643 1	31 21 26 16.020	-15 16 1.74	30.673 997 3	
14 21 20 18.496	-15 43 18.80	31.035 678 4	Avril	1 21 26 22.278	-15 15 32.95	30.660 748 8	

## NEPTUNE 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance	
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua	
<b>Avril</b>	2 21 26 28.441	-15 15 4.61	30.647 323 9	<b>Mai</b>	18 21 29 8.420	-15 3 8.48	29.912 939 6	
	3 21 26 34.508	-15 14 36.73	30.633 726 8		19 21 29 8.976	-15 3 6.93	29.896 143 9	
	4 21 26 40.474	-15 14 9.33	30.619 961 7		20 21 29 9.400	-15 3 6.02	29.879 386 8	
	5 21 26 46.339	-15 13 42.43	30.606 032 8		21 21 29 9.691	-15 3 5.74	29.862 673 1	
	6 21 26 52.098	-15 13 16.03	30.591 944 4		22 21 29 9.850	-15 3 6.09	29.846 007 6	
	7 21 26 57.751	-15 12 50.15	30.577 700 6		23 21 29 9.879	-15 3 7.04	29.829 395 2	
	8 21 27 3.296	-15 12 24.78	30.563 305 5		24 21 29 9.779	-15 3 8.58	29.812 841 0	
	9 21 27 8.731	-15 11 59.93	30.548 763 3		25 21 29 9.554	-15 3 10.72	29.796 349 9	
	10 21 27 14.055	-15 11 35.59	30.534 078 2		26 21 29 9.204	-15 3 13.44	29.779 927 2	
	11 21 27 19.269	-15 11 11.76	30.519 254 2		27 21 29 8.730	-15 3 16.77	29.763 577 9	
	12 21 27 24.372	-15 10 48.45	30.504 295 3		28 21 29 8.132	-15 3 20.70	29.747 307 1	
	13 21 27 29.364	-15 10 25.64	30.489 205 8		29 21 29 7.409	-15 3 25.25	29.731 119 8	
	14 21 27 34.246	-15 10 3.35	30.473 989 6		30 21 29 6.559	-15 3 30.43	29.715 020 9	
	15 21 27 39.018	-15 9 41.56	30.458 650 8		31 21 29 5.582	-15 3 36.23	29.699 015 4	
	16 21 27 43.680	-15 9 20.30	30.443 193 4		<b>Juin</b>	1 21 29 4.477	-15 3 42.65	29.683 107 8
	17 21 27 48.231	-15 8 59.56	30.427 621 4			2 21 29 3.245	-15 3 49.68	29.667 303 0
18 21 27 52.670	-15 8 39.36	30.411 939 0	3 21 29 1.887	-15 3 57.32		29.651 605 3		
19 21 27 56.994	-15 8 19.72	30.396 150 1	4 21 29 0.403	-15 4 5.55		29.636 019 4		
20 21 28 1.203	-15 8 0.65	30.380 259 0	5 21 28 58.796	-15 4 14.36		29.620 549 5		
21 21 28 5.292	-15 7 42.16	30.364 269 9	6 21 28 57.067	-15 4 23.74		29.605 200 0		
22 21 28 9.259	-15 7 24.26	30.348 187 0	7 21 28 55.218	-15 4 33.68	29.589 975 1			
23 21 28 13.102	-15 7 6.96	30.332 014 8	8 21 28 53.252	-15 4 44.17	29.574 878 9			
24 21 28 16.820	-15 6 50.24	30.315 757 9	9 21 28 51.170	-15 4 55.20	29.559 915 6			
25 21 28 20.414	-15 6 34.11	30.299 420 9	10 21 28 48.975	-15 5 6.77	29.545 089 1			
26 21 28 23.883	-15 6 18.54	30.283 008 6	11 21 28 46.666	-15 5 18.88	29.530 403 4			
27 21 28 27.230	-15 6 3.54	30.266 526 1	12 21 28 44.246	-15 5 31.54	29.515 862 3			
28 21 28 30.456	-15 5 49.10	30.249 978 4	13 21 28 41.712	-15 5 44.75	29.501 469 6			
29 21 28 33.561	-15 5 35.23	30.233 370 6	14 21 28 39.064	-15 5 58.53	29.487 229 3			
30 21 28 36.545	-15 5 21.96	30.216 707 8	15 21 28 36.302	-15 6 12.86	29.473 145 2			
<b>Mai</b>	1 21 28 39.405	-15 5 9.29	30.199 995 2	16 21 28 33.423	-15 6 27.75	29.459 221 2		
	2 21 28 42.140	-15 4 57.25	30.183 237 8	17 21 28 30.429	-15 6 43.18	29.445 461 4		
	3 21 28 44.747	-15 4 45.83	30.166 440 5	18 21 28 27.322	-15 6 59.13	29.431 869 8		
	4 21 28 47.226	-15 4 35.04	30.149 608 5	19 21 28 24.104	-15 7 15.59	29.418 450 5		
	5 21 28 49.574	-15 4 24.88	30.132 746 4	20 21 28 20.777	-15 7 32.54	29.405 207 7		
	6 21 28 51.792	-15 4 15.35	30.115 859 1	21 21 28 17.347	-15 7 49.97	29.392 145 8		
7 21 28 53.879	-15 4 6.44	30.098 951 5	22 21 28 13.814	-15 8 7.87	29.379 268 8			
8 21 28 55.836	-15 3 58.15	30.082 028 2	23 21 28 10.181	-15 8 26.25	29.366 581 1			
9 21 28 57.664	-15 3 50.47	30.065 093 8	24 21 28 6.449	-15 8 45.10	29.354 086 7			
10 21 28 59.364	-15 3 43.39	30.048 153 1	25 21 28 2.617	-15 9 4.43	29.341 789 6			
11 21 29 0.936	-15 3 36.91	30.031 210 6	26 21 27 58.686	-15 9 24.25	29.329 693 9			
12 21 29 2.382	-15 3 31.03	30.014 270 8	27 21 27 54.656	-15 9 44.54	29.317 803 4			
13 21 29 3.703	-15 3 25.74	29.997 338 3	28 21 27 50.528	-15 10 5.31	29.306 121 7			
14 21 29 4.898	-15 3 21.05	29.980 417 4	29 21 27 46.301	-15 10 26.55	29.294 652 5			
15 21 29 5.969	-15 3 16.97	29.963 512 7	30 21 27 41.978	-15 10 48.23	29.283 399 2			
16 21 29 6.914	-15 3 13.51	29.946 628 5	<b>Juill.</b>	1 21 27 37.562	-15 11 10.34	29.272 365 1		
17 21 29 7.732	-15 3 10.68	29.929 769 3		2 21 27 33.053	-15 11 32.87	29.261 553 5		

## NEPTUNE 2006 à 0h TT

## ASCENSION DROITE ET DÉCLINAISON APPARENTES, DISTANCE À LA TERRE

Équinoxe et équateur vrais de la date.

Date	asc. droite	déclinaison	distance	Date	asc. droite	déclinaison	distance
	h m s	° ' "	ua		h m s	° ' "	ua
<b>Juill.</b>	3 21 27 28.456	-15 11 55.80	29.250 967 3	<b>Août</b>	18 21 22 56.798	-15 33 57.77	29.047 541 2
	4 21 27 23.774	-15 12 19.11	29.240 609 7		19 21 22 50.420	-15 34 28.26	29.049 823 4
	5 21 27 19.008	-15 12 42.80	29.230 483 5		20 21 22 44.059	-15 34 58.67	29.052 399 0
	6 21 27 14.162	-15 13 6.84	29.220 591 5		21 21 22 37.717	-15 35 28.98	29.055 267 6
	7 21 27 9.239	-15 13 31.23	29.210 936 4		22 21 22 31.395	-15 35 59.19	29.058 428 6
	8 21 27 4.242	-15 13 55.97	29.201 520 7		23 21 22 25.094	-15 36 29.27	29.061 881 4
	9 21 26 59.171	-15 14 21.04	29.192 346 9		24 21 22 18.819	-15 36 59.21	29.065 624 8
	10 21 26 54.028	-15 14 46.47	29.183 417 4		25 21 22 12.572	-15 37 29.00	29.069 658 0
	11 21 26 48.813	-15 15 12.24	29.174 734 7		26 21 22 6.355	-15 37 58.60	29.073 979 7
	12 21 26 43.524	-15 15 38.37	29.166 301 0		27 21 22 0.174	-15 38 28.01	29.078 588 5
	13 21 26 38.163	-15 16 4.83	29.158 118 6		28 21 21 54.031	-15 38 57.21	29.083 483 1
	14 21 26 32.729	-15 16 31.62	29.150 190 1		29 21 21 47.930	-15 39 26.17	29.088 661 7
15 21 26 27.226	-15 16 58.72	29.142 517 8	30 21 21 41.874	-15 39 54.90	29.094 122 8		
16 21 26 21.655	-15 17 26.09	29.135 104 3	31 21 21 35.867	-15 40 23.39	29.099 864 4		
17 21 26 16.022	-15 17 53.73	29.127 952 2	<b>Sept.</b> 1 21 21 29.910	-15 40 51.61	29.105 884 7		
18 21 26 10.330	-15 18 21.61	29.121 063 9	2 21 21 24.007	-15 41 19.59	29.112 181 5		
19 21 26 4.584	-15 18 49.72	29.114 442 0	3 21 21 18.157	-15 41 47.30	29.118 752 9		
20 21 25 58.785	-15 19 18.07	29.108 089 1	4 21 21 12.362	-15 42 14.76	29.125 596 5		
21 21 25 52.935	-15 19 46.64	29.102 007 5	5 21 21 6.623	-15 42 41.97	29.132 710 2		
22 21 25 47.037	-15 20 15.44	29.096 199 5	6 21 21 0.938	-15 43 8.90	29.140 091 7		
23 21 25 41.090	-15 20 44.47	29.090 667 2	7 21 20 55.308	-15 43 35.56	29.147 738 8		
24 21 25 35.095	-15 21 13.72	29.085 412 7	8 21 20 49.737	-15 44 1.92	29.155 649 3		
25 21 25 29.054	-15 21 43.19	29.080 437 8	9 21 20 44.228	-15 44 27.94	29.163 821 2		
26 21 25 22.968	-15 22 12.86	29.075 744 4	10 21 20 38.786	-15 44 53.62	29.172 252 4		
27 21 25 16.838	-15 22 42.71	29.071 333 8	11 21 20 33.415	-15 45 18.93	29.180 940 8		
28 21 25 10.669	-15 23 12.73	29.067 207 6	12 21 20 28.118	-15 45 43.87	29.189 884 5		
29 21 25 4.462	-15 23 42.90	29.063 367 0	13 21 20 22.899	-15 46 8.44	29.199 081 2		
30 21 24 58.221	-15 24 13.19	29.059 813 2	14 21 20 17.757	-15 46 32.65	29.208 528 7		
31 21 24 51.951	-15 24 43.59	29.056 547 3	15 21 20 12.694	-15 46 56.49	29.218 224 6		
<b>Août</b> 1 21 24 45.653	-15 25 14.09	29.053 570 0	16 21 20 7.709	-15 47 19.98	29.228 166 3		
2 21 24 39.332	-15 25 44.67	29.050 882 1	17 21 20 2.805	-15 47 43.09	29.238 351 2		
3 21 24 32.991	-15 26 15.31	29.048 484 4	18 21 19 57.981	-15 48 5.83	29.248 776 3		
4 21 24 26.634	-15 26 46.00	29.046 377 2	19 21 19 53.240	-15 48 28.17	29.259 438 7		
5 21 24 20.262	-15 27 16.76	29.044 561 1	20 21 19 48.583	-15 48 50.11	29.270 335 3		
6 21 24 13.877	-15 27 47.56	29.043 036 3	21 21 19 44.014	-15 49 11.63	29.281 462 8		
7 21 24 7.481	-15 28 18.41	29.041 803 2	22 21 19 39.534	-15 49 32.70	29.292 817 8		
8 21 24 1.074	-15 28 49.31	29.040 861 7	23 21 19 35.146	-15 49 53.32	29.304 396 8		
9 21 23 54.655	-15 29 20.26	29.040 212 2	24 21 19 30.855	-15 50 13.48	29.316 196 2		
10 21 23 48.225	-15 29 51.24	29.039 854 7	25 21 19 26.662	-15 50 33.16	29.328 212 1		
11 21 23 41.786	-15 30 22.23	29.039 789 6	26 21 19 22.570	-15 50 52.34	29.340 440 9		
12 21 23 35.342	-15 30 53.21	29.040 017 0	27 21 19 18.582	-15 51 11.04	29.352 878 5		
13 21 23 28.897	-15 31 24.14	29.040 537 2	28 21 19 14.700	-15 51 29.24	29.365 520 9		
14 21 23 22.455	-15 31 55.02	29.041 350 7	29 21 19 10.925	-15 51 46.94	29.378 364 0		
15 21 23 16.022	-15 32 25.82	29.042 457 6	30 21 19 7.257	-15 52 4.15	29.391 403 8		
16 21 23 9.600	-15 32 56.55	29.043 858 3	<b>Oct.</b> 1 21 19 3.698	-15 52 20.87	29.404 636 0		
17 21 23 3.191	-15 33 27.20	29.045 552 8	2 21 19 0.246	-15 52 37.10	29.418 056 3		

## NEPTUNE 2006 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	21	18	56.901	-15	52	52.84	29.431 660 6	Nov.	18	21	18	38.099	-15	54	30.22	30.179 046 8	
	4	21	18	53.664	-15	53	8.08	29.445 444 6		19	21	18	40.805	-15	54	17.98	30.196 090 2	
	5	21	18	50.534	-15	53	22.81	29.459 404 3		20	21	18	43.645	-15	54	5.12	30.213 085 6	
	6	21	18	47.514	-15	53	37.00	29.473 535 5		21	21	18	46.621	-15	53	51.63	30.230 027 6	
	7	21	18	44.608	-15	53	50.64	29.487 834 2		22	21	18	49.732	-15	53	37.53	30.246 910 8	
	8	21	18	41.819	-15	54	3.71	29.502 296 5		23	21	18	52.975	-15	53	22.83	30.263 729 8	
	9	21	18	39.151	-15	54	16.20	29.516 918 6		24	21	18	56.350	-15	53	7.54	30.280 479 2	
	10	21	18	36.606	-15	54	28.13	29.531 696 6		25	21	18	59.853	-15	52	51.67	30.297 153 8	
	11	21	18	34.183	-15	54	39.49	29.546 626 4		26	21	19	3.483	-15	52	35.23	30.313 748 3	
	12	21	18	31.883	-15	54	50.31	29.561 704 0		27	21	19	7.236	-15	52	18.22	30.330 257 6	
	13	21	18	29.705	-15	55	0.57	29.576 925 1		28	21	19	11.112	-15	52	0.65	30.346 676 7	
	14	21	18	27.649	-15	55	10.29	29.592 285 6		29	21	19	15.109	-15	51	42.50	30.363 000 7	
	15	21	18	25.714	-15	55	19.46	29.607 780 8		30	21	19	19.229	-15	51	23.78	30.379 225 0	
	16	21	18	23.901	-15	55	28.08	29.623 406 2		Déc.	1	21	19	23.470	-15	51	4.46	30.395 344 9
	17	21	18	22.211	-15	55	36.12	29.639 157 2			2	21	19	27.836	-15	50	44.55	30.411 355 9
	18	21	18	20.645	-15	55	43.58	29.655 028 9			3	21	19	32.326	-15	50	24.06	30.427 253 7
	19	21	18	19.205	-15	55	50.45	29.671 016 5			4	21	19	36.940	-15	50	2.98	30.443 033 9
20	21	18	17.893	-15	55	56.71	29.687 115 0	5	21		19	41.677	-15	49	41.35	30.458 692 5		
21	21	18	16.711	-15	56	2.37	29.703 319 5	6	21		19	46.534	-15	49	19.19	30.474 225 0		
22	21	18	15.661	-15	56	7.40	29.719 624 7	7	21		19	51.507	-15	48	56.50	30.489 627 3		
23	21	18	14.744	-15	56	11.81	29.736 025 5	8	21	19	56.594	-15	48	33.30	30.504 895 0			
24	21	18	13.963	-15	56	15.59	29.752 516 7	9	21	20	1.793	-15	48	9.59	30.520 023 8			
25	21	18	13.317	-15	56	18.75	29.769 092 9	10	21	20	7.102	-15	47	45.37	30.535 009 3			
26	21	18	12.807	-15	56	21.29	29.785 748 9	11	21	20	12.519	-15	47	20.64	30.549 847 0			
27	21	18	12.433	-15	56	23.21	29.802 479 2	12	21	20	18.045	-15	46	55.40	30.564 532 4			
28	21	18	12.194	-15	56	24.54	29.819 278 6	13	21	20	23.678	-15	46	29.63	30.579 061 2			
29	21	18	12.088	-15	56	25.26	29.836 141 7	14	21	20	29.420	-15	46	3.35	30.593 428 8			
30	21	18	12.116	-15	56	25.38	29.853 063 2	15	21	20	35.269	-15	45	36.55	30.607 630 9			
31	21	18	12.274	-15	56	24.91	29.870 037 9	16	21	20	41.226	-15	45	9.24	30.621 663 0			
Nov.	1	21	18	12.563	-15	56	23.83	29.887 060 6	17	21	20	47.290	-15	44	41.41	30.635 520 7		
	2	21	18	12.983	-15	56	22.14	29.904 126 2	18	21	20	53.460	-15	44	13.08	30.649 199 6		
	3	21	18	13.536	-15	56	19.81	29.921 229 7	19	21	20	59.735	-15	43	44.27	30.662 695 5		
	4	21	18	14.224	-15	56	16.84	29.938 366 4	20	21	21	6.113	-15	43	14.97	30.676 003 9		
	5	21	18	15.050	-15	56	13.22	29.955 531 3	21	21	21	12.592	-15	42	45.22	30.689 120 7		
	6	21	18	16.015	-15	56	8.96	29.972 719 9	22	21	21	19.167	-15	42	15.02	30.702 041 8		
	7	21	18	17.119	-15	56	4.06	29.989 927 3	23	21	21	25.836	-15	41	44.40	30.714 763 1		
	8	21	18	18.361	-15	55	58.54	30.007 149 0	24	21	21	32.595	-15	41	13.35	30.727 280 6		
	9	21	18	19.739	-15	55	52.43	30.024 380 0	25	21	21	39.441	-15	40	41.89	30.739 590 8		
	10	21	18	21.252	-15	55	45.71	30.041 615 5	26	21	21	46.374	-15	40	10.01	30.751 690 0		
	11	21	18	22.896	-15	55	38.40	30.058 850 4	27	21	21	53.391	-15	39	37.70	30.763 574 8		
	12	21	18	24.672	-15	55	30.50	30.076 079 8	28	21	22	0.494	-15	39	4.97	30.775 242 1		
	13	21	18	26.579	-15	55	22.00	30.093 298 4	29	21	22	7.681	-15	38	31.81	30.786 688 7		
	14	21	18	28.618	-15	55	12.88	30.110 501 1	30	21	22	14.955	-15	37	58.23	30.797 911 7		
	15	21	18	30.789	-15	55	3.15	30.127 682 6	31	21	22	22.312	-15	37	24.24	30.808 908 4		
	16	21	18	33.092	-15	54	52.80	30.144 837 6	32	21	22	29.753	-15	36	49.86	30.819 675 9		
	17	21	18	35.528	-15	54	41.83	30.161 960 8	33	21	22	37.273	-15	36	15.12	30.830 211 6		





# PLUTON ET PETITES PLANÈTES

Coordonnées géocentriques :

Ascension droite et déclinaison astrométriques, distance à la Terre.

PLUTON .....	II. 92
CÉRÈS .....	II. 93
PALLAS .....	II. 94
JUNON .....	II. 95
VESTA .....	II. 96

## PLUTON 2006 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	17	38	26.889	-15	52	32.38	31.994 994 48	Juill.	3	17	39	1.402	-15	43	4.87	30.165 923 30
	4	17	39	2.642	-15	52	57.99	31.977 165 34		7	17	38	36.998	-15	43	35.28	30.188 262 94
	8	17	39	37.748	-15	53	18.99	31.954 916 80		11	17	38	13.363	-15	44	9.75	30.214 931 77
	12	17	40	12.074	-15	53	35.46	31.928 380 56		15	17	37	50.628	-15	44	48.22	30.245 806 54
	16	17	40	45.499	-15	53	47.51	31.897 694 25		19	17	37	28.921	-15	45	30.65	30.280 767 15
	20	17	41	17.902	-15	53	55.20	31.862 999 49	23	17	37	8.376	-15	46	17.02	30.319 678 09	
	24	17	41	49.164	-15	53	58.64	31.824 448 45	27	17	36	49.128	-15	47	7.24	30.362 368 63	
	28	17	42	19.162	-15	53	57.94	31.782 211 68	31	17	36	31.302	-15	48	1.19	30.408 634 37	
Févr.	1	17	42	47.771	-15	53	53.23	31.736 490 22	Août	4	17	36	15.007	-15	48	58.72	30.458 248 60
	5	17	43	14.877	-15	53	44.72	31.687 526 32		8	17	36	0.338	-15	49	59.66	30.510 972 73
	9	17	43	40.380	-15	53	32.64	31.635 580 59		12	17	35	47.379	-15	51	3.85	30.566 569 19
	13	17	44	4.194	-15	53	17.20	31.580 910 74		16	17	35	36.205	-15	52	11.13	30.624 810 16
	17	17	44	26.240	-15	52	58.64	31.523 772 80		20	17	35	26.897	-15	53	21.36	30.685 454 21
	21	17	44	46.439	-15	52	37.15	31.464 427 58	24	17	35	19.532	-15	54	34.34	30.748 230 10	
	25	17	45	4.713	-15	52	12.97	31.403 148 02	28	17	35	14.171	-15	55	49.84	30.812 842 35	
Mars	1	17	45	20.989	-15	51	46.36	31.340 231 22	Sept.	1	17	35	10.859	-15	57	7.59	30.878 983 44
	5	17	45	35.205	-15	51	17.61	31.276 005 07		5	17	35	9.626	-15	58	27.33	30.946 344 13
	9	17	45	47.321	-15	50	47.04	31.210 803 68		9	17	35	10.487	-15	59	48.81	31.014 626 17
	13	17	45	57.311	-15	50	14.96	31.144 946 31		13	17	35	13.456	-16	1	11.79	31.083 547 96
	17	17	46	5.157	-15	49	41.63	31.078 741 40		17	17	35	18.545	-16	2	36.04	31.152 819 86
	21	17	46	10.842	-15	49	7.34	31.012 493 24	21	17	35	25.763	-16	4	1.28	31.222 129 28	
	25	17	46	14.356	-15	48	32.35	30.946 510 13	25	17	35	35.102	-16	5	27.21	31.291 150 82	
	29	17	46	15.692	-15	47	56.95	30.881 115 46	29	17	35	46.538	-16	6	53.51	31.359 558 18	
Avril	2	17	46	14.863	-15	47	21.49	30.816 650 39	Oct.	3	17	36	0.034	-16	8	19.86	31.427 034 50
	6	17	46	11.901	-15	46	46.28	30.753 448 17		7	17	36	15.539	-16	9	45.99	31.493 284 20
	10	17	46	6.853	-15	46	11.63	30.691 815 39		11	17	36	33.003	-16	11	11.62	31.558 035 06
	14	17	45	59.772	-15	45	37.81	30.632 037 64		15	17	36	52.378	-16	12	36.50	31.621 013 13
	18	17	45	50.716	-15	45	5.06	30.574 387 56		19	17	37	13.607	-16	14	0.33	31.681 929 82
	22	17	45	39.745	-15	44	33.63	30.519 133 39	23	17	37	36.623	-16	15	22.81	31.740 494 84	
	26	17	45	26.927	-15	44	3.80	30.466 550 39	27	17	38	1.342	-16	16	43.62	31.796 427 66	
Mai	30	17	45	12.347	-15	43	35.85	30.416 917 97	Nov.	31	17	38	27.669	-16	18	2.48	31.849 468 25
	4	17	44	56.108	-15	43	10.07	30.370 494 64		4	17	38	55.502	-16	19	19.13	31.899 387 18
	8	17	44	38.328	-15	42	46.68	30.327 502 36		8	17	39	24.738	-16	20	33.37	31.945 983 67
	12	17	44	19.123	-15	42	25.88	30.288 134 81		12	17	39	55.283	-16	21	44.96	31.989 060 90
	16	17	43	58.614	-15	42	7.86	30.252 565 64		16	17	40	27.033	-16	22	53.68	32.028 415 61
	20	17	43	36.920	-15	41	52.78	30.220 958 81	20	17	40	59.874	-16	23	59.28	32.063 852 35	
	24	17	43	14.166	-15	41	40.85	30.193 479 77	24	17	41	33.682	-16	25	1.55	32.095 194 39	
	28	17	42	50.490	-15	41	32.25	30.170 286 75	28	17	42	8.324	-16	26	0.30	32.122 294 49	
Juin	1	17	42	26.048	-15	41	27.18	30.151 507 55	Déc.	2	17	42	43.662	-16	26	55.38	32.145 043 46
	5	17	42	0.997	-15	41	25.76	30.137 228 26		6	17	43	19.565	-16	27	46.68	32.163 362 79
	9	17	41	35.494	-15	41	28.09	30.127 503 67		10	17	43	55.909	-16	28	34.09	32.177 181 26
	13	17	41	9.689	-15	41	34.23	30.122 366 01		14	17	44	32.567	-16	29	17.51	32.186 427 45
	17	17	40	43.728	-15	41	44.27	30.121 837 13		18	17	45	9.401	-16	29	56.82	32.191 044 01
	21	17	40	17.759	-15	41	58.28	30.125 938 64	22	17	45	46.269	-16	30	31.95	32.190 997 36	
	25	17	39	51.939	-15	42	16.35	30.134 678 62	26	17	46	23.022	-16	31	2.86	32.186 289 00	
	29	17	39	26.433	-15	42	38.55	30.148 029 50	30	17	46	59.514	-16	31	29.55	32.176 961 45	

## CÉRÈS 2006 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 34 34.360	-25 31 9.95	3.857 919 34	Juill.	3	22 11 30.423	-23 23 53.08	2.178 265 16		
	4	18 41 45.320	-25 31 4.90	3.857 809 17		7	22 10 41.329	-23 48 20.70	2.142 947 03		
	8	18 48 55.175	-25 29 53.14	3.855 312 02		11	22 9 29.380	-24 14 14.31	2.110 619 77		
	12	18 56 3.542	-25 27 36.64	3.850 453 95		15	22 7 54.966	-24 41 17.94	2.081 505 98		
	16	19 3 10.102	-25 24 17.47	3.843 255 67		19	22 5 58.714	-25 9 13.21	2.055 835 36		
	20	19 10 14.552	-25 19 57.91	3.833 727 52		23	22 3 41.701	-25 37 38.37	2.033 844 87		
	24	19 17 16.568	-25 14 40.42	3.821 873 51		27	22 1 5.588	-26 6 8.45	2.015 753 28		
	28	19 24 15.786	-25 8 27.81	3.807 696 87		31	21 58 12.583	-26 34 16.63	2.001 739 31		
Févr.	1	19 31 11.779	-25 1 23.28	3.791 210 82	Août	4	21 55 5.348	-27 1 35.79	1.991 935 26		
	5	19 38 4.113	-24 53 30.44	3.772 456 02		8	21 51 46.884	-27 27 39.79	1.986 427 50		
		9	19 44 52.442	-24 44 52.95		3.751 489 64		12	21 48 20.409	-27 52 4.71	1.985 263 64
		13	19 51 36.487	-24 35 34.49		3.728 362 80		16	21 44 49.292	-28 14 29.04	1.988 472 98
		17	19 58 15.985	-24 25 38.83		3.703 116 63		20	21 41 17.182	-28 34 33.20	1.996 064 34
	21	20 4 50.656	-24 15 9.98	3.675 785 61		24	21 37 47.943	-28 52 0.43	2.008 001 11		
	25	20 11 20.174	-24 4 12.27	3.646 402 47		28	21 34 25.439	-29 6 38.11	2.024 190 75		
Mars	1	20 17 44.146	-23 52 50.51	3.615 009 66	Sept.	1	21 31 13.310	-29 18 18.33	2.044 490 49		
	5	20 24 2.161	-23 41 9.85	3.581 676 05		5	21 28 14.812	-29 26 58.00	2.068 717 41		
	9	20 30 13.883	-23 29 15.34	3.546 488 66		9	21 25 32.688	-29 32 38.32	2.096 665 23		
	13	20 36 19.045	-23 17 11.92	3.509 528 21		13	21 23 9.186	-29 35 23.49	2.128 129 30		
	17	20 42 17.387	-23 7 5 4.57	3.470 865 16		17	21 21 6.244	-29 35 19.11	2.162 904 03		
	21	20 48 8.617	-22 52 58.52	3.430 562 99		21	21 19 25.477	-29 32 32.14	2.200 759 85		
	25	20 53 52.388	-22 40 59.39	3.388 683 27		25	21 18 8.066	-29 27 11.06	2.241 441 83		
	29	20 59 28.270	-22 29 13.30	3.345 297 55		29	21 17 14.715	-29 19 25.51	2.284 678 53		
Avril	2	21 4 55.793	-22 17 46.71	3.300 503 87	Oct.	3	21 16 45.654	-29 9 25.89	2.330 192 86		
	6	21 10 14.548	-22 6 45.83	3.254 419 40		7	21 16 40.675	-28 57 22.80	2.377 717 53		
		10	21 15 24.183	-21 56 16.61		3.207 156 27		11	21 16 59.279	-28 43 26.17	2.427 013 27
		14	21 20 24.339	-21 46 25.07		3.158 816 59		15	21 17 40.886	-28 27 44.37	2.477 859 65
		18	21 25 14.609	-21 37 17.44		3.109 496 18		19	21 18 44.849	-28 10 24.72	2.530 029 33
	22	21 29 54.506	-21 29 0.42	3.059 289 39		23	21 20 10.378	-27 51 34.01	2.583 286 68		
	26	21 34 23.435	-21 21 41.24	3.008 303 87		27	21 21 56.536	-27 31 18.67	2.637 394 40		
Mai	30	21 38 40.740	-21 15 27.36	2.956 674 78	Nov.	31	21 24 2.238	-27 9 44.78	2.692 121 54		
	4	21 42 45.813	-21 10 25.74	2.904 558 15		4	21 26 26.290	-26 46 58.06	2.747 256 52		
	8	21 46 38.093	-21 6 42.86	2.852 107 12		8	21 29 7.491	-26 23 3.33	2.802 619 40		
	12	21 50 16.998	-21 4 25.08	2.799 467 23		12	21 32 4.761	-25 58 4.17	2.858 049 56		
	16	21 53 41.891	-21 3 38.80	2.746 779 31		16	21 35 17.122	-25 32 3.38	2.913 380 39		
	20	21 56 52.027	-21 4 30.74	2.694 185 51		20	21 38 43.611	-25 5 3.63	2.968 438 17		
	24	21 59 46.539	-21 7 7.87	2.641 846 17		24	21 42 23.251	-24 37 7.58	3.023 047 61		
	28	22 2 24.510	-21 11 36.72	2.589 952 75		28	21 46 15.043	-24 8 18.06	3.077 039 42		
Juin	1	22 4 45.085	-21 18 2.57	2.538 718 31	Déc.	2	21 50 17.968	-23 38 37.97	3.130 263 90		
	5	22 6 47.488	-21 26 29.39	2.488 355 17		6	21 54 31.074	-23 8 9.82	3.182 599 97		
		9	22 8 30.961	-21 37 0.11		2.439 070 37		10	21 58 53.547	-22 36 55.38	3.233 941 99
		13	22 9 54.735	-21 49 36.80		2.391 067 23		14	22 3 24.688	-22 4 56.06	3.284 177 64
		17	22 10 57.988	-22 4 20.77		2.344 551 79		18	22 8 3.835	-21 32 13.43	3.333 185 80
	21	22 11 39.845	-22 21 12.16	2.299 751 31		22	22 12 50.335	-20 58 49.34	3.380 842 31		
	25	22 11 59.523	-22 40 8.82	2.256 923 64		26	22 17 43.517	-20 24 46.07	3.427 026 90		
	29	22 11 56.474	-23 1 5.34	2.216 340 33		30	22 22 42.706	-19 50 6.19	3.471 638 52		

## PALLAS 2006 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	17	3	34.903	3	33	53.07	3.761 189 16	Juill.	3	18	28	3.849	23	21	56.07	2.525 201 82		
	4	17	9	39.610	3	41	30.96	3.746 182 18		7	18	24	45.927	23	6	16.51	2.530 791 34		
	8	17	15	40.099	3	50	58.56	3.729 395 08		11	18	21	34.170	22	46	11.82	2.539 589 17		
	12	17	21	35.964	4	2	15.34	3.710 884 61		15	18	18	31.031	22	21	55.17	2.551 574 71		
	16	17	27	26.829	4	15	20.92	3.690 698 09		19	18	15	38.777	21	53	41.39	2.566 722 71		
	20	17	33	12.302	4	30	15.12	3.668 874 72		23	18	12	59.562	21	21	47.65	2.584 993 83		
	24	17	38	51.937	4	46	57.84	3.645 451 97		27	18	10	35.354	20	46	34.33	2.606 320 16		
	28	17	44	25.228	5	5	28.77	3.620 471 92		31	18	8	27.795	20	8	24.43	2.630 603 75		
Févr.	1	17	49	51.605	5	25	46.98	3.593 990 87	Août	4	18	6	38.143	19	27	42.30	2.657 724 10		
	5	17	55	10.499	5	47	50.43	3.566 088 25		8	18	5	7.280	18	44	52.46	2.687 546 37		
		9	18	0	21.426	6	11	36.60		3.536 849 67		12	18	3	55.741	18	0	18.40	2.719 932 18
		13	18	5	23.930	6	37	3.17		3.506 351 60		16	18	3	3.850	17	14	21.69	2.754 749 38
		17	18	10	17.535	7	4	7.99		3.474 663 39		20	18	2	31.848	16	27	23.06	2.791 858 60
	21	18	15	1.710	7	32	48.91	3.441 852 90		24	18	2	19.824	15	39	43.12	2.831 100 49		
	25	18	19	35.853	8	3	3.42	3.407 992 33		28	18	2	27.656	14	51	41.91	2.872 298 27		
Mars	1	18	23	59.294	8	34	48.19	3.373 168 29	Sept.	1	18	2	55.010	14	3	38.16	2.915 266 39		
	5	18	28	11.362	9	7	58.58	3.337 490 19		5	18	3	41.370	13	15	48.72	2.959 818 34		
	9	18	32	11.473	9	42	29.31	3.301 075 43		9	18	4	46.082	12	28	28.11	3.005 777 06		
	13	18	35	59.078	10	18	15.30	3.264 032 72		13	18	6	8.483	11	41	48.31	3.052 982 03		
	17	18	39	33.598	10	55	11.47	3.226 464 50		17	18	7	47.980	10	56	0.09	3.101 272 46		
	21	18	42	54.399	11	33	12.52	3.188 472 13		21	18	9	43.972	10	11	13.79	3.150 473 29		
	25	18	46	0.772	12	12	12.46	3.150 162 09		25	18	11	55.790	9	27	39.03	3.200 400 26		
	29	18	48	51.940	12	52	4.01	3.111 655 73		29	18	14	22.692	8	45	24.27	3.250 867 65		
Avril	2	18	51	27.145	13	32	38.09	3.073 096 70	Oct.	3	18	17	3.879	8	4	36.59	3.301 695 50		
	6	18	53	45.741	14	13	44.70	3.034 637 03		7	18	19	58.524	7	25	21.41	3.352 719 14		
		10	18	55	47.148	14	55	13.72		2.996 420 95		11	18	23	5.865	6	47	42.57	3.403 793 97
		14	18	57	30.777	15	36	54.75		2.958 586 45		15	18	26	25.256	6	11	43.43	3.454 777 17
		18	18	58	56.020	16	18	36.68		2.921 270 71		19	18	29	56.081	5	37	27.42	3.505 512 76
	22	19	0	2.234	17	0	7.20	2.884 615 87		23	18	33	37.698	5	4	57.74	3.555 837 90		
	26	19	0	48.776	17	41	12.01	2.848 779 44		27	18	37	29.429	4	34	17.00	3.605 590 27		
Mai	30	19	1	15.126	18	21	34.57	2.813 938 06	Nov.	31	18	41	30.569	4	5	27.02	3.654 615 55		
	4	19	1	20.985	19	0	57.17	2.780 273 72		4	18	45	40.410	3	38	28.56	3.702 776 83		
	8	19	1	6.239	19	39	2.05	2.747 958 07		8	18	49	58.315	3	13	21.54	3.749 957 64		
	12	19	0	30.896	20	15	31.19	2.717 153 91		12	18	54	23.754	2	50	5.82	3.796 043 89		
	16	18	59	35.079	20	50	6.11	2.688 019 27		16	18	58	56.230	2	28	41.60	3.840 908 47		
	20	18	58	19.033	21	22	27.39	2.660 713 28		20	19	3	35.222	2	9	9.05	3.884 418 00		
	24	18	56	43.193	21	52	14.12	2.635 405 66		24	19	8	20.180	1	51	28.03	3.926 439 94		
	28	18	54	48.337	22	19	4.31	2.612 275 50		28	19	13	10.526	1	35	37.84	3.966 850 81		
Juin	1	18	52	35.663	22	42	36.68	2.591 495 67	Déc.	2	19	18	5.686	1	21	37.03	4.005 546 46		
	5	18	50	6.707	23	2	32.14	2.573 218 70		6	19	23	5.150	1	9	23.66	4.042 443 09		
		9	18	47	23.260	23	18	33.86		2.557 578 46		10	19	28	8.499	0	58	55.91	4.077 459 67
		13	18	44	27.316	23	30	27.33		2.544 693 27		14	19	33	15.343	0	50	12.37	4.110 503 51
		17	18	41	21.030	23	38	0.06		2.534 672 26		18	19	38	25.270	0	43	11.60	4.141 475 74
	21	18	38	6.769	23	41	1.16	2.527 623 71		22	19	43	37.841	0	37	51.99	4.170 278 54		
	25	18	34	47.201	23	39	22.42	2.523 649 24		26	19	48	52.584	0	34	11.41	4.196 823 78		
	29	18	31	25.235	23	33	0.17	2.522 826 78		30	19	54	9.032	0	32	7.12	4.221 044 76		

## JUNON 2006 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	4	58	1.518	-	0	53	40.34	1.138	695	39				
	4	4	56	9.666	-	0	25	43.40	1.162	665	07				
	8	4	54	46.400	0	5	58.48	1.189	563	34					
	12	4	53	53.350	0	40	48.99	1.219	206	18					
	16	4	53	31.299	1	18	13.36	1.251	418	76					
	20	4	53	40.478	1	57	39.38	1.286	037	12					
	24	4	54	20.741	2	38	37.33	1.322	902	95					
	28	4	55	31.665	3	20	39.79	1.361	857	63					
Févr.	1	4	57	12.599	4	3	21.00	1.402	732	72					
	5	4	59	22.526	4	46	16.29	1.445	345	04					
	9	5	2	0.012	5	29	3.49	1.489	520	84					
	13	5	5	3.456	6	11	23.99	1.535	111	19					
	17	5	8	31.283	6	53	2.26	1.581	986	75					
	21	5	12	22.008	7	33	45.17	1.630	029	80					
	25	5	16	34.270	8	13	21.26	1.679	126	29					
Mars	1	5	21	6.795	8	51	40.03	1.729	154	10					
	5	5	25	58.253	9	28	31.47	1.779	977	70					
	9	5	31	7.161	10	3	46.88	1.831	470	04					
	13	5	36	32.053	10	37	19.56	1.883	527	59					
	17	5	42	11.591	11	9	4.39	1.936	063	40					
	21	5	48	4.587	11	38	57.29	1.988	999	42					
	25	5	54	10.001	12	6	54.84	2.042	258	20					
Avril	29	6	0	26.902	12	32	53.78	2.095	751	50					
	2	6	6	54.329	12	56	50.93	2.149	375	25					
	6	6	13	31.216	13	18	43.85	2.203	029	87					
	10	6	20	16.509	13	38	31.30	2.256	636	22					
	14	6	27	9.260	13	56	12.89	2.310	129	95					
	18	6	34	8.641	14	11	48.74	2.363	453	83					
	22	6	41	13.951	14	25	19.21	2.416	550	09					
	26	6	48	24.571	14	36	44.54	2.469	347	60					
Mai	30	6	55	39.856	14	46	5.02	2.521	758	68					
	4	7	2	59.070	14	53	21.55	2.573	696	99					
	8	7	10	21.481	14	58	35.84	2.625	094	62					
	12	7	17	46.437	15	1	50.11	2.675	897	47					
	16	7	25	13.383	15	3	6.83	2.726	059	05					
	20	7	32	41.876	15	2	28.43	2.775	532	16					
	24	7	40	11.545	14	59	57.11	2.824	254	76					
	28	7	47	41.992	14	55	35.13	2.872	147	96					
Juin	1	7	55	12.748	14	49	25.30	2.919	132	63					
	5	8	2	43.338	14	41	31.00	2.965	146	22					
	9	8	10	13.350	14	31	55.91	3.010	139	61					
	13	8	17	42.450	14	20	43.72	3.054	072	48					
	17	8	25	10.407	14	7	57.92	3.096	904	72					
	21	8	32	37.050	13	53	41.66	3.138	580	54					
	25	8	40	2.182	13	37	58.13	3.179	026	45					
	29	8	47	25.546	13	20	51.06	3.218	168	99					
Juill.	3	8	54	46.870	13	2	24.58	3.255	949	15					
	7	9	2	5.927	12	42	42.94	3.292	321	64					
	11	9	9	22.548	12	21	50.32	3.327	250	85					
	15	9	16	36.651	11	59	50.54	3.360	703	59					
	19	9	23	48.211	11	36	46.97	3.392	630	18					
	23	9	30	57.171	11	12	43.11	3.422	962	85					
	27	9	38	3.410	10	47	42.92	3.451	634	25					
	31	9	45	6.793	10	21	50.71	3.478	590	47					
Août	4	9	52	7.202	9	55	10.85	3.503	791	54					
	8	9	59	4.564	9	27	47.54	3.527	208	39					
	12	10	5	58.873	8	59	44.57	3.548	816	28					
	16	10	12	50.178	8	31	5.25	3.568	575	10					
	20	10	19	38.485	8	1	53.04	3.586	425	64					
	24	10	26	23.740	7	32	11.90	3.602	309	86					
	28	10	33	5.857	7	2	6.11	3.616	183	39					
Sept.	1	10	39	44.757	6	31	39.98	3.628	016	08					
	5	10	46	20.386	6	0	57.64	3.637	790	26					
	9	10	52	52.741	5	30	2.81	3.645	494	59					
	13	10	59	21.869	4	58	58.71	3.651	104	52					
	17	11	5	47.775	4	27	48.75	3.654	575	64					
	21	11	12	10.390	3	56	36.90	3.655	866	02					
	25	11	18	29.606	3	25	27.43	3.654	947	92					
	29	11	24	45.303	2	54	24.67	3.651	809	26					
Oct.	3	11	30	57.377	2	23	32.79	3.646	452	25					
	7	11	37	5.758	1	52	55.52	3.638	887	26					
	11	11	43	10.419	1	22	36.13	3.629	114	22					
	15	11	49	11.292	0	52	38.12	3.617	113	99					
	19	11	55	8.220	0	23	5.57	3.602	870	44					
	23	12	1	0.996	-	0	5	57.08	3.586	383	38				
	27	12	6	49.383	-	0	34	25.33	3.567	670	13				
	31	12	12	33.147	-	1	2	14.85	3.546	764	91				
Nov.	4	12	18	12.080	-	1	29	21.74	3.523	711	86				
	8	12	23	46.005	-	1	55	42.52	3.498	547	18				
	12	12	29	14.700	-	2	21	13.47	3.471	290	28				
	16	12	34	37.841	-	2	45	50.20	3.441	964	42				
	20	12	39	55.035	-	3	9	28.01	3.410	610	67				
	24	12	45	5.843	-	3	32	2.06	3.377	290	22				
	28	12	50	9.815	-	3	53	27.74	3.342	084	50				
Déc.	2	12	55	6.520	-	4	13	40.87	3.305	086	73				
	6	12	59	55.554	-	4	32	37.67	3.266	383	91				
	10	13	4	36.452	-	4	50	14.05	3.226	050	01				
	14	13	9	8.639	-	5	6	25.28	3.184	164	19				
	18	13	13	31.452	-	5	21	6.24	3.140	826	21				
	22	13	17	44.168	-	5	34	11.77	3.096	158	47				
	26	13	21	46.045	-	5	45	36.93	3.050	308	20				
	30	13	25	36.374	-	5	55	17.39	3.003	436	39				

## VESTA 2006 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	7	13	30.739	22	22	49.94	1.560 868 86	Juill.	3	9	15	30.472	19	56	28.26	3.164 650 21
	4	7	9	6.467	22	41	48.27	1.554 126 10		7	9	22	42.952	19	26	6.31	3.187 645 27
	8	7	4	37.738	23	0	26.16	1.552 098 92		11	9	29	56.726	18	54	36.33	3.209 047 23
	12	7	0	10.123	23	18	27.58	1.554 761 84		15	9	37	11.610	18	22	0.12	3.228 860 41
	16	6	55	49.011	23	35	39.54	1.562 040 06		19	9	44	27.501	17	48	19.27	3.247 073 69
	20	6	51	39.542	23	51	52.26	1.573 820 05	23	9	51	44.276	17	13	35.72	3.263 658 12	
	24	6	47	46.533	24	6	59.12	1.589 949 93	27	9	59	1.755	16	37	52.06	3.278 585 01	
	28	6	44	14.380	24	20	56.39	1.610 237 84	31	10	6	19.743	16	1	11.27	3.291 839 12	
Févr.	1	6	41	6.960	24	33	42.72	1.634 445 79	Août	4	10	13	38.071	15	23	36.44	3.303 419 48
	5	6	38	27.390	24	45	18.77	1.662 281 13		8	10	20	56.623	14	45	10.51	3.313 336 29
	9	6	36	17.788	24	55	46.85	1.693 423 14		12	10	28	15.360	14	5	56.11	3.321 604 64
	13	6	34	39.411	25	5	10.42	1.727 555 90		16	10	35	34.318	13	25	55.53	3.328 224 77
	17	6	33	32.886	25	13	33.28	1.764 376 62		20	10	42	53.511	12	45	11.44	3.333 177 07
	21	6	32	58.370	25	20	59.06	1.803 594 80	24	10	50	12.893	12	3	47.15	3.336 441 73	
	25	6	32	55.673	25	27	30.84	1.844 928 40	28	10	57	32.392	11	21	46.34	3.338 011 37	
Mars	1	6	33	24.331	25	33	10.88	1.888 093 26	Sept.	1	11	4	51.947	10	39	12.78	3.337 891 79
	5	6	34	23.535	25	38	0.62	1.932 793 86		5	11	12	11.530	9	56	10.07	3.336 100 46
	9	6	35	52.036	25	42	0.89	1.978 744 74		9	11	19	31.179	9	12	41.41	3.332 660 99
	13	6	37	48.351	25	45	12.01	2.025 694 28		13	11	26	50.999	8	28	49.62	3.327 583 76
	17	6	40	10.943	25	47	33.68	2.073 422 25		17	11	34	11.075	7	44	37.85	3.320 857 63
	21	6	42	58.315	25	49	5.01	2.121 732 58	21	11	41	31.425	7	0	9.97	3.312 470 90	
	25	6	46	9.057	25	49	44.54	2.170 444 16	25	11	48	52.029	6	15	30.17	3.302 423 23	
Avril	2	6	49	41.844	25	49	30.26	2.219 377 23	Oct.	29	11	56	12.862	5	30	42.72	3.290 727 47
	9	6	53	35.324	25	48	19.81	2.268 343 84		3	12	3	33.917	4	45	51.73	3.277 408 78
	6	6	57	48.013	25	46	10.92	2.317 166 62		7	12	10	55.237	4	1	0.87	3.262 499 46
	10	7	2	18.418	25	43	1.42	2.365 698 55		11	12	18	16.931	3	16	13.36	3.246 020 96
	14	7	7	5.149	25	38	49.16	2.413 819 04		15	12	25	39.089	2	31	32.73	3.227 972 79
	18	7	12	6.952	25	33	31.96	2.461 425 44	19	12	33	1.725	1	47	3.22	3.208 352 29	
	22	7	17	22.722	25	27	7.53	2.508 424 27	23	12	40	24.797	1	2	49.40	3.187 167 87	
	26	7	22	51.479	25	19	33.51	2.554 716 33	27	12	47	48.243	0	18	55.91	3.164 441 12	
Mai	30	7	28	32.246	25	10	47.69	2.600 190 63	Nov.	31	12	55	12.002	- 0	24	32.83	3.140 207 12
	4	7	34	23.972	25	0	48.35	2.644 741 39		4	13	2	36.054	- 1	7	32.88	3.114 509 02
	8	7	40	25.613	24	49	34.24	2.688 287 15		8	13	10	0.437	- 1	50	0.80	3.087 381 04
	12	7	46	36.215	24	37	4.31	2.730 767 03		12	13	17	25.173	- 2	31	52.90	3.058 836 31
	16	7	52	54.943	24	23	17.61	2.772 133 96		16	13	24	50.192	- 3	13	4.84	3.028 883 83
	20	7	59	21.093	24	8	13.18	2.812 345 74	20	13	32	15.357	- 3	53	31.99	2.997 542 85	
	24	8	5	54.063	23	51	50.04	2.851 349 52	24	13	39	40.479	- 4	33	9.71	2.964 846 00	
	28	8	12	33.243	23	34	7.55	2.889 078 08	28	13	47	5.358	- 5	11	53.65	2.930 840 81	
Juin	1	8	19	17.963	23	15	5.67	2.925 466 08	Déc.	2	13	54	29.828	- 5	49	40.10	2.895 583 88
	5	8	26	7.551	22	54	44.86	2.960 467 92		6	14	1	53.771	- 6	26	25.85	2.859 123 79
	9	8	33	1.399	22	33	5.79	2.994 055 04		10	14	9	17.054	- 7	2	7.59	2.821 489 70
	13	8	39	58.994	22	10	9.17	3.026 211 04		14	14	16	39.438	- 7	36	41.46	2.782 704 59
	17	8	46	59.935	21	45	55.58	3.056 922 82		18	14	24	0.589	- 8	10	3.43	2.742 800 88
	21	8	54	3.905	21	20	25.54	3.086 163 79	22	14	31	20.102	- 8	42	9.59	2.701 823 51	
	25	9	1	10.577	20	53	39.90	3.113 890 84	26	14	38	37.537	- 9	12	56.46	2.659 834 38	
	29	9	8	19.564	20	25	40.16	3.140 061 76	30	14	45	52.482	- 9	42	21.38	2.616 905 62	

# SATELLITES DE MARS

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

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



## PHOBOS 2006

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

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Janv.</b>	1 6	13.442	9.055	<b>Janv.</b>	16 14	10.802	9.328	<b>Janv.</b>	31 21	9.754	6.577
	1 14	13.077	10.565		16 21	11.137	6.966		<b>Févr.</b>	1 5	9.716
	1 21	12.755	7.011		17 5	11.298	8.447	1 12		9.062	5.187
	2 5	13.310	9.138		17 13	10.613	9.279	1 20		9.696	6.620
	2 13	12.860	10.558		17 20	11.075	7.056	2 4		9.604	7.543
	2 20	12.712	7.170		18 4	11.167	8.464	2 11		9.058	5.283
	3 4	13.173	9.212		18 12	10.423	9.223	2 19		9.634	6.657
	3 12	12.639	10.541		18 19	11.008	7.138	3 3		9.491	7.520
	3 19	12.660	7.319		19 3	11.032	8.474	3 10		9.050	5.371
	4 3	13.029	9.276		19 11	10.232	9.161	3 18		9.570	6.688
	4 11	12.416	10.516		19 18	10.937	7.212	4 2		9.376	7.496
	4 18	12.601	7.459		20 2	10.895	8.477	4 9		9.048	5.461
	5 2	12.880	9.331		20 9	10.152	5.523	4 17		9.509	6.720
	5 10	12.191	10.483		20 17	10.862	7.279	5 1		9.260	7.461
	5 17	12.534	7.588		21 1	10.756	8.479	5 8		9.033	5.538
	6 1	12.727	9.376		21 8	10.149	5.655	5 16		9.440	6.739
6 9	11.964	10.442	21 16	10.787	7.346	6 0	9.142	7.423			
6 16	12.461	7.708	22 0	10.615	8.469	6 7	9.015	5.608			
7 0	12.573	9.417	22 7	10.135	5.774	6 15	9.369	6.752			
7 8	11.730	10.394	22 15	10.705	7.399	6 23	9.023	7.379			
7 15	12.389	7.824	22 23	10.471	8.452	7 6	8.994	5.673			
7 23	12.409	9.444	23 6	10.115	5.885	7 14	9.295	6.760			
8 7	11.498	10.337	23 14	10.618	7.444	7 22	8.904	7.331			
8 14	12.301	7.925	23 22	10.326	8.429	8 5	8.970	5.732			
8 22	12.242	9.462	24 5	10.091	5.989	8 13	9.220	6.763			
9 5	11.424	5.938	24 13	10.529	7.482	8 21	8.783	7.278			
9 13	12.208	8.016	24 21	10.178	8.399	9 4	8.943	5.785			
9 21	12.071	9.472	25 4	10.061	6.086	9 12	9.143	6.761			
10 4	11.409	6.096	25 12	10.435	7.513	9 20	8.662	7.221			
10 12	12.109	8.099	25 20	10.029	8.364	10 3	8.914	5.833			
10 20	11.897	9.473	26 3	10.027	6.175	10 11	9.064	6.754			
11 3	11.388	6.245	26 11	10.339	7.538	10 19	8.540	7.160			
11 11	12.006	8.172	26 19	9.878	8.322	11 2	8.887	5.880			
11 19	11.721	9.467	27 2	9.989	6.257	11 10	8.982	6.744			
12 2	11.360	6.386	27 10	10.240	7.556	11 18	8.409	7.092			
12 10	11.898	8.237	27 18	9.726	8.275	12 1	8.851	5.916			
12 18	11.542	9.453	28 1	9.955	6.340	12 9	8.899	6.726			
13 1	11.326	6.517	28 9	10.143	7.575	12 17	8.285	7.022			
13 9	11.786	8.294	28 17	9.573	8.228	13 0	8.813	5.946			
13 17	11.361	9.431	29 0	9.910	6.409	13 8	8.814	6.703			
14 0	11.293	6.646	29 8	10.039	7.580	13 15	8.163	4.809			
14 8	11.672	8.348	29 16	9.419	8.170	13 23	8.773	5.972			
14 16	11.174	9.406	29 23	9.862	6.472	14 7	8.728	6.676			
14 23	11.246	6.761	30 7	9.933	7.580	14 14	8.170	4.881			
15 7	11.551	8.389	30 15	9.265	8.107	14 22	8.731	5.992			
15 15	10.989	9.371	30 22	9.810	6.528	15 6	8.641	6.644			
15 22	11.194	6.868	31 6	9.826	7.573	15 13	8.174	4.947			
16 6	11.426	8.422	31 14	9.110	8.040	15 21	8.687	6.008			

## PHOBOS 2006

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

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Févr.</b>	16 5	8.552	6.608	<b>Mars</b>	3 12	7.507	4.657	<b>Mars</b>	18 20	7.320	4.573
	16 12	8.175	5.008		3 20	7.866	5.319		19 4	7.054	4.597
	16 20	8.641	6.018		4 4	7.637	5.580		19 11	7.049	4.200
	17 4	8.463	6.567		4 11	7.515	4.689		19 19	7.290	4.535
	17 11	8.174	5.064		4 19	7.830	5.307		20 3	6.988	4.524
	17 19	8.593	6.023		5 3	7.562	5.519		20 10	7.054	4.195
	18 3	8.363	6.522		5 10	7.517	4.709		20 18	7.258	4.494
	18 10	8.174	5.119		5 18	7.791	5.283		21 2	6.921	4.450
	18 18	8.540	6.027		6 2	7.485	5.454		21 9	7.058	4.187
	19 2	8.270	6.473		6 9	7.516	4.725		21 17	7.224	4.449
	19 9	8.167	5.164		6 17	7.749	5.256		22 1	6.853	4.373
	19 17	8.487	6.022		7 1	7.407	5.387		22 8	7.059	4.175
	20 1	8.176	6.419		7 8	7.512	4.736		22 16	7.189	4.402
	20 8	8.157	5.205		7 16	7.706	5.225		23 0	6.783	4.293
	20 16	8.433	6.013		8 0	7.327	5.316		23 7	7.059	4.160
	21 0	8.081	6.362		8 7	7.506	4.743		23 15	7.152	4.352
	21 7	8.145	5.240		8 15	7.661	5.190		23 23	6.712	4.212
	21 15	8.376	5.999		8 23	7.246	5.242		24 6	7.056	4.141
	21 23	7.985	6.301		9 6	7.498	4.745		24 14	7.113	4.298
	22 6	8.130	5.270		9 14	7.614	5.152		24 22	6.639	4.128
22 14	8.318	5.981	9 22	7.163	5.166	25 5	7.057	4.123			
22 22	7.887	6.236	10 5	7.488	4.744	25 13	7.072	4.245			
23 5	8.114	5.295	10 13	7.565	5.110	25 21	6.560	4.043			
23 13	8.258	5.958	10 21	7.079	5.087	26 4	7.050	4.097			
23 21	7.789	6.167	11 4	7.484	4.746	26 12	7.028	4.185			
24 4	8.095	5.315	11 12	7.517	5.070	26 19	6.573	3.701			
24 12	8.197	5.931	11 20	6.992	5.008	27 3	7.040	4.068			
24 20	7.689	6.095	12 3	7.470	4.737	27 11	6.983	4.124			
25 3	8.074	5.336	12 11	7.465	5.021	27 18	6.599	3.704			
25 11	8.128	5.903	12 18	6.940	4.117	28 2	7.029	4.036			
25 19	7.579	6.021	13 2	7.453	4.724	28 10	6.936	4.060			
26 2	8.051	5.347	13 10	7.411	4.969	28 17	6.622	3.703			
26 10	8.064	5.868	13 17	6.961	4.139	29 1	7.016	4.001			
26 18	7.477	5.942	14 1	7.435	4.707	29 9	6.888	3.993			
27 1	8.026	5.354	14 9	7.356	4.914	29 16	6.644	3.698			
27 9	7.997	5.829	14 16	6.980	4.158	30 0	7.001	3.963			
27 16	7.471	4.515	15 0	7.415	4.686	30 8	6.838	3.924			
28 0	7.998	5.356	15 8	7.299	4.856	30 15	6.663	3.690			
28 8	7.929	5.786	15 15	6.996	4.173	30 23	6.985	3.921			
28 15	7.484	4.558	15 23	7.393	4.662	31 7	6.786	3.853			
28 23	7.968	5.353	16 7	7.240	4.795	31 14	6.681	3.679			
<b>Mars</b>	1 7	7.859	5.739	16 14	7.010	4.184	31 22	6.966	3.877		
	1 14	7.494	4.596	16 22	7.369	4.634	<b>Avril</b>	1 6	6.728	3.780	
	1 22	7.936	5.346	17 6	7.180	4.731		1 13	6.700	3.667	
	2 6	7.788	5.688	17 13	7.021	4.191		1 21	6.945	3.833	
	2 13	7.502	4.629	17 21	7.343	4.603		2 5	6.672	3.705	
2 21	7.902	5.335	18 5	7.118	4.666	2 12		6.713	3.650		
3 5	7.715	5.633	18 12	7.042	4.201	2 20	6.921	3.783			

## PHOBOS 2006

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

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Avril</b>	3	4	6.614	3.627	<b>Avril</b>	18	11	6.496	2.998	<b>Mai</b>	3	19	6.326	2.082
	3	11	6.723	3.628		18	19	6.593	2.908		4	2	5.874	2.354
	3	19	6.896	3.730		19	3	6.197	2.597		4	10	6.321	2.269
	4	3	6.555	3.548		19	10	6.504	2.957		4	18	6.295	2.010
	4	10	6.732	3.604		19	18	6.565	2.843		5	1	5.910	2.321
	4	18	6.869	3.675		20	2	6.135	2.512		5	9	6.322	2.214
	5	2	6.493	3.466		20	9	6.509	2.913		5	17	6.262	1.936
	5	9	6.738	3.576		20	17	6.535	2.775		6	0	5.946	2.286
	5	17	6.839	3.618		21	1	6.072	2.426		6	8	6.320	2.156
	6	1	6.430	3.383		21	8	6.512	2.867		6	16	6.220	1.861
	6	8	6.743	3.546		21	16	6.502	2.706		6	23	5.977	2.247
	6	16	6.807	3.558		21	23	6.071	2.787		7	7	6.315	2.097
	7	0	6.364	3.298		22	7	6.514	2.821		7	15	6.181	1.785
	7	7	6.745	3.512		22	15	6.466	2.636		7	22	6.006	2.206
	7	15	6.774	3.495		22	22	6.109	2.764		8	6	6.309	2.036
	7	23	6.297	3.212		23	6	6.512	2.770		8	14	6.139	1.708
	8	6	6.746	3.478		23	14	6.428	2.563		8	21	6.032	2.163
	8	14	6.736	3.432		23	21	6.140	2.736		9	5	6.299	1.973
	8	21	6.286	3.249		24	5	6.507	2.717		9	13	6.095	1.630
	9	5	6.743	3.439		24	13	6.388	2.489		9	20	6.055	2.118
9	13	6.698	3.365	24	20	6.168	2.706	10	4	6.287	1.908			
9	20	6.317	3.237	25	4	6.500	2.662	10	12	6.049	1.551			
10	4	6.739	3.397	25	12	6.347	2.413	10	19	6.076	2.071			
10	12	6.658	3.296	25	19	6.194	2.673	11	3	6.273	1.842			
10	19	6.346	3.222	26	3	6.491	2.605	11	11	5.999	1.471			
11	3	6.732	3.352	26	11	6.303	2.336	11	18	6.095	2.021			
11	11	6.616	3.225	26	18	6.218	2.638	12	2	6.256	1.774			
11	18	6.372	3.204	27	2	6.479	2.546	12	10	5.948	1.391			
12	2	6.722	3.305	27	10	6.256	2.258	12	17	6.111	1.970			
12	10	6.571	3.152	27	17	6.240	2.600	13	1	6.233	1.706			
12	17	6.397	3.183	28	1	6.466	2.485	13	9	5.888	1.310			
13	1	6.711	3.255	28	9	6.208	2.179	13	16	6.123	1.917			
13	9	6.524	3.078	28	16	6.259	2.559	14	0	6.210	1.636			
13	16	6.418	3.159	29	0	6.448	2.422	14	8	5.832	1.229			
14	0	6.697	3.202	29	8	6.153	2.098	14	15	6.134	1.862			
14	8	6.476	3.001	29	15	6.277	2.518	14	23	6.185	1.565			
14	15	6.438	3.132	29	23	6.428	2.357	15	7	5.773	1.147			
14	23	6.680	3.148	30	7	6.099	2.016	15	14	6.141	1.805			
15	7	6.422	2.924	30	14	6.291	2.472	15	22	6.158	1.492			
15	14	6.458	3.104	30	22	6.406	2.291	16	6	5.712	1.065			
15	22	6.662	3.093	<b>Mai</b>	1	6	6.043	1.934	16	13	6.146	1.746		
16	6	6.369	2.844		1	13	6.302	2.425	16	21	6.127	1.419		
16	13	6.473	3.072		1	21	6.382	2.223	17	4	5.742	1.897		
16	21	6.641	3.033		2	5	5.985	1.850	17	12	6.148	1.686		
17	5	6.314	2.763		2	12	6.310	2.375	17	20	6.094	1.345		
17	12	6.486	3.036		2	20	6.355	2.153	18	3	5.777	1.853		
17	20	6.618	2.972	3	4	5.924	1.766	18	11	6.148	1.624			
18	4	6.256	2.680	3	11	6.317	2.323	18	19	6.058	1.269			

## PHOBOS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Mai</b>	19 2	5.808	1.807	<b>Juin</b>	3 10	5.951	0.852	<b>Juin</b>	18 18	5.384	-0.313
	19 10	6.145	1.561		3 18	5.718	0.414		19 1	5.646	0.554
	19 18	6.020	1.193		4 1	5.757	1.165		19 9	5.702	0.089
	20 1	5.839	1.760		4 9	5.936	0.782		19 17	5.328	-0.385
	20 9	6.138	1.497		4 17	5.669	0.338		20 0	5.654	0.487
	20 17	5.976	1.117		5 0	5.775	1.105		20 8	5.675	0.016
	21 0	5.866	1.711		5 8	5.919	0.711		20 16	5.269	-0.457
	21 8	6.129	1.431		5 16	5.618	0.262		20 23	5.659	0.420
	21 16	5.932	1.040		5 23	5.790	1.043		21 7	5.646	-0.056
	21 23	5.890	1.659		6 7	5.899	0.640		21 14	5.283	0.802
	22 7	6.118	1.363		6 15	5.565	0.186		21 22	5.661	0.352
	22 15	5.886	0.962		6 22	5.802	0.981		22 6	5.614	-0.128
	22 22	5.911	1.605		7 6	5.876	0.568		22 13	5.316	0.742
	23 6	6.104	1.295		7 14	5.509	0.110		22 21	5.660	0.283
	23 14	5.838	0.884		7 21	5.812	0.917		23 5	5.579	-0.201
	23 21	5.930	1.550		8 5	5.851	0.495		23 12	5.346	0.681
	24 5	6.087	1.225		8 13	5.451	0.034		23 20	5.657	0.213
	24 13	5.787	0.806		8 20	5.819	0.852		24 4	5.537	-0.272
	24 20	5.946	1.493		9 4	5.824	0.422		24 11	5.375	0.619
	25 4	6.067	1.155		9 11	5.416	1.161		24 19	5.648	0.144
	25 12	5.733	0.727		9 19	5.823	0.786		25 3	5.497	-0.344
	25 19	5.959	1.435		10 3	5.787	0.349		25 10	5.400	0.555
	26 3	6.045	1.083		10 10	5.452	1.107		25 18	5.639	0.074
	26 11	5.677	0.648		10 18	5.821	0.720		26 2	5.454	-0.416
	26 18	5.969	1.375		11 2	5.753	0.276		26 9	5.422	0.491
27 2	6.018	1.012	11 9	5.485	1.050	26 17	5.627	0.003			
27 10	5.614	0.569	11 17	5.820	0.652	27 1	5.409	-0.488			
27 17	5.977	1.315	12 1	5.717	0.202	27 8	5.441	0.425			
28 1	5.990	0.939	12 8	5.515	0.993	27 16	5.613	-0.068			
28 8	5.555	1.541	12 16	5.815	0.584	28 0	5.362	-0.559			
28 16	5.982	1.252	13 0	5.679	0.128	28 7	5.458	0.359			
29 0	5.960	0.865	13 7	5.542	0.934	28 15	5.595	-0.139			
29 7	5.592	1.492	13 15	5.808	0.514	28 23	5.311	-0.629			
29 15	5.984	1.188	13 23	5.637	0.054	29 6	5.471	0.292			
29 23	5.927	0.791	14 6	5.567	0.873	29 14	5.575	-0.211			
30 6	5.626	1.442	14 14	5.798	0.445	29 22	5.258	-0.699			
30 14	5.983	1.123	14 22	5.594	-0.020	30 5	5.482	0.224			
30 22	5.891	0.716	15 5	5.589	0.811	30 13	5.551	-0.282			
31 5	5.657	1.389	15 13	5.786	0.374	30 21	5.202	-0.769			
31 13	5.980	1.056	15 21	5.547	-0.094	<b>Juill.</b> 1 4	5.491	0.156			
<b>Juin</b>	31 21	5.853	0.641	16 4	5.608	0.749	1 12	5.524	-0.353		
	1 4	5.686	1.335	16 12	5.770	0.303	1 20	5.141	-0.837		
	1 12	5.974	0.989	16 20	5.498	-0.167	2 3	5.497	0.087		
	1 20	5.813	0.565	17 3	5.622	0.685	2 11	5.496	-0.424		
	2 3	5.712	1.280	17 11	5.746	0.232	2 18	5.119	0.527		
	2 11	5.965	0.921	17 19	5.439	-0.240	3 2	5.499	0.018		
	2 19	5.770	0.490	18 2	5.636	0.620	3 10	5.465	-0.495		
	3 2	5.737	1.223	18 10	5.725	0.161	3 17	5.152	0.464		

## PHOBOS 2006

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations est  
Équateur moyen J2000 (jour julien 2451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Juill.</b>	4 1	5.499	-0.052	<b>Juill.</b>	19 9	5.127	-1.168	<b>Août</b>	3 16	5.007	-0.649
	4 9	5.431	-0.566		19 16	5.116	-0.129		4 0	5.068	-1.255
	4 16	5.183	0.399		20 0	5.299	-0.707		4 8	4.746	-1.767
	5 0	5.496	-0.122		20 8	5.082	-1.235		4 15	5.014	-0.721
	5 8	5.395	-0.637		20 15	5.133	-0.199		4 23	5.043	-1.322
	5 15	5.210	0.334		20 23	5.283	-0.778		5 7	4.689	-1.824
	5 23	5.490	-0.193		21 7	5.035	-1.300		5 14	5.018	-0.793
	6 7	5.356	-0.707		21 14	5.147	-0.269		5 22	5.015	-1.389
	6 14	5.234	0.268		21 22	5.265	-0.848		6 5	4.676	-0.209
	6 22	5.481	-0.263		22 6	4.982	-1.364		6 13	5.020	-0.864
	7 6	5.315	-0.777		22 13	5.159	-0.340		6 21	4.986	-1.456
	7 13	5.256	0.201		22 21	5.242	-0.918		7 4	4.705	-0.281
	7 21	5.469	-0.334		23 5	4.931	-1.428		7 12	5.019	-0.935
	8 5	5.269	-0.846		23 12	5.168	-0.411		7 20	4.954	-1.521
	8 12	5.280	0.133		23 20	5.219	-0.987		8 3	4.732	-0.352
	8 20	5.456	-0.405		24 4	4.877	-1.490		8 11	5.015	-1.006
	9 4	5.222	-0.914		24 11	5.173	-0.482		8 19	4.920	-1.586
	9 11	5.296	0.065		24 19	5.193	-1.056		9 2	4.756	-0.424
	9 19	5.439	-0.476		25 3	4.820	-1.552		9 10	5.009	-1.077
10 3	5.173	-0.982	25 10	5.177	-0.553	9 18	4.884	-1.650			
10 10	5.310	-0.004	25 18	5.164	-1.125	10 1	4.778	-0.497			
10 18	5.420	-0.546	26 1	4.832	-0.010	10 9	5.000	-1.147			
11 2	5.122	-1.049	26 9	5.177	-0.624	10 17	4.845	-1.713			
11 9	5.320	-0.073	26 17	5.133	-1.193	11 0	4.798	-0.569			
11 17	5.398	-0.617	27 0	4.862	-0.080	11 8	4.989	-1.217			
12 1	5.068	-1.116	27 8	5.176	-0.695	11 16	4.804	-1.775			
12 8	5.329	-0.143	27 16	5.100	-1.260	11 23	4.814	-0.642			
12 16	5.373	-0.687	27 23	4.889	-0.150	12 7	4.975	-1.287			
13 0	5.012	-1.181	28 7	5.171	-0.766	12 15	4.759	-1.835			
13 7	5.334	-0.213	28 15	5.064	-1.326	12 22	4.830	-0.715			
13 15	5.346	-0.757	28 22	4.914	-0.220	13 6	4.959	-1.355			
13 22	4.956	0.280	29 6	5.163	-0.837	13 14	4.714	-1.895			
14 6	5.337	-0.283	29 14	5.023	-1.391	13 21	4.842	-0.787			
14 14	5.316	-0.827	29 21	4.937	-0.292	14 5	4.941	-1.423			
14 21	4.989	0.214	30 5	5.154	-0.907	14 13	4.667	-1.953			
15 5	5.339	-0.354	30 13	4.983	-1.456	14 20	4.851	-0.860			
15 13	5.282	-0.897	30 20	4.956	-0.363	15 4	4.920	-1.491			
15 20	5.024	0.145	31 4	5.142	-0.978	15 12	4.618	-2.010			
16 4	5.336	-0.425	31 12	4.940	-1.520	15 19	4.858	-0.932			
16 12	5.247	-0.965	31 19	4.973	-0.434	16 3	4.897	-1.557			
16 19	5.051	0.078	<b>Août</b>	1 3	5.127	-1.048	16 11	4.567	-2.066		
17 3	5.330	-0.495		1 11	4.895	-1.584	16 18	4.863	-1.004		
17 11	5.209	-1.034		1 18	4.987	-0.506	17 2	4.872	-1.623		
17 18	5.075	0.010		2 2	5.110	-1.117	17 9	4.519	-0.383		
18 2	5.322	-0.566		2 10	4.848	-1.646	17 17	4.865	-1.076		
18 10	5.169	-1.101	2 17	4.998	-0.577	18 1	4.845	-1.688			
18 17	5.097	-0.059	3 1	5.090	-1.186	18 8	4.548	-0.457			
19 1	5.312	-0.637	3 9	4.798	-1.707	18 16	4.865	-1.147			

## PHOBOS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Août</b>	19	0	4.813	-1.752	<b>Sept.</b>	3	7	4.506	-0.983	<b>Sept.</b>	18	15	4.500	-2.091
	19	7	4.577	-0.531		3	15	4.685	-1.678		18	23	4.251	-2.613
	19	15	4.862	-1.218		3	23	4.511	-2.247		19	6	4.418	-1.483
	19	23	4.781	-1.815		4	6	4.522	-1.056		19	14	4.482	-2.153
	20	6	4.601	-0.604		4	14	4.673	-1.745		19	22	4.209	-2.660
	20	14	4.857	-1.289		4	22	4.472	-2.302		20	5	4.425	-1.554
	20	22	4.747	-1.877		5	5	4.535	-1.130		20	13	4.464	-2.213
	21	5	4.623	-0.678		5	13	4.659	-1.811		20	21	4.166	-2.706
	21	13	4.849	-1.358		5	21	4.432	-2.356		21	4	4.430	-1.624
	21	21	4.711	-1.938		6	4	4.546	-1.203		21	12	4.443	-2.273
	22	4	4.642	-0.751		6	12	4.643	-1.876		21	20	4.121	-2.749
	22	12	4.840	-1.428		6	20	4.389	-2.409		22	3	4.433	-1.694
	22	20	4.673	-1.998		7	3	4.555	-1.275		22	11	4.421	-2.331
	23	3	4.659	-0.824		7	11	4.624	-1.940		22	18	4.138	-1.006
	23	11	4.828	-1.496		7	19	4.344	-2.459		23	2	4.433	-1.763
	23	19	4.633	-2.056		8	2	4.562	-1.347		23	10	4.394	-2.387
	24	2	4.674	-0.898		8	10	4.604	-2.003		23	17	4.164	-1.083
	24	10	4.814	-1.564		8	18	4.298	-2.508		24	1	4.432	-1.831
	24	18	4.591	-2.114		9	1	4.566	-1.419		24	9	4.368	-2.442
	25	1	4.687	-0.971		9	9	4.579	-2.065		24	16	4.186	-1.158
	25	9	4.798	-1.632		9	17	4.246	-2.555		25	0	4.430	-1.898
	25	17	4.547	-2.170		10	0	4.569	-1.490		25	8	4.340	-2.496
	26	0	4.698	-1.044		10	8	4.554	-2.126		25	15	4.207	-1.232
	26	8	4.777	-1.698		10	15	4.267	-0.818		25	23	4.425	-1.964
26	16	4.496	-2.223	10	23	4.569	-1.560	26	7	4.311	-2.548			
26	23	4.705	-1.117	11	7	4.528	-2.186	26	14	4.225	-1.306			
27	7	4.756	-1.763	11	14	4.292	-0.894	26	22	4.419	-2.029			
27	15	4.448	-2.277	11	22	4.568	-1.630	27	6	4.281	-2.599			
27	22	4.710	-1.189	12	6	4.500	-2.244	27	13	4.242	-1.379			
28	6	4.733	-1.827	12	13	4.315	-0.968	27	21	4.411	-2.093			
28	14	4.398	-2.328	12	21	4.564	-1.698	28	5	4.249	-2.649			
28	21	4.713	-1.260	13	5	4.470	-2.301	28	12	4.257	-1.452			
29	5	4.708	-1.891	13	12	4.336	-1.043	28	20	4.402	-2.156			
29	12	4.394	-0.611	13	20	4.558	-1.766	29	4	4.215	-2.697			
29	20	4.714	-1.331	14	4	4.439	-2.357	29	11	4.271	-1.525			
30	4	4.681	-1.953	14	11	4.354	-1.117	29	19	4.391	-2.218			
30	11	4.421	-0.685	14	19	4.551	-1.833	30	3	4.175	-2.740			
30	19	4.713	-1.402	15	3	4.405	-2.411	30	10	4.281	-1.596			
31	3	4.652	-2.015	15	10	4.371	-1.191	30	18	4.374	-2.276			
31	10	4.446	-0.759	15	18	4.541	-1.899	<b>Oct.</b>	1	2	4.138	-2.785		
<b>Sept.</b>	31	18	4.710	-1.472	16	2	4.367	-2.464	1	9	4.290	-1.667		
	1	2	4.621	-2.075	16	9	4.386	-1.266	1	17	4.359	-2.335		
	1	9	4.468	-0.834	16	17	4.528	-1.964	2	1	4.100	-2.828		
	1	17	4.705	-1.542	17	1	4.330	-2.515	2	8	4.298	-1.736		
	2	1	4.584	-2.133	17	8	4.399	-1.339	2	16	4.343	-2.393		
	2	8	4.488	-0.909	17	16	4.515	-2.028	3	0	4.061	-2.869		
	2	16	4.695	-1.610	18	0	4.291	-2.565	3	7	4.304	-1.805		
	3	0	4.548	-2.191	18	7	4.409	-1.411	3	15	4.325	-2.450		

## PHOBOS 2006

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations est  
Équateur moyen J2000 (jour julien 2451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
Oct.	3 23	4.020	-2.908	Oct.	19 6	4.211	-2.217	Nov.	3 14	4.073	-3.005
	4 6	4.309	-1.873		19 14	4.161	-2.791		3 21	3.936	-1.882
	4 14	4.306	-2.505		19 21	3.968	-1.548		4 5	4.150	-2.558
	4 21	4.015	-1.177		20 5	4.212	-2.277		4 13	4.052	-3.038
	5 5	4.312	-1.940		20 13	4.141	-2.835		4 20	3.959	-1.950
	5 13	4.285	-2.558		20 20	3.989	-1.619		5 4	4.151	-2.609
	5 20	4.040	-1.252		21 4	4.209	-2.338		5 12	4.033	-3.070
	6 4	4.313	-2.007		21 12	4.114	-2.877		5 19	3.978	-2.014
	6 12	4.263	-2.610		21 19	4.009	-1.691		6 3	4.151	-2.659
	6 19	4.063	-1.326		22 3	4.208	-2.396		6 11	4.013	-3.100
7 3	4.309	-2.070	22 11	4.092	-2.918	6 18	3.997	-2.078			
7 11	4.233	-2.658	22 18	4.027	-1.761	7 2	4.150	-2.706			
7 18	4.083	-1.400	23 2	4.205	-2.452	7 10	3.992	-3.129			
8 2	4.307	-2.134	23 10	4.067	-2.958	7 17	4.015	-2.140			
8 10	4.208	-2.707	23 17	4.045	-1.829	8 1	4.148	-2.752			
8 17	4.102	-1.473	24 1	4.201	-2.507	8 9	3.970	-3.155			
9 1	4.303	-2.197	24 9	4.042	-2.995	8 16	4.032	-2.201			
9 9	4.181	-2.754	24 16	4.060	-1.897	9 0	4.145	-2.797			
9 16	4.120	-1.546	25 0	4.195	-2.561	9 8	3.947	-3.179			
10 0	4.298	-2.258	25 8	4.015	-3.030	9 15	4.048	-2.260			
10 8	4.153	-2.800	25 15	4.075	-1.963	9 23	4.142	-2.839			
10 15	4.136	-1.617	25 23	4.189	-2.613	10 7	3.924	-3.201			
10 23	4.291	-2.318	26 7	3.988	-3.064	10 14	4.063	-2.318			
11 7	4.124	-2.843	26 14	4.088	-2.028	10 22	4.137	-2.880			
11 14	4.151	-1.688	26 22	4.181	-2.663	11 6	3.895	-3.219			
11 22	4.283	-2.377	27 6	3.959	-3.096	11 13	4.076	-2.375			
12 6	4.093	-2.885	27 13	4.100	-2.092	11 21	4.128	-2.918			
12 13	4.164	-1.758	27 21	4.171	-2.712	12 5	3.869	-3.237			
12 21	4.274	-2.434	28 5	3.925	-3.124	12 12	4.089	-2.430			
13 5	4.062	-2.926	28 12	4.111	-2.157	12 20	4.121	-2.955			
13 12	4.176	-1.826	28 20	4.159	-2.759	13 4	3.843	-3.253			
13 20	4.263	-2.490	29 4	3.894	-3.152	13 11	4.100	-2.483			
14 4	4.021	-2.961	29 11	4.120	-2.218	13 19	4.113	-2.989			
14 11	4.183	-1.894	29 19	4.147	-2.805	14 3	3.816	-3.266			
14 19	4.244	-2.543	30 3	3.863	-3.177	14 10	4.111	-2.535			
15 3	3.987	-2.998	30 10	4.128	-2.278	14 18	4.105	-3.022			
15 10	4.191	-1.961	30 18	4.135	-2.848	15 1	3.839	-1.920			
15 18	4.231	-2.596	31 1	3.840	-1.607	15 9	4.121	-2.585			
16 2	3.952	-3.033	31 9	4.135	-2.337	15 17	4.095	-3.053			
16 9	4.199	-2.027	31 17	4.121	-2.890	16 0	3.867	-1.984			
16 17	4.215	-2.647	Nov.	1 0	3.865	-1.677	16 8	4.131	-2.633		
17 1	3.915	-3.066		1 8	4.141	-2.394	16 16	4.085	-3.082		
17 8	4.204	-2.092		1 16	4.106	-2.930	16 23	3.894	-2.046		
17 16	4.199	-2.697		1 23	3.890	-1.746	17 7	4.139	-2.680		
17 23	3.921	-1.403	2 7	4.145	-2.450	17 15	4.074	-3.108			
18 7	4.208	-2.155	2 15	4.090	-2.968	17 22	3.920	-2.107			
18 15	4.181	-2.745	2 22	3.913	-1.815	18 6	4.143	-2.724			
18 22	3.945	-1.476	3 6	4.149	-2.505	18 14	4.057	-3.132			

## PHOBOS 2006

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongation est

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
Nov.	18	21	3.945	-2.168	Déc.	3	14	4.140	-3.159	Déc.	18	6	4.397	-2.888
	19	5	4.150	-2.767		3	21	4.019	-2.389		18	14	4.321	-3.063
	19	13	4.045	-3.154		4	5	4.235	-2.889		18	21	4.179	-2.526
	19	20	3.969	-2.226		4	13	4.133	-3.167		19	5	4.417	-2.903
	20	4	4.156	-2.808		4	20	4.049	-2.437		19	13	4.321	-3.055
	20	12	4.031	-3.174		5	4	4.247	-2.917		19	20	4.217	-2.560
	20	19	3.992	-2.283		5	12	4.125	-3.173		20	4	4.436	-2.916
	21	3	4.161	-2.847		5	19	4.079	-2.483		20	12	4.319	-3.045
	21	11	4.016	-3.192		6	3	4.258	-2.943		20	19	4.255	-2.592
	21	18	4.015	-2.338		6	11	4.117	-3.177		21	3	4.454	-2.926
	22	2	4.164	-2.884		6	18	4.108	-2.527		21	11	4.317	-3.032
	22	10	4.001	-3.208		7	2	4.269	-2.967		21	18	4.292	-2.622
	22	17	4.037	-2.392		7	10	4.108	-3.178		22	2	4.472	-2.934
	23	1	4.168	-2.919		7	17	4.136	-2.569		22	10	4.313	-3.017
	23	9	3.984	-3.221		8	1	4.278	-2.989		22	17	4.329	-2.650
	23	16	4.058	-2.444		8	9	4.097	-3.177		23	1	4.483	-2.937
	24	0	4.170	-2.951		8	16	4.164	-2.609		23	9	4.302	-2.996
	24	8	3.967	-3.232		9	0	4.284	-3.007		23	16	4.359	-2.674
	24	15	4.079	-2.494		9	8	4.083	-3.171		24	0	4.499	-2.940
	24	23	4.171	-2.982		9	15	4.189	-2.647		24	8	4.297	-2.976
	25	7	3.945	-3.240		9	23	4.292	-3.023		24	15	4.394	-2.697
	25	14	4.096	-2.542		10	7	4.071	-3.165		24	23	4.513	-2.940
	25	22	4.168	-3.010		10	14	4.215	-2.683		25	7	4.290	-2.953
26	6	3.926	-3.247	10	22	4.299	-3.038	25	14	4.428	-2.717			
26	13	4.115	-2.589	11	6	4.058	-3.157	25	22	4.527	-2.937			
26	21	4.168	-3.037	11	13	4.240	-2.717	26	6	4.281	-2.927			
27	5	3.907	-3.251	11	21	4.305	-3.050	26	13	4.462	-2.735			
27	12	4.133	-2.633	12	5	4.044	-3.146	26	21	4.540	-2.932			
27	20	4.167	-3.061	12	12	4.265	-2.748	27	5	4.272	-2.899			
28	4	3.887	-3.253	12	20	4.311	-3.059	27	12	4.495	-2.750			
28	11	4.150	-2.676	13	4	4.029	-3.132	27	20	4.552	-2.924			
28	19	4.165	-3.083	13	11	4.290	-2.777	28	4	4.261	-2.869			
29	3	3.865	-3.252	13	19	4.316	-3.066	28	11	4.527	-2.763			
29	10	4.167	-2.717	14	3	4.014	-3.116	28	19	4.562	-2.914			
29	18	4.163	-3.103	14	10	4.314	-2.805	29	3	4.248	-2.836			
30	1	3.892	-2.179	14	18	4.320	-3.071	29	10	4.558	-2.773			
30	9	4.182	-2.755	15	1	4.024	-2.367	29	18	4.572	-2.900			
30	17	4.159	-3.121	15	9	4.337	-2.829	30	1	4.245	-2.458			
Déc.	1	0	3.925	-2.234	15	17	4.323	-3.074	30	9	4.582	-2.779		
	1	8	4.197	-2.792	16	0	4.063	-2.410	30	17	4.574	-2.883		
1	16	4.154	-3.136	16	8	4.355	-2.851	31	0	4.293	-2.486			
1	23	3.957	-2.287	16	16	4.320	-3.071	31	8	4.612	-2.784			
2	7	4.209	-2.827	16	23	4.102	-2.450	31	16	4.582	-2.865			
2	15	4.146	-3.148	17	7	4.376	-2.871	31	23	4.341	-2.511			
2	22	3.988	-2.339	17	15	4.321	-3.068							
3	6	4.222	-2.859	17	22	4.141	-2.489							



## DÉIMOS 2006

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

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Janv.</b>	1 18	32.634	24.552	<b>Mars</b>	3 11	19.095	13.967	<b>Mai</b>	3 4	15.533	6.103
	3 0	32.301	23.211		4 17	18.974	13.500		4 11	15.566	5.654
	4 6	31.821	21.804		6 0	18.753	13.760		5 17	15.518	5.686
	5 13	31.269	23.652		7 6	18.718	13.370		7 0	15.434	5.169
	6 19	30.955	22.377		8 12	18.576	12.929		8 6	15.453	5.232
	8 1	30.495	21.025		9 19	18.427	13.163		9 12	15.387	5.278
	9 8	29.989	22.766		11 1	18.367	12.792		10 19	15.337	4.746
	10 14	29.688	21.550		12 7	18.201	12.375		12 1	15.337	4.822
	11 20	29.246	20.268		13 14	18.122	12.583		13 7	15.254	4.884
	13 3	28.794	21.906		14 20	18.037	12.234		14 14	15.238	4.337
	14 9	28.498	20.744		16 2	17.848	11.840		15 20	15.219	4.424
	15 15	28.067	19.519		17 9	17.836	12.021		17 2	15.118	4.499
	16 22	27.675	21.068		18 15	17.726	11.692		18 9	15.133	3.937
	18 4	27.386	19.963		19 22	17.598	11.739		19 15	15.097	4.039
	19 10	26.963	18.796		21 4	17.566	11.475		20 22	14.995	3.427
	20 17	26.634	20.263		22 10	17.432	11.167		22 4	15.025	3.551
	21 23	26.342	19.199		23 17	17.368	11.192		23 10	14.973	3.666
	23 5	25.922	18.085		24 23	17.310	10.945		24 17	14.899	3.040
	24 12	25.660	19.474		26 5	17.152	10.657		25 23	14.912	3.176
25 18	25.369	18.467	27 12	17.150	10.659	27 5	14.846	3.305			
27 0	24.948	17.400	28 18	17.067	10.430	28 12	14.799	2.666			
28 7	24.753	18.714	30 1	16.951	10.313	29 18	14.797	2.814			
29 13	24.456	17.751	31 7	16.942	10.140	31 0	14.715	2.955			
30 20	24.087	18.839	<b>Avril</b>	1 13	16.836	9.930	<b>Juin</b>	1 7	14.694	2.303	
<b>Févr.</b>	1 2	23.909		17.981	2 20	16.777		9.793	2 13	14.677	2.463
	2 8	23.604	17.063	4 2	16.743	9.636	3 19	14.581	2.619		
	3 15	23.314	18.096	5 8	16.613	9.443	5 2	14.585	1.954		
	4 21	23.121	17.271	6 15	16.609	9.287	6 8	14.553	2.126		
	6 3	22.806	16.394	7 21	16.552	9.146	7 14	14.443	2.295		
	7 10	22.594	17.373	9 4	16.435	8.886	8 21	14.471	1.615		
	8 16	22.389	16.591	10 10	16.448	8.794	10 3	14.426	1.802		
	9 22	22.062	15.752	11 16	16.367	8.669	11 10	14.336	1.094		
	11 5	21.926	16.679	12 23	16.301	8.392	12 16	14.354	1.290		
	12 11	21.704	15.931	14 5	16.290	8.314	13 22	14.295	1.488		
	13 18	21.423	16.664	15 11	16.187	8.206	15 5	14.227	0.768		
	15 0	21.303	16.009	16 18	16.169	7.911	16 11	14.232	0.977		
	16 6	21.065	15.296	18 0	16.135	7.847	17 17	14.162	1.188		
	17 13	20.864	15.989	19 6	16.010	7.755	19 0	14.116	0.457		
	18 19	20.722	15.361	20 13	16.039	7.441	20 6	14.107	0.677		
	20 1	20.465	14.681	21 19	15.984	7.393	21 12	14.025	0.900		
	21 8	20.342	15.335	23 2	15.895	6.993	22 19	13.999	0.156		
	22 14	20.180	14.739	24 8	15.909	6.984	24 1	13.980	0.389		
	23 21	19.926	15.217	25 14	15.832	6.950	25 7	13.885	0.625		
25 3	19.855	14.702	26 21	15.787	6.534	26 14	13.880	-0.131			
26 9	19.671	14.134	28 3	15.778	6.538	27 20	13.847	0.112			
27 16	19.495	14.581	29 9	15.682	6.521	29 2	13.743	0.361			
28 22	19.401	14.092	30 16	15.678	6.089	30 9	13.756	-0.407			
<b>Mars</b>	2 4	19.196	13.551	<b>Mai</b>	1 22	15.648	6.106	<b>Juill.</b>	1 15	13.714	-0.151

## DÉIMOS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Juill.</b>	2 22	13.613	-0.927	<b>Sept.</b>	1 14	11.480	-3.741	<b>Nov.</b>	1 8	10.009	-6.766
	4 4	13.630	-0.670		2 21	11.466	-4.619		2 15	9.953	-7.416
	5 10	13.576	-0.403		4 3	11.432	-4.234		3 21	9.992	-7.099
	6 17	13.494	-1.189		5 9	11.336	-3.825		5 3	9.968	-6.743
	7 23	13.500	-0.921		6 16	11.346	-4.714		6 10	9.957	-7.395
	9 5	13.436	-0.642		7 22	11.300	-4.321		7 16	9.975	-7.073
	10 12	13.373	-1.438		9 5	11.221	-5.171		8 22	9.929	-6.715
	11 18	13.369	-1.160		10 11	11.225	-4.796		10 5	9.965	-7.369
	13 0	13.293	-0.871		11 17	11.167	-4.394		11 11	9.959	-7.041
	14 7	13.249	-1.678		13 0	11.114	-5.254		12 18	9.940	-7.627
	15 13	13.234	-1.386	14 6	11.104	-4.872	14 0	9.975	-7.332		
	16 19	13.149	-1.085	15 12	11.033	-4.462	15 6	9.946	-7.002		
	18 2	13.123	-1.903	16 19	11.007	-5.326	16 13	9.977	-7.589		
	19 8	13.097	-1.603	18 1	10.984	-4.936	17 19	9.988	-7.291		
	20 14	13.002	-1.290	19 7	10.900	-4.517	19 2	9.965	-7.804		
	21 21	12.993	-2.117	20 14	10.900	-5.392	20 8	10.016	-7.540		
	23 3	12.957	-1.806	21 20	10.863	-4.993	21 14	10.002	-7.239		
	24 9	12.853	-1.480	23 3	10.782	-5.823	22 21	10.032	-7.753		
	25 16	12.862	-2.319	24 9	10.793	-5.446	24 3	10.058	-7.485		
	26 22	12.816	-1.998	25 15	10.742	-5.039	25 10	10.035	-7.925		
28 5	12.718	-2.826	26 22	10.692	-5.877	26 16	10.101	-7.692			
29 11	12.729	-2.509	28 4	10.687	-5.494	27 22	10.102	-7.421			
30 17	12.674	-2.178	29 10	10.622	-5.080	29 5	10.133	-7.859			
<b>Août</b>	1 0	12.595	-3.014	30 17	10.602	-5.921	30 11	10.174	-7.623		
	2 6	12.595	-2.690	<b>Oct.</b>	1 23	10.581	-5.530	<b>Déc.</b>	1 18	10.154	-7.985
	3 12	12.529	-2.348	3 5	10.500	-5.109	3 0	10.233	-7.782		
	4 19	12.469	-3.193	4 12	10.512	-5.960	4 6	10.248	-7.544		
	6 1	12.460	-2.858	5 18	10.476	-5.561	5 13	10.283	-7.900		
	7 7	12.384	-2.505	7 1	10.415	-6.361	6 19	10.338	-7.697		
	8 14	12.343	-3.360	8 7	10.423	-5.987	8 1	10.326	-7.457		
	9 20	12.323	-3.017	9 13	10.370	-5.581	9 8	10.416	-7.807		
	11 2	12.238	-2.654	10 20	10.344	-6.389	10 14	10.444	-7.601		
	12 9	12.216	-3.515	12 2	10.336	-6.009	11 21	10.481	-7.872		
	13 15	12.185	-3.162	13 8	10.266	-5.596	13 3	10.551	-7.703		
	14 21	12.090	-2.789	14 15	10.274	-6.406	14 9	10.552	-7.498		
	16 4	12.087	-3.662	15 21	10.248	-6.019	15 16	10.647	-7.760		
	17 10	12.046	-3.300	17 4	10.190	-6.778	16 22	10.688	-7.588		
	18 17	11.944	-4.147	18 10	10.206	-6.418	18 5	10.728	-7.769		
	19 23	11.958	-3.797	19 16	10.162	-6.025	19 11	10.813	-7.635		
	21 5	11.906	-3.424	20 23	10.143	-6.788	20 17	10.827	-7.466		
	22 12	11.826	-4.280	22 5	10.139	-6.419	22 0	10.923	-7.634		
	23 18	11.827	-3.922	23 11	10.075	-6.019	23 6	10.981	-7.501		
	25 0	11.765	-3.541	24 18	10.096	-6.788	24 13	11.020	-7.587		
26 7	11.706	-4.402	26 0	10.074	-6.416	25 19	11.120	-7.488			
27 13	11.696	-4.035	27 7	10.033	-7.125	27 1	11.148	-7.356			
28 19	11.623	-3.645	28 13	10.051	-6.780	28 8	11.244	-7.428			
30 2	11.587	-4.517	29 19	10.009	-6.402	29 14	11.317	-7.331			
31 8	11.565	-4.141	31 2	10.011	-7.114	30 21	11.350	-7.320			



# SATELLITES DE JUPITER

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

IO .....	II. 110
EUROPE .....	II. 113
GANYMÈDE .....	II. 115
CALLISTO .....	II. 116

## IO 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y	
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	
<b>Janv.</b>	1 4	93.275	-31.126	<b>Févr.</b>	10 21	105.517	-32.133	<b>Mars</b>	23 14	119.389	-35.650	
	2 2	-93.529	30.587		11 19	-105.443	31.408		24 11	-118.665	35.785	
	2 23	93.828	-30.719		12 16	106.268	-31.761		25 8	119.726	-36.337	
	3 20	-94.065	31.022		13 13	-106.132	32.001		26 6	-118.991	35.324	
	4 17	94.198	-31.100		14 10	106.815	-32.318		27 3	120.273	-35.951	
	5 15	-94.392	30.535		15 8	-106.504	31.510		28 0	-119.722	36.145	
	6 12	94.709	-30.672		16 5	107.538	-31.936		28 21	120.720	-36.693	
	7 9	-95.003	30.999		17 2	-107.278	32.150		29 18	-119.866	36.796	
	8 6	95.118	-31.076		17 23	108.112	-32.513		30 16	121.134	-36.272	
	9 4	-95.282	30.491		18 21	-107.639	31.656		31 13	-120.586	36.462	
	10 1	95.683	-30.663		19 18	108.686	-32.088		<b>Avril</b>	1 10	121.684	-37.058
	10 22	-95.876	30.955		20 15	-108.524	32.340			2 7	-120.864	37.172
	11 19	96.170	-31.096		21 12	109.357	-32.713			3 5	121.851	-36.569
12 17	-96.148	30.445	22 9	-108.861	32.872	4 2	-121.376	36.779				
13 14	96.677	-30.658	23 7	109.875	-32.272	4 23	122.538	-37.414				
14 11	-96.843	30.950	24 4	-109.715	32.532	5 20	-121.696	37.515				
15 8	97.177	-31.102	25 1	110.599	-32.929	6 17	122.711	-38.110				
16 6	-97.097	30.428	25 22	-110.182	33.120	7 15	-121.950	37.052				
17 3	97.690	-30.664	26 20	110.984	-32.454	8 12	123.309	-37.756				
18 0	-97.813	30.948	27 17	-110.922	32.743	9 9	-122.451	37.860				
18 21	98.249	-31.134	<b>Mars</b>	28 14	111.848	-33.172	10 6	123.499	-38.470			
19 18	-98.086	31.335		1 11	-111.401	33.352	11 4	-122.528	37.343			
20 16	98.684	-30.668		2 8	112.210	-33.750	12 1	123.855	-38.049			
21 13	-98.896	30.987		3 6	-111.999	32.939	12 22	-123.102	38.183			
22 10	99.273	-31.159		4 3	113.114	-33.432	13 19	124.195	-38.823			
23 7	-99.202	31.390		5 0	-112.626	33.612	14 16	-123.157	38.870			
24 5	99.736	-30.700		5 21	113.505	-34.040	15 14	124.297	-38.327			
25 2	-99.915	31.008		6 19	-113.129	33.172	16 11	-123.631	38.485			
25 23	100.433	-31.234		7 16	114.294	-33.694	17 8	124.694	-39.128			
26 20	-100.268	31.440		8 13	-113.814	33.879	18 5	-123.812	39.217			
27 18	100.833	-30.752		9 10	114.805	-34.352	19 2	124.606	-39.783			
28 15	-100.985	31.057		10 8	-114.180	33.406	20 0	-123.953	38.729			
29 12	101.567	-31.308		11 5	115.415	-33.955	20 21	125.170	-39.441			
30 9	-101.393	31.516	12 2	-115.030	34.179	21 18	-124.184	39.487				
31 7	101.960	-30.822	12 23	115.962	-34.643	22 15	125.188	-40.130				
<b>Févr.</b>	1 4	-102.028	31.106	13 20	-115.342	34.802	23 13	-124.117	38.942			
	2 1	102.774	-31.409	14 18	116.463	-34.225	24 10	125.426	-39.689			
	2 22	-102.525	31.608	15 15	-116.129	34.459	25 7	-124.510	39.756			
	3 20	103.055	-30.889	16 12	117.182	-34.982	26 4	125.532	-40.412			
	4 17	-103.185	31.202	17 9	-116.495	35.119	27 1	-124.319	40.387			
	5 14	103.884	-31.496	18 7	117.520	-34.516	27 23	125.552	-39.903			
	6 11	-103.757	31.736	19 4	-117.158	34.747	28 20	-124.636	39.966			
	7 8	104.260	-31.976	20 1	118.293	-35.307	29 17	125.736	-40.653			
	8 6	-104.301	31.295	20 22	-117.641	35.458	30 14	-124.616	40.654			
	9 3	105.092	-31.626	21 19	118.578	-35.965	<b>Mai</b>	1 12	125.423	-40.040		
	10 0	-104.931	31.859	22 17	-118.079	35.023		2 9	-124.708	40.159		

## IO 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Mai</b>	3	6	125.723	-40.834	<b>Juin</b>	12	22	119.297	-41.904	<b>Juill.</b>	23	15	106.436	-37.272
	4	3	-124.729	40.857		13	19	-118.077	41.713		24	12	-105.788	37.156
	5	0	125.532	-41.465		14	16	118.480	-42.187		25	9	105.996	-37.505
	5	22	-124.485	40.257		15	14	-117.513	40.980		26	6	-105.231	37.341
	6	19	125.668	-40.996		16	11	118.296	-41.593		27	4	105.262	-36.705
	7	16	-124.639	40.999		17	8	-117.112	41.400		28	1	-104.744	36.622
	8	13	125.530	-41.641		18	5	117.579	-41.893		28	22	104.949	-36.970
	9	10	-124.266	41.564		19	3	-116.427	40.627		29	19	-104.180	36.792
	10	8	125.406	-41.089		20	0	117.168	-41.218		30	17	104.223	-36.170
	11	5	-124.396	41.085		20	21	-116.179	41.083		31	14	-103.642	36.060
	12	2	125.422	-41.780		21	18	116.529	-41.532		<b>Août</b>	1	11	103.933
12	23	-124.105	41.675	22	15	-115.341	41.318	2	8	-103.200		36.261		
13	21	125.020	-41.131	23	13	116.050	-40.834	3	6	103.120		-35.598		
14	18	-124.046	41.137	24	10	-115.075	40.684	4	3	-102.641		35.517		
15	15	125.052	-41.821	25	7	115.550	-41.178	5	0	102.905		-35.872		
16	12	-123.929	41.774	26	4	-114.334	40.940	5	21	-102.227	35.717			
17	9	124.573	-42.337	27	2	114.899	-40.415	6	18	102.168	-35.951			
18	7	-123.577	41.132	27	23	-113.975	40.273	7	16	-101.649	34.969			
19	4	124.590	-41.831	28	20	114.466	-40.768	8	13	101.876	-35.300			
20	1	-123.508	41.779	29	17	-113.313	40.537	9	10	-101.347	35.195			
20	22	124.241	-42.378	<b>Juill.</b>	30	15	113.735	-39.975	10	7	101.155	-35.379		
21	20	-122.925	41.060		1	12	-112.791	39.815	11	5	-100.741	34.433		
22	17	123.977	-41.776		2	9	113.395	-40.342	12	2	100.884	-34.735		
23	14	-122.992	41.742		3	6	-112.259	40.113	12	23	-100.418	34.642		
24	11	123.743	-42.355		4	3	112.485	-40.496	13	20	100.278	-34.841		
25	8	-122.456	42.211	5	1	-111.700	39.374	14	18	-99.767	33.867			
26	6	123.317	-41.694	5	22	112.183	-39.852	15	15	99.970	-34.182			
27	3	-122.243	41.615	6	19	-111.248	39.681	16	12	-99.531	34.092			
28	0	123.186	-42.292	7	16	111.410	-40.041	17	9	99.377	-34.282			
28	21	-121.869	42.131	8	14	-110.521	38.879	18	7	-98.874	33.317			
29	18	122.469	-42.681	9	11	111.053	-39.375	19	4	99.077	-33.628			
30	16	-121.505	41.479	10	8	-110.148	39.203	20	1	-98.645	33.534			
31	13	122.386	-42.133	11	5	110.335	-39.568	20	22	98.554	-33.738			
<b>Juin</b>	1	10	-121.227	42.013	12	3	-109.366	38.382	21	20	-97.987	32.761		
	2	7	121.818	-42.562	13	0	109.876	-38.865	22	17	98.197	-33.062		
	3	5	-120.602	41.270	13	21	-109.046	38.706	23	14	-97.868	33.005		
	4	2	121.535	-41.941	14	18	109.295	-39.093	24	11	97.657	-33.160		
	4	23	-120.457	41.836	15	15	-108.194	38.832	25	9	-97.228	32.234		
	5	20	121.022	-42.374	16	13	108.782	-38.367	26	6	97.316	-32.492		
	6	17	-119.784	42.205	17	10	-107.907	38.186	27	3	-97.096	32.462		
	7	15	120.548	-41.691	18	7	108.212	-38.581	28	0	96.866	-32.611		
	8	12	-119.569	41.596	19	4	-107.210	38.354	28	21	-96.461	32.516		
	9	9	120.220	-42.173	20	2	107.574	-37.814	29	19	96.517	-31.937		
	10	6	-118.928	41.964	20	23	-106.863	37.683	30	16	-96.359	31.924		
11	4	119.590	-41.427	21	20	107.102	-38.050	31	13	96.081	-32.052			
12	1	-118.547	41.300	22	17	-106.195	37.847	<b>Sept.</b>	1	10	-95.762	31.981		

## IO 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
Sept.	2	8	95.766	-31.390	Oct.	13	1	89.727	-25.666	Nov.	22	19	88.796	-19.698
	3	5	-95.605	31.369		13	22	-89.992	25.756		23	16	-89.566	19.902
	4	2	95.409	-31.521		14	20	89.562	-25.038		24	13	88.771	-19.801
	4	23	-95.030	31.429		15	17	-90.056	25.191		25	11	-89.484	19.278
	5	21	95.066	-30.847		16	14	89.436	-25.158		26	8	88.946	-19.230
	6	18	-94.937	30.839		17	11	-89.730	25.252		27	5	-89.731	19.434
	7	15	94.676	-30.958		18	9	89.314	-24.539		28	2	88.965	-19.340
	8	12	-94.433	30.911		19	6	-89.832	24.697		29	0	-89.641	18.807
	9	10	94.341	-30.290		20	3	89.173	-24.650		29	21	89.179	-18.772
	10	7	-94.316	30.311		21	0	-89.537	24.760		30	18	-89.917	18.970
11	4	94.016	-30.414	21	22	89.085	-24.040	Déc.	1	15	89.157	-18.870		
12	1	-93.821	30.379	22	19	-89.626	24.198		2	13	-89.918	18.361		
12	23	93.679	-29.742	23	16	89.008	-24.163		3	10	89.352	-18.298		
13	20	-93.749	29.792	24	13	-89.299	24.252		4	7	-90.209	18.519		
14	17	93.347	-29.859	25	11	88.950	-23.556		5	4	89.373	-18.406		
15	14	-93.287	29.862	26	8	-89.453	23.706	6	2	-90.187	17.903			
16	12	93.055	-29.203	27	5	88.825	-23.661	6	23	89.633	-17.843			
17	9	-93.164	29.257	28	2	-89.192	23.773	7	20	-90.477	18.060			
18	6	92.811	-29.339	29	0	88.764	-23.053	8	17	89.648	-17.947			
19	3	-92.690	29.318	29	21	-89.365	23.228	9	15	-90.510	17.453			
20	1	92.528	-28.682	30	18	88.681	-23.166	10	12	89.919	-17.385			
20	22	-92.621	28.731	31	15	-89.081	23.286	11	9	-90.794	17.604			
21	19	92.255	-28.800	Nov.	1	13	88.658	-22.564	12	6	89.991	-17.500		
22	16	-92.208	28.804		2	10	-89.302	22.750	13	4	-90.797	16.990		
23	14	91.981	-28.147		3	7	88.548	-22.666	14	1	90.322	-16.943		
24	11	-92.132	28.211	4	5	-89.061	22.096	14	22	-91.095	17.145			
25	8	91.758	-28.274	5	2	88.553	-22.073	15	19	90.369	-17.051			
26	5	-91.729	28.283	5	23	-89.266	22.269	16	17	-91.186	16.546			
27	3	91.481	-27.617	6	20	88.515	-22.189	17	14	90.670	-16.486			
28	0	-91.719	27.709	7	18	-88.995	21.607	18	11	-91.517	16.703			
28	21	91.227	-27.729	8	15	88.575	-21.604	19	8	90.746	-16.600			
29	18	-91.360	27.785	9	12	-89.219	21.783	20	6	-91.598	16.101			
30	16	90.984	-27.084	10	9	88.506	-21.707	21	3	91.096	-16.041			
Oct.	1	13	-91.320	27.198	11	7	-89.026	21.140	22	0	-91.941	16.258		
	2	10	90.812	-27.215	12	4	88.564	-21.120	22	21	91.163	-16.154		
	3	7	-90.929	27.261	13	1	-89.254	21.310	23	19	-92.085	15.665		
	4	5	90.605	-26.577	13	22	88.530	-21.230	24	16	91.507	-15.593		
	5	2	-90.929	26.686	14	20	-89.064	20.666	25	13	-92.435	15.820		
	5	23	90.414	-26.696	15	17	88.619	-20.646	26	10	91.638	-15.717		
	6	20	-90.579	26.755	16	14	-89.326	20.841	27	8	-92.533	15.217		
	7	18	90.231	-26.065	17	11	88.545	-20.742	28	5	92.060	-15.166		
	8	15	-90.573	26.175	18	9	-89.214	20.213	29	2	-92.876	15.374		
	9	12	90.092	-26.192	19	6	88.641	-20.159	29	23	92.191	-15.288		
	10	9	-90.218	26.239	20	3	-89.463	20.377	30	21	-93.040	14.781		
11	7	89.915	-25.558	21	0	88.629	-20.269	31	18	92.586	-14.729			
12	4	-90.285	25.681	21	22	-89.318	19.740							

## EUROPE 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Janv.</b>	1 15	148.632	-49.669	<b>Mars</b>	22 13	-190.048	58.046	<b>Juin</b>	10 9	188.231	-66.593
	3 9	-149.366	49.779		24 8	187.680	-57.296		12 4	-190.785	67.478
	5 4	149.929	-49.821		26 2	-191.633	58.927		13 22	186.708	-66.438
	6 23	-150.877	49.421		27 21	189.086	-58.126		15 17	-189.213	67.313
	8 18	151.261	-49.408		29 16	-193.273	59.074		17 11	185.133	-66.229
	10 12	-152.493	49.683	<b>Avril</b>	31 10	190.461	-58.986	19 6	-187.587	67.084	
	12 7	152.814	-49.656		2 5	-194.741	59.991	21 0	183.368	-65.918	
	14 1	-154.058	49.942		3 23	191.666	-59.832	22 19	-185.837	66.776	
	15 20	154.296	-49.893		5 18	-196.034	60.897	24 14	181.829	-64.932	
	17 15	-155.739	49.646		7 13	192.979	-59.918	26 8	-183.974	66.385	
19 10	155.778	-49.529	9 7		-197.176	61.792	28 3	180.180	-64.597		
21 4	-157.555	50.005	11 2		194.007	-60.767	29 22	-182.123	65.275		
22 23	157.420	-49.843	12 20	-198.210	62.688	<b>Juill.</b>	1 16	178.511	-64.218		
24 17	-159.313	50.364	14 15	194.940	-61.616		3 11	-180.361	64.858		
26 12	159.083	-50.182	16 9	-199.062	63.543		5 5	176.678	-63.744		
28 7	-161.081	50.111	18 4	195.638	-62.418		7 0	-178.547	64.387		
<b>Févr.</b>	30 2	160.703	-49.882	19 23	-199.732	63.546	8 19	174.911	-62.587		
	31 20	-163.001	50.555	21 17	196.306	-63.226	10 13	-176.655	63.851		
	2 15	162.543	-50.309	23 12	-200.294	64.349	12 8	173.255	-62.121		
	4 9	-164.911	51.023	25 6	196.681	-63.953	14 3	-174.732	62.621		
	6 4	164.281	-50.732	27 1	-200.711	65.126	15 21	171.621	-61.630		
	7 22	-166.794	51.507	28 19	196.934	-64.651	17 16	-172.949	62.069		
<b>Mars</b>	9 17	166.024	-51.185	30 14	-200.968	65.850	19 10	169.859	-61.059		
	11 12	-168.843	51.395	<b>Mai</b>	2 9	196.897	-64.422	21 5	-171.151	61.481	
	13 7	167.859	-51.011		4 3	-201.008	66.512	23 0	168.149	-59.839	
	15 1	-170.830	51.964	5 22	196.943	-65.061	24 18	-169.324	60.848		
	16 20	169.811	-51.575	7 16	-200.810	67.083	26 13	166.551	-59.284		
	18 14	-172.772	52.552	9 11	196.736	-65.608	28 8	-167.567	59.597		
	20 9	171.631	-52.136	11 5	-200.415	67.590	30 2	165.001	-58.713		
	22 4	-174.785	52.496	13 0	196.424	-66.109	31 21	-165.855	58.956		
	23 22	173.428	-52.727	14 18	-199.890	68.034	<b>Août</b>	2 15	163.371	-58.083	
	25 17	-176.881	53.192	16 13	195.799	-66.490		4 10	-164.118	58.282	
27 12	175.281	-52.646	18 8	-199.249	67.622	6 5		161.911	-56.887		
1 6	-178.887	53.907	20 2	195.110	-66.835	8 0		-162.477	57.016		
3 1	177.261	-53.360	21 21	-198.487	67.948	9 18	160.431	-56.267			
4 19	-180.793	54.627	23 15	194.212	-67.085	11 13	-160.956	56.378			
6 14	179.094	-54.071	25 10	-197.520	68.186	13 7	158.971	-55.634			
8 9	-182.683	54.651	27 4	193.263	-67.286	15 2	-159.372	55.687			
10 3	180.879	-54.809	28 23	-196.415	68.344	16 21	157.639	-54.440			
11 22	-184.702	55.485	30 18	192.036	-66.569	18 16	-157.789	54.404			
13 16	182.504	-55.545	<b>Juin</b>	1 12	-195.205	68.440	20 10	156.390	-53.837		
15 11	-186.619	56.335		3 7	190.887	-66.653	22 5	-156.429	53.755		
17 6	184.340	-55.608		5 1	-193.857	68.449	23 23	155.055	-53.180		
19 0	-188.383	57.180		6 20	189.549	-66.637	25 18	-155.047	53.075		
20 19	186.040	-56.440		8 14	-192.331	68.358	27 13	153.850	-51.995		



## EUROPE 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Août</b>	29	8	-153.688	51.828	<b>Oct.</b>	11	0	-142.534	41.901	<b>Nov.</b>	22	17	-140.443	32.419
	31	2	152.756	-51.390		12	19	143.684	-41.537		24	12	142.964	-32.381
<b>Sept.</b>	1	21	-152.460	51.164	14	14	-141.983	40.766	26	6	-140.620	31.869		
	3	15	151.638	-50.755	16	8	143.324	-40.966	28	1	143.327	-31.866		
	5	10	-151.185	50.468	18	3	-141.594	40.181	29	20	-140.920	30.827		
	7	5	150.664	-49.606	19	21	142.935	-40.376	<b>Déc.</b>	1	14	143.591	-31.320	
	9	0	-150.063	49.261	21	16	-141.157	39.567		3	9	-141.336	30.316	
	10	18	149.690	-48.986	23	11	142.783	-39.331		5	4	144.065	-30.306	
	12	13	-149.032	48.618	25	6	-140.797	38.457		6	23	-141.700	29.269	
	14	8	148.683	-47.808	27	0	142.565	-38.765	8	17	144.490	-29.786		
	16	2	-147.937	47.932	28	19	-140.575	37.884	10	12	-142.269	28.774		
	17	21	147.948	-47.237	30	14	142.403	-37.693	12	7	145.058	-28.774		
	19	16	-147.000	46.753	<b>Nov.</b>	1	9	-140.302	36.776	14	1	-142.685	28.245	
	21	10	147.163	-46.631		3	3	142.324	-37.142	15	20	145.667	-28.276	
	23	5	-146.095	46.103		4	22	-140.265	36.229	17	15	-143.393	27.246	
	25	0	146.416	-45.499	6	17	142.236	-36.074	19	10	146.226	-27.245		
	26	19	-145.214	44.922	8	11	-140.078	35.634	21	4	-144.058	26.754		
	28	13	145.769	-44.909	10	6	142.367	-35.554	22	23	146.962	-26.764		
	30	8	-144.543	44.314	12	1	-140.101	34.575	24	18	-144.805	25.745		
<b>Oct.</b>	2	2	145.077	-44.291	13	19	142.387	-34.993	26	12	147.663	-26.271		
	3	21	-143.759	43.660	15	14	-140.136	34.018	28	7	-145.621	25.273		
	5	16	144.634	-43.221	17	9	142.547	-33.957	30	2	148.535	-25.285		
	7	11	-143.123	42.520	19	4	-140.246	32.957	31	20	-146.444	24.803		
	9	5	144.142	-42.635	20	22	142.715	-33.414						

## GANYMÈDE 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Date	X	Y	Date	X	Y
Mois j h	"	"	Mois j h	"	"	Mois j h	"	"
<b>Janv.</b> 4 7	-239.219	79.169	<b>Mai</b> 5 22	-317.778	104.908	<b>Sept.</b> 4 13	-242.104	80.110
7 21	240.783	-78.893	9 11	316.797	-105.857	8 3	239.660	-78.580
11 11	-244.014	79.298	13 1	-316.674	106.446	11 17	-238.785	77.518
15 1	245.773	-79.101	16 15	315.255	-106.481	15 7	236.380	-75.956
18 15	-249.129	79.576	20 4	-314.599	107.557	18 21	-235.790	74.939
22 5	251.060	-79.461	23 18	312.694	-107.380	22 12	233.598	-72.916
25 19	-254.550	80.024	27 8	-311.512	107.466	26 2	-233.224	71.930
29 9	256.738	-80.034	30 21	309.169	-107.778	29 16	231.193	-70.395
<b>Févr.</b> 1 23	-260.221	80.646	<b>Juin</b> 3 11	-307.753	107.682	<b>Oct.</b> 3 6	-231.015	69.428
5 13	262.642	-80.792	7 1	304.872	-107.012	6 20	229.219	-67.927
9 3	-266.229	81.495	10 14	-303.202	107.415	10 11	-229.133	66.475
12 17	268.732	-81.750	14 4	300.068	-106.542	14 1	227.637	-65.031
16 7	-272.366	82.540	17 18	-298.170	106.082	17 15	-227.781	64.068
19 21	274.940	-82.912	21 8	294.758	-105.004	21 5	226.406	-62.632
23 11	-278.678	83.820	24 21	-292.680	105.030	24 19	-226.729	61.669
27 1	281.135	-84.259	28 11	289.258	-103.842	28 10	225.546	-59.799
<b>Mars</b> 2 15	-284.921	85.297	<b>Juill.</b> 2 1	-286.990	103.042	<b>Nov.</b> 1 0	-226.175	58.880
6 5	287.330	-85.825	5 15	283.571	-101.761	4 14	225.061	-57.458
9 19	-290.966	86.945	9 5	-281.257	100.842	8 4	-225.939	56.569
13 8	293.265	-88.234	12 19	277.807	-99.470	11 19	225.001	-54.701
16 22	-296.783	89.453	16 9	-275.482	98.449	15 9	-226.075	53.830
20 12	298.997	-90.166	19 23	272.082	-97.018	18 23	225.349	-52.439
24 2	-302.093	91.381	23 12	-269.955	96.552	22 13	-226.576	51.572
27 15	304.109	-92.874	27 2	266.490	-95.017	26 3	226.082	-50.212
31 5	-306.962	94.129	30 16	-264.581	93.968	29 18	-227.420	48.879
<b>Avril</b> 3 19	308.623	-94.936	<b>Août</b> 3 6	261.213	-92.389	<b>Déc.</b> 3 8	227.230	-47.567
7 9	-310.993	96.139	6 20	-259.437	91.322	6 22	-228.752	46.695
10 22	312.259	-97.665	10 10	256.172	-89.706	10 12	228.679	-45.396
14 12	-314.329	98.862	14 0	-254.566	88.637	14 3	-230.401	44.072
18 2	314.900	-99.518	17 15	251.533	-86.514	17 17	230.555	-42.804
21 15	-316.588	101.407	21 5	-249.980	85.409	21 7	-232.537	41.967
25 5	316.670	-101.956	24 19	247.224	-83.858	24 21	232.759	-40.700
28 18	-317.719	103.687	28 9	-245.876	82.757	28 11	-234.971	39.891
<b>Mai</b> 2 8	317.254	-104.078	31 23	243.264	-81.211			

## CALLISTO 2006

---

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

---

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Janv.</b>	6	18	421.264	-136.476	<b>Mai</b>	11	20	-560.790	184.795	<b>Sept.</b>	14	3	415.785	-131.884
	15	3	-436.029	137.870		20	4	550.901	-185.021		22	12	-414.477	127.679
	23	13	442.218	-137.237		28	10	-550.251	187.666		30	23	404.976	-120.860
	31	22	-458.929	139.515		<b>Juin</b>	5	18	536.471		-185.750	<b>Oct.</b>	9	8
<b>Févr.</b>	9	8	465.993	-139.697	14		1	-532.017	185.706	17	19		397.950	-110.215
	17	16	-484.041	143.436	22	9	516.006	-181.961	26	5	-400.695	105.989		
	26	1	491.358	-145.008	30	16	-509.543	180.206	<b>Nov.</b>	3	16	394.734	-99.606	
	<b>Mars</b>	6	8	-509.699	150.274	<b>Juill.</b>	9	2		492.783	-174.247	12	1	-399.468
14		17	516.084	-152.746	17		9	-485.889		171.428	20	12	395.186	-89.656
23		0	-533.344	158.894	25		19	469.680		-164.796	28	22	-402.039	85.650
31	9	537.270	-161.849	<b>Août</b>	3	3	-463.358	160.974	<b>Déc.</b>	7	9	399.376	-79.682	
<b>Avril</b>	8	15	-551.604		168.816	11	13	448.504		-154.125	15	19	-408.301	75.774
	16	23	551.614		-172.063	19	21	-443.558		150.123	24	6	407.338	-70.044
	25	5	-561.335		178.405	28	8	430.321		-142.893				
<b>Mai</b>	3	14	556.431	-180.013	<b>Sept.</b>	5	16	-427.150	138.937					

---

# SATELLITES DE SATURNE

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

MIMAS .....	II. 118
ENCELADE .....	II. 124
TÉTHYS .....	II. 128
DIONÉ .....	II. 131
RHÉA .....	II. 133
TITAN .....	II. 134
HYPÉRIION .....	II. 135
JAPET .....	II. 135

## MIMAS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Janv.</b>	1	10	30.857	1.682	<b>Janv.</b>	22	15	-31.049	-3.216	<b>Févr.</b>	12	20	31.573	3.399
	1	21	-30.691	-1.581		23	2	31.396	1.573		13	7	-30.674	-2.938
	2	9	30.977	2.798		23	14	-30.813	-4.379		13	18	31.282	1.497
	2	20	-30.936	-2.710		24	1	31.572	2.762		14	6	-30.552	-4.157
	3	8	30.740	3.888		24	12	-31.012	-2.530		14	17	31.543	2.724
	3	19	-30.823	-3.813		25	0	31.409	3.923		15	4	-30.496	-2.202
	4	6	31.037	2.167		25	11	-30.988	-3.720		15	16	31.454	3.922
	4	17	-30.883	-2.064		25	22	31.541	2.098		16	3	-30.586	-3.444
	5	5	31.006	3.281		26	9	-30.822	-1.826		16	14	31.395	2.031
	5	16	-30.976	-3.193		26	21	31.584	3.282		17	2	-30.327	-4.646
	6	3	30.987	1.523		27	8	-31.013	-3.040		17	13	31.497	3.253
	6	15	-30.712	-4.293		27	19	31.384	1.421		18	0	-30.502	-2.710
	7	2	31.167	2.660		28	7	-30.854	-4.222		18	12	31.265	4.436
	7	13	-30.985	-2.551		28	18	31.615	2.624		18	23	-30.451	-3.940
	8	1	30.967	3.769		29	5	-30.924	-2.338		19	10	31.432	2.566
	8	12	-30.950	-3.682		29	17	31.510	3.801		19	21	-30.272	-1.964
	8	23	31.179	2.019		30	4	-30.964	-3.547		20	9	31.400	3.772
	9	10	-30.882	-1.889		30	15	31.541	1.952		20	20	-30.436	-3.215
	9	22	31.206	3.154		31	2	-30.681	-1.620		21	7	31.232	1.872
10	9	-31.038	-3.043	31	14	31.638	3.149	21	19	-30.251	-4.426			
10	20	31.083	1.365	<b>Févr.</b>	1	1	-30.945	-2.848	22	6	31.398	3.095		
11	8	-30.831	-4.167		1	13	31.363	4.316	22	17	-30.294	-2.469		
11	19	31.318	2.520		2	0	-30.840	-4.050	23	5	31.224	4.285		
12	6	-31.013	-2.385		2	11	31.625	2.484	23	16	-30.315	-3.709		
12	18	31.176	3.649		2	22	-30.794	-2.134	24	3	31.284	2.401		
13	5	-31.020	-3.538		3	10	31.573	3.674	24	14	-30.010	-1.714		
13	16	31.287	1.870	3	21	-30.900	-3.359	25	2	31.306	3.617			
14	3	-30.843	-1.708	4	8	31.500	1.802	25	13	-30.255	-2.967			
14	15	31.372	3.024	4	20	-30.636	-4.547	26	0	31.037	1.703			
15	2	-31.060	-2.883	5	7	31.640	3.015	26	12	-30.134	-4.191			
15	13	31.147	1.206	5	18	-30.837	-2.646	26	23	31.261	2.929			
16	1	-30.926	-4.030	6	6	31.435	4.193	27	10	-30.050	-2.215			
16	12	31.420	2.379	6	17	-30.790	-3.863	27	22	31.148	4.123			
16	23	-30.984	-2.208	7	4	31.592	2.339	28	9	-30.148	-3.462			
17	11	31.355	3.531	7	15	-30.624	-1.918	28	20	31.094	2.230			
17	22	-31.053	-3.383	8	3	31.597	3.541	<b>Mars</b>	1	8	-29.895	-4.661		
18	9	31.362	1.722	8	14	-30.799	-3.158		1	19	31.175	3.449		
18	20	-30.766	-1.517	9	1	31.412	1.655		2	6	-30.033	-2.709		
19	8	31.502	2.893	9	13	-30.617	-4.360		2	18	30.925	4.622		
19	19	-31.045	-2.712	10	0	31.613	2.873		3	5	-29.989	-3.940		
20	7	31.267	4.038	10	11	-30.683	-2.429	3	16	31.084	2.754			
20	18	-30.978	-3.883	10	23	31.466	4.062	4	3	-29.771	-1.951			
21	5	31.502	2.240	11	10	-30.706	-3.660	4	15	31.032	3.950			
21	16	-30.921	-2.022	11	21	31.515	2.188	5	2	-29.953	-3.196			
22	4	31.491	3.409	12	8	-30.422	-1.691	5	13	30.862	2.056			

## MIMAS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Mars</b>	6	1	-29.775	-4.407	<b>Mars</b>	27	6	29.861	4.756	<b>Avril</b>	17	11	-27.637	-4.611
	6	12	31.009	3.269		27	17	-28.862	-3.698		17	22	28.796	4.148
	6	23	-29.778	-2.441		28	4	29.945	2.930		18	9	-27.729	-2.796
	7	11	30.823	4.446		28	16	-28.558	-4.843		18	20	28.543	2.378
	7	22	-29.816	-3.676		29	3	29.911	4.084		19	8	-27.704	-3.902
	8	9	30.866	2.569		29	14	-28.751	-2.946		19	19	28.702	3.476
	8	21	-29.498	-4.864		30	1	29.676	2.229		20	6	-27.457	-2.065
	9	8	30.874	3.771		30	13	-28.665	-4.117		20	18	28.563	4.531
	9	19	-29.725	-2.922		31	0	29.834	3.394		21	5	-27.643	-3.190
	10	6	30.597	1.866		31	11	-28.506	-2.192		21	16	28.482	2.791
10	18	-29.628	-4.139	31	23	29.679	4.519	22	4	-27.499	-4.261			
8	21	-29.498	-4.864	<b>Avril</b>	30	1	-28.636	-3.383	22	15	28.547	3.871		
11	16	-29.493	-2.164		1	21	29.636	2.695	23	2	-27.433	-2.461		
12	4	30.689	4.256		2	9	-28.427	-4.521	23	14	28.302	4.897		
12	15	-29.614	-3.400		2	20	29.679	3.844	24	1	-27.509	-3.560		
13	2	30.619	2.380		3	7	-28.461	-2.629	24	12	28.395	3.192		
13	14	-29.388	-4.588	3	19	29.403	4.940	25	0	-27.268	-4.610			
14	1	30.691	3.576	4	6	-28.470	-3.797	25	11	28.343	4.240			
14	12	-29.463	-2.641	4	17	29.548	3.151	25	22	-27.381	-2.847			
15	0	30.438	4.731	5	4	-28.159	-1.877	26	9	28.133	2.513			
15	11	-29.451	-3.859	5	16	29.471	4.271	26	21	-27.338	-3.914			
15	22	30.572	2.879	6	3	-28.373	-3.054	27	8	28.274	3.580			
16	9	-29.176	-1.877	6	14	29.306	2.457	27	19	-27.111	-2.125			
16	21	30.521	4.057	7	2	-28.265	-4.196	28	7	28.118	4.600			
17	8	-29.379	-3.107	7	13	29.419	3.594	28	18	-27.289	-3.215			
17	19	30.334	2.179	8	0	-28.145	-2.308	29	5	28.064	2.901			
18	7	-29.237	-4.302	8	12	29.225	4.686	29	17	-27.150	-4.259			
18	18	30.476	3.371	8	23	-28.249	-3.470	30	4	28.114	3.950			
19	5	-29.169	-2.348	9	10	29.236	2.899	30	15	-27.086	-2.500			
19	17	30.294	4.525	9	22	-28.023	-4.584	<b>Mai</b>	1	3	27.856	4.942		
20	4	-29.242	-3.567	10	9	29.242	4.020		1	14	-27.158	-3.565		
20	15	30.304	2.670	10	20	-28.088	-2.725	2	1	27.976	3.283			
21	3	-28.975	-4.731	11	7	28.941	2.205	2	13	-26.920	-4.582			
21	14	30.323	3.851	11	19	-28.080	-3.864	3	0	27.911	4.297			
22	1	-29.114	-2.808	12	6	29.134	3.334	3	11	-27.043	-2.869			
22	12	30.015	1.967	12	17	-27.807	-1.983	3	22	27.714	2.607			
23	0	-29.061	-4.005	13	5	29.021	4.421	4	10	-27.000	-3.901			
23	11	30.226	3.156	13	16	-28.005	-3.137	4	21	27.853	3.647			
23	22	-28.849	-2.047	14	3	28.906	2.645	5	8	-26.780	-2.161			
24	10	30.118	4.308	14	15	-27.875	-4.242	5	20	27.683	4.633			
24	21	-29.012	-3.263	15	2	28.985	3.752	6	7	-26.953	-3.216			
25	8	30.007	2.458	15	13	-27.786	-2.396	6	18	27.652	2.980			
25	20	-28.831	-4.427	16	1	28.763	4.813	7	6	-26.823	-4.228			
26	7	30.093	3.629	16	12	-27.873	-3.528	7	17	27.679	3.988			
26	18	-28.824	-2.503	16	23	28.821	3.066	8	4	-26.762	-2.520			

## MIMAS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

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

## MIMAS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Juill.</b>	11	7	-25.260	-3.147	<b>Août</b>	1	12	24.773	3.105	<b>Août</b>	22	17	-25.443	-2.343
	11	18	25.083	3.036		1	23	-25.123	-2.135		23	4	24.618	2.028
	12	6	-25.078	-3.852		2	11	24.569	3.749		23	16	-25.417	-2.954
	12	17	25.005	3.758		2	22	-25.251	-2.810		24	3	24.754	2.665
	13	4	-25.222	-2.622		3	9	24.725	2.608		24	14	-25.349	-1.899
	13	15	24.910	2.491		3	21	-25.115	-3.451		25	2	24.599	3.273
	14	3	-25.228	-3.347		4	8	24.724	3.271		25	13	-25.500	-2.524
	14	14	25.024	3.233		4	19	-25.200	-2.334		26	0	24.711	2.201
	15	1	-25.048	-2.095		5	6	24.569	2.100		26	12	-25.389	-3.120
	15	13	24.884	3.933		5	18	-25.247	-2.991		26	23	24.746	2.828
	16	0	-25.232	-2.833		6	5	24.741	2.783		27	10	-25.479	-2.084
	16	11	24.934	2.697		6	16	-25.049	-1.851		27	21	24.545	1.731
	16	23	-25.152	-3.535		7	4	24.636	3.430		28	9	-25.531	-2.699
	17	10	24.962	3.419		7	15	-25.270	-2.522		28	20	24.779	2.370
	17	21	-25.133	-2.313		8	2	24.641	2.285		29	8	-25.331	-3.281
	18	9	24.719	4.097		8	14	-25.215	-3.164		29	19	24.725	2.985
	18	20	-25.235	-3.033		9	1	24.732	2.952		30	6	-25.572	-2.269
	19	7	24.933	2.895		9	12	-25.165	-2.051		30	17	24.675	1.909
	19	19	-25.052	-3.714		10	0	24.547	3.581		31	5	-25.552	-2.868
	20	6	24.880	3.596		10	11	-25.303	-2.706		31	16	24.812	2.540
	20	17	-25.182	-2.524		10	22	24.687	2.466	<b>Sept.</b>	1	3	-25.490	-1.835
	21	4	24.764	2.364		11	10	-25.180	-3.330		1	15	24.682	3.138
	21	16	-25.202	-3.224		11	21	24.687	3.116		2	2	-25.641	-2.449
	22	3	24.894	3.083		12	8	-25.259	-2.244		2	13	24.782	2.084
	22	14	-25.023	-2.010		12	19	24.528	1.971		3	1	-25.529	-3.036
	23	2	24.769	3.763		13	7	-25.310	-2.884		3	12	24.830	2.703
	23	13	-25.206	-2.726		13	18	24.717	2.638		3	23	-25.627	-2.021
	24	0	24.801	2.561		14	5	-25.108	-1.775		4	10	24.620	1.624
	24	12	-25.143	-3.406		14	17	24.633	3.272		4	22	-25.695	-2.625
	24	23	24.852	3.263		15	4	-25.342	-2.428		5	9	24.865	2.255
	25	10	-25.112	-2.223		15	15	24.610	2.155		5	20	-25.493	-1.591
	25	22	24.630	3.922		16	3	-25.298	-3.055		6	8	24.823	2.862
	26	9	-25.228	-2.919		16	14	24.727	2.805		6	19	-25.734	-2.206
	26	20	24.804	2.752		17	1	-25.242	-1.970		7	6	24.765	1.802
	27	8	-25.064	-3.579		17	13	24.557	3.422		7	18	-25.711	-2.797
	27	19	24.787	3.433		18	0	-25.387	-2.609		8	5	24.912	2.427
	28	6	-25.175	-2.427		18	11	24.680	2.330		8	16	-25.666	-1.780
	28	17	24.646	2.232		18	23	-25.269	-3.218		9	4	24.790	3.019
	29	5	-25.208	-3.105		19	10	24.698	2.968		9	15	-25.813	-2.389
	29	16	24.798	2.933		19	21	-25.358	-2.158		10	2	24.887	1.978
	30	3	-25.023	-1.930		20	8	24.518	1.846		10	14	-25.699	-2.969
	30	15	24.681	3.596		20	20	-25.408	-2.786		11	1	24.946	2.592
	31	2	-25.220	-2.624		21	7	24.729	2.500		11	12	-25.809	-1.971
	31	13	24.704	2.422		21	19	-25.207	-3.378		11	23	24.730	1.527
<b>Août</b>	1	1	-25.168	-3.282		22	6	24.660	3.123		12	11	-25.874	-2.566



## MIMAS 2006

## 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	22	24.980	2.155	Oct.	4	3	-26.520	-1.922	Oct.	25	8	26.336	1.740
	13	9	-25.684	-1.550		4	14	25.314	1.330		25	19	-27.194	-1.438
	13	21	24.953	2.755		5	2	-26.552	-2.512		26	7	26.378	2.372
	14	8	-25.924	-2.160		5	13	25.580	1.957		26	18	-27.440	-2.066
	14	19	24.894	1.708		6	0	-26.445	-1.520		27	5	26.258	1.316
	15	7	-25.897	-2.745		6	12	25.550	2.562		27	17	-27.395	-2.679
	15	18	25.054	2.328		6	23	-26.660	-2.125		28	4	26.502	1.964
	16	5	-25.868	-1.742		7	10	25.525	1.528		28	15	-27.427	-1.679
	16	17	24.926	2.920		7	22	-26.586	-2.713		29	3	26.434	2.592
	17	4	-26.011	-2.345		8	9	25.691	2.150		29	14	-27.565	-2.304
	17	15	25.036	1.888		8	20	-26.641	-1.732		30	1	26.500	1.550
	18	3	-25.889	-2.920		9	8	25.560	2.748		30	13	-27.410	-2.908
	18	14	25.101	2.498		9	19	-26.753	-2.332		31	0	26.625	2.192
	19	1	-26.017	-1.936		10	6	25.706	1.733		31	11	-27.621	-1.923
	19	12	24.885	1.444		10	18	-26.588	-2.909		31	23	26.450	2.815
20	0	-26.076	-2.528	11	5	25.771	2.345	Nov.	1	10	-27.650	-2.546		
20	11	25.145	2.070	11	16	-26.806	-1.946		1	21	26.705	1.784		
20	22	-25.913	-1.521	12	3	25.592	1.303		2	8	-27.561	-1.528		
21	10	25.123	2.669	12	15	-26.818	-2.541		2	20	26.725	2.427		
21	21	-26.141	-2.129	13	2	25.856	1.934		3	7	-27.772	-2.167		
22	8	25.066	1.630	13	13	-26.748	-1.549	3	18	26.653	1.366			
22	20	-26.103	-2.711	14	1	25.817	2.544	4	6	-27.696	-2.790			
23	7	25.231	2.248	14	12	-26.939	-2.158	4	17	26.868	2.021			
23	18	-26.096	-1.719	14	23	25.811	1.513	5	4	-27.789	-1.782			
24	6	25.106	2.841	15	11	-26.847	-2.750	5	16	26.776	2.661			
24	17	-26.238	-2.317	15	22	25.971	2.138	6	3	-27.890	-2.419			
25	4	25.219	1.815	16	9	-26.951	-1.771	6	14	26.892	1.610			
25	16	-26.101	-2.893	16	21	25.833	2.742	7	2	-27.698	-3.034			
26	3	25.291	2.426	17	8	-27.040	-2.375	7	13	27.001	2.267			
26	14	-26.256	-1.919	17	19	26.005	1.724	8	0	-27.986	-2.040			
27	1	25.079	1.378	18	7	-26.847	-2.957	8	12	26.788	2.898			
27	13	-26.302	-2.508	18	18	26.058	2.347	8	23	-27.968	-2.675			
28	0	25.343	2.003	19	5	-27.118	-1.995	9	10	27.092	1.857			
28	11	-26.162	-1.510	19	16	25.905	1.297	9	21	-27.942	-1.646			
28	23	25.314	2.605	20	4	-27.103	-2.595	10	9	27.086	2.512			
29	10	-26.383	-2.117	20	15	26.160	1.936	10	20	-28.116	-2.298			
29	21	25.271	1.569	21	2	-27.080	-1.601	11	7	27.071	1.440			
30	9	-26.336	-2.699	21	14	26.110	2.554	11	19	-27.993	-2.930			
30	20	25.442	2.188	22	1	-27.249	-2.218	12	6	27.256	2.108			
Oct.	1	7	-26.359	-1.716	22	12	26.139	1.519	12	17	-28.161	-1.914		
	1	19	25.318	2.782	23	0	-27.135	-2.818	13	5	27.134	2.760		
	2	6	-26.487	-2.312	23	11	26.286	2.150	13	16	-28.220	-2.564		
	2	17	25.440	1.765	23	22	-27.282	-1.835	14	3	27.309	1.697		
	3	5	-26.336	-2.890	24	10	26.128	2.763	14	14	-28.079	-1.513		
	3	16	25.514	2.373	24	21	-27.342	-2.447	15	2	27.383	2.369		

## MIMAS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Nov.</b>	15	13	-28.324	-2.181	<b>Déc.</b>	1	2	28.180	1.541	<b>Déc.</b>	16	15	-29.519	-1.875
	16	0	27.224	1.271		1	14	-28.846	-3.239		17	3	29.224	2.694
	16	12	-28.276	-2.834		2	1	28.367	2.261		17	14	-29.734	-2.639
	16	23	27.508	1.959		2	12	-29.083	-2.163		18	1	29.054	1.487
	17	10	-28.326	-1.790		3	0	28.234	2.962		18	13	-29.632	-3.383
	17	22	27.467	2.629		3	11	-29.101	-2.866		19	0	29.345	2.267
	18	9	-28.455	-2.458		3	22	28.435	1.841		19	11	-29.747	-2.218
	18	20	27.513	1.542		4	9	-29.014	-1.749		19	23	29.293	3.026
	19	8	-28.279	-3.103		4	21	28.506	2.564		20	10	-29.826	-2.982
	19	19	27.673	2.231		5	8	-29.227	-2.472		20	21	29.357	1.828
	20	6	-28.529	-2.072		5	19	28.379	1.409		21	8	-29.621	-1.778
	20	18	27.503	2.893		6	7	-29.129	-3.177		21	20	29.511	2.609
	21	5	-28.538	-2.739		6	18	28.641	2.146		22	7	-29.915	-2.566
	21	16	27.747	1.815		7	5	-29.247	-2.067		22	19	29.305	3.361
	22	3	-28.476	-1.670		7	17	28.583	2.869		23	6	-29.857	-3.329
	22	15	27.787	2.503		8	4	-29.332	-2.790		23	17	29.589	2.174
	23	2	-28.677	-2.355		8	15	28.666	1.721		24	4	-29.868	-2.130
	23	13	27.706	1.393		9	2	-29.136	-1.644		24	16	29.606	2.954
	24	1	-28.580	-3.023		9	14	28.812	2.463		25	3	-30.009	-2.915
	24	12	27.937	2.094		10	1	-29.431	-2.389		25	14	29.559	1.726
	24	23	-28.711	-1.962		10	13	28.608	3.177		26	2	-29.824	-3.676
	25	11	27.853	2.779		11	0	-29.383	-3.111		26	13	29.765	2.524
	25	22	-28.786	-2.647		11	11	28.900	2.038		27	0	-30.052	-2.486
	26	9	27.971	1.676		11	22	-29.393	-1.971		27	12	29.641	3.302
	26	20	-28.612	-1.553		12	10	28.914	2.780		27	23	-30.056	-3.271
	27	8	28.092	2.382		12	21	-29.543	-2.714		28	10	29.815	2.083
	27	19	-28.883	-2.256		13	8	28.880	1.604		28	21	-29.960	-2.038
	28	7	27.871	3.060		13	20	-29.367	-3.433		29	9	29.896	2.883
	28	18	-28.849	-2.944		14	7	29.082	2.362		29	20	-30.165	-2.845
	29	5	28.193	1.965		14	18	-29.601	-2.304		30	7	29.723	1.625
	29	16	-28.873	-1.855		15	6	28.961	3.101		30	19	-30.042	-3.629
	30	4	28.186	2.670		15	17	-29.616	-3.046		31	6	30.009	2.445
	30	15	-29.018	-2.558		16	4	29.138	1.932		31	17	-30.165	-2.403

## ENCELADE 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Janv.</b>	1	13	39.576	3.501	<b>Févr.</b>	1	9	-40.040	-4.526	<b>Mars</b>	4	5	39.263	4.865
	2	6	-39.530	-5.070		2	1	40.057	3.184		4	21	-39.056	-3.923
	2	22	39.671	3.806		2	18	-40.000	-4.838		5	14	39.124	5.156
	3	15	-39.508	-5.368		3	10	40.108	3.503		6	6	-39.001	-4.222
	4	7	39.741	4.110		4	3	-39.934	-5.148		6	22	39.024	2.885
	4	23	-39.567	-3.278		4	19	40.135	3.820		7	15	-38.915	-4.519
	5	16	39.786	4.414		5	12	-39.844	-5.455		8	7	39.023	3.190
	6	8	-39.675	-3.585		6	4	40.136	4.135		9	0	-38.809	-4.813
	7	1	39.806	4.717		6	20	-39.839	-3.220		9	16	39.001	3.492
	7	17	-39.759	-3.893		7	13	40.112	4.448		10	9	-38.680	-5.103
	8	10	39.801	5.019		8	5	-39.880	-3.538		11	1	38.957	3.791
	9	2	-39.817	-4.200		8	22	40.063	4.759		11	18	-38.531	-5.388
	9	19	39.770	5.320		9	14	-39.895	-3.854		12	10	38.891	4.087
	10	11	-39.850	-4.507		10	7	39.989	5.067		13	2	-38.515	-3.115
	11	3	39.837	3.205		10	23	-39.886	-4.169		13	19	38.805	4.379
11	20	-39.857	-4.812	11	16	39.890	5.373	14	11	-38.491	-3.414			
12	12	39.937	3.517	12	8	-39.851	-4.481	15	4	38.698	4.667			
13	5	-39.839	-5.117	13	0	39.891	3.132	15	20	-38.446	-3.710			
13	21	40.012	3.828	13	17	-39.791	-4.791	16	13	38.571	4.951			
14	14	-39.796	-5.420	14	9	39.922	3.449	17	5	-38.380	-4.002			
15	6	40.062	4.139	15	2	-39.706	-5.098	17	22	38.424	5.230			
15	22	-39.836	-3.277	15	18	39.927	3.764	18	14	-38.293	-4.291			
16	15	40.074	4.446	16	11	-39.597	-5.401	19	6	38.386	2.978			
17	7	-39.929	-3.592	17	3	39.900	4.076	19	23	-38.186	-4.575			
18	0	40.071	4.755	17	19	-39.564	-3.134	20	15	38.360	3.271			
18	16	-39.991	-3.906	18	12	39.854	4.386	21	8	-38.068	-4.854			
19	9	40.043	5.063	19	4	-39.583	-3.449	22	0	38.309	3.562			
20	1	-40.027	-4.219	19	21	39.785	4.693	22	17	-37.922	-5.130			
20	18	39.988	5.369	20	13	-39.579	-3.763	23	9	38.242	3.848			
21	10	-40.037	-4.531	21	6	39.693	4.997	24	1	-37.808	-2.863			
22	2	40.038	3.205	21	22	-39.550	-4.073	24	18	38.156	4.129			
22	19	-40.021	-4.841	22	15	39.577	5.297	25	10	-37.785	-3.152			
23	11	40.115	3.522	23	7	-39.498	-4.381	26	3	38.052	4.407			
24	4	-39.979	-5.149	23	23	39.536	3.035	26	19	-37.742	-3.439			
24	20	40.166	3.837	24	16	-39.422	-4.686	27	12	37.929	4.681			
25	13	-39.912	-5.456	25	8	39.548	3.347	28	4	-37.681	-3.721			
26	5	40.192	4.152	26	1	-39.323	-4.987	28	21	37.789	4.951			
26	21	-39.931	-3.262	26	17	39.537	3.657	29	13	-37.600	-4.000			
27	14	40.191	4.465	27	10	-39.201	-5.285	30	5	37.647	2.712			
28	6	-39.996	-3.580	28	2	39.503	3.964	30	22	-37.502	-4.275			
28	23	40.165	4.776	Mars	28	18	-39.108	-3.001	Avril	31	14	37.625	2.995	
29	15	-40.034	-3.897	1	11	39.446	4.268	1	7	-37.385	-4.545			
30	8	40.113	5.086	2	3	-39.114	-3.311	1	23	37.586	3.275			
31	0	-40.047	-4.212	2	20	39.366	4.568	2	16	-37.250	-4.812			
31	17	40.035	5.393	3	12	-39.097	-3.619	3	8	37.528	3.550			

## ENCELADE 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Avril</b>	4	1	-37.098	-5.074	<b>Mai</b>	4	21	35.383	4.525	<b>Juin</b>	4	17	-33.447	-3.968
	4	17	37.452	3.822		5	13	-35.131	-3.592		5	9	33.676	2.941
	5	9	-37.007	-2.843		6	6	35.245	4.750		6	2	-33.356	-4.171
	6	2	37.353	4.094		6	22	-35.047	-3.827		6	18	33.645	3.152
	6	18	-36.977	-3.114		7	14	35.165	2.678		7	11	-33.255	-4.369
	7	11	37.241	4.357		8	7	-34.953	-4.056		8	3	33.604	3.360
	8	3	-36.925	-3.387		8	23	35.134	2.921		8	20	-33.143	-4.564
	8	20	37.113	4.617		9	16	-34.843	-4.284		9	12	33.543	3.568
	9	12	-36.856	-3.656		10	8	35.088	3.158		10	4	-33.114	-2.662
	10	5	36.969	4.872		11	1	-34.720	-4.508		10	21	33.478	3.770
	10	21	-36.771	-3.921		11	17	35.029	3.391		11	13	-33.101	-2.873
	11	13	36.835	2.676		12	10	-34.584	-4.729		12	6	33.402	3.968
	12	6	-36.669	-4.182		13	2	34.957	3.621		12	22	-33.077	-3.082
	12	22	36.806	2.945		13	18	-34.504	-2.672		13	15	33.317	4.164
	13	15	-36.551	-4.439		14	11	34.874	3.848		14	7	-33.043	-3.287
	14	7	36.761	3.211		15	3	-34.475	-2.907		15	0	33.221	4.356
	15	0	-36.418	-4.691		15	20	34.778	4.071		15	16	-32.998	-3.489
15	16	36.700	3.473	16	12	-34.434	-3.140	16	9	33.115	4.545			
16	9	-36.269	-4.939	17	5	34.670	4.290	17	1	-32.942	-3.689			
17	1	36.623	3.731	17	21	-34.381	-3.369	17	17	33.114	2.708			
17	17	-36.166	-2.754	18	14	34.550	4.505	18	10	-32.876	-3.884			
18	10	36.531	3.985	19	6	-34.315	-3.594	19	2	33.106	2.913			
19	2	-36.131	-3.017	19	23	34.419	4.716	19	19	-32.799	-4.077			
19	19	36.423	4.235	20	15	-34.237	-3.816	20	11	33.087	3.114			
20	11	-36.081	-3.276	21	7	34.386	2.722	21	4	-32.713	-4.266			
21	4	36.301	4.481	22	0	-34.147	-4.034	21	20	33.058	3.312			
21	20	-36.015	-3.531	22	16	34.358	2.948	22	13	-32.615	-4.452			
22	13	36.153	4.725	23	9	-34.045	-4.248	23	5	33.019	3.508			
23	5	-35.937	-3.778	24	1	34.315	3.174	23	21	-32.584	-2.631			
23	22	36.000	4.962	24	18	-33.932	-4.453	24	14	32.970	3.700			
24	14	-35.841	-4.026	25	10	34.261	3.394	25	6	-32.587	-2.830			
25	6	35.973	2.835	26	3	-33.806	-4.660	25	23	32.907	3.892			
25	23	-35.731	-4.270	26	19	34.196	3.611	26	15	-32.577	-3.028			
26	15	35.930	3.088	27	11	-33.757	-2.681	27	8	32.836	4.078			
27	8	-35.606	-4.510	28	4	34.119	3.824	28	0	-32.557	-3.225			
28	0	35.874	3.337	28	20	-33.734	-2.904	28	17	32.755	4.261			
28	17	-35.468	-4.745	29	13	34.032	4.034	29	9	-32.527	-3.418			
29	9	35.803	3.582	30	5	-33.699	-3.123	30	2	32.665	4.441			
30	1	-35.327	-2.612	30	22	33.933	4.240	30	18	-32.486	-3.608			
30	18	35.719	3.824	31	14	-33.653	-3.340	<b>Juill.</b>	1	10	32.662	2.681		
<b>Mai</b>	1	10	-35.300	-2.863	<b>Juin</b>	1	7	33.824	4.442	2	3	-32.436	-3.796	
	2	3	35.620	4.062		1	23	-33.596	-3.553	2	19	32.668	2.877	
	2	19	-35.258	-3.109		2	15	33.704	2.509	3	12	-32.375	-3.980	
	3	12	35.508	4.295		3	8	-33.527	-3.762	4	4	32.663	3.069	
	4	4	-35.201	-3.353		4	0	33.696	2.726	4	21	-32.305	-4.162	

## ENCELADE 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Juill.</b>	5	13	32.649	3.259	<b>Août</b>	5	9	-31.852	-2.735	<b>Sept.</b>	5	6	32.506	4.014
	6	6	-32.225	-4.340		6	2	32.239	3.702		5	22	-32.260	-3.284
	6	22	32.625	3.447		6	18	-31.891	-2.914		6	15	32.493	4.171
	7	14	-32.185	-2.595		7	11	32.218	3.870		7	7	-32.299	-3.450
	8	7	32.592	3.631		8	3	-31.921	-3.092		7	23	32.496	2.742
	8	23	-32.202	-2.789		8	20	32.187	4.035		8	16	-32.328	-3.614
	9	16	32.549	3.813		9	12	-31.940	-3.267		9	8	32.581	2.912
	10	8	-32.209	-2.980		10	5	32.147	4.198		10	1	-32.346	-3.776
	11	1	32.490	3.994		10	21	-31.950	-3.439		10	17	32.655	3.081
	11	17	-32.208	-3.164		11	13	32.126	2.650		11	10	-32.353	-3.936
	12	10	32.426	4.170		12	6	-31.950	-3.605		12	2	32.719	3.248
	13	2	-32.193	-3.350		12	22	32.182	2.830		12	19	-32.349	-4.094
	13	19	32.352	4.343		13	15	-31.939	-3.772		13	11	32.769	3.416
	14	11	-32.169	-3.533		14	7	32.225	3.005		14	4	-32.337	-4.247
	15	3	32.343	2.658		15	0	-31.918	-3.938		14	20	32.809	3.579
15	20	-32.134	-3.713	15	16	32.258	3.178	15	12	-32.414	-2.838			
16	12	32.364	2.845	16	9	-31.887	-4.101	16	5	32.840	3.740			
17	5	-32.090	-3.891	17	1	32.282	3.348	16	21	-32.499	-3.009			
17	21	32.375	3.031	17	18	-31.845	-4.261	17	14	32.859	3.900			
18	14	-32.036	-4.066	18	10	32.296	3.517	18	6	-32.572	-3.177			
19	6	32.377	3.214	19	2	-31.890	-2.740	18	23	32.867	4.058			
19	23	-31.973	-4.238	19	19	32.300	3.683	19	15	-32.635	-3.343			
20	15	32.369	3.394	20	11	-31.946	-2.915	20	8	32.865	4.213			
21	7	-31.922	-2.566	21	4	32.294	3.847	21	0	-32.687	-3.508			
22	0	32.352	3.572	21	20	-31.991	-3.088	21	16	32.903	2.834			
22	16	-31.954	-2.753	22	13	32.278	4.008	22	9	-32.727	-3.671			
23	9	32.325	3.748	23	5	-32.027	-3.259	23	1	33.000	3.004			
24	1	-31.977	-2.938	23	22	32.252	4.167	23	18	-32.756	-3.832			
24	18	32.288	3.920	24	14	-32.053	-3.428	24	10	33.086	3.172			
25	10	-31.990	-3.120	25	6	32.237	2.681	25	3	-32.773	-3.991			
26	3	32.242	4.090	25	23	-32.068	-3.595	25	19	33.161	3.338			
26	19	-31.993	-3.300	26	15	32.307	2.854	26	12	-32.778	-4.148			
27	12	32.177	4.259	27	8	-32.072	-3.759	27	4	33.225	3.502			
28	4	-31.990	-3.473	28	0	32.367	3.028	27	20	-32.788	-2.771			
28	20	32.161	2.645	28	17	-32.070	-3.917	28	13	33.278	3.665			
29	13	-31.973	-3.647	29	9	32.415	3.198	29	5	-32.897	-2.940			
30	5	32.198	2.827	30	2	-32.053	-4.077	29	22	33.318	3.827			
30	22	-31.946	-3.820	30	18	32.454	3.365	30	14	-32.992	-3.109			
31	14	32.225	3.007	31	11	-32.025	-4.235	<b>Oct.</b>	1	7	33.346	3.986		
<b>Août</b>	1	7	-31.909	-3.989	<b>Sept.</b>	1	3		32.482	3.531	1	23	-33.076	-3.276
	1	23	32.243	3.184		1	19		-32.078	-2.773	2	16	33.361	4.143
	2	16	-31.862	-4.156		2	12		32.500	3.694	3	8	-33.148	-3.442
	3	8	32.251	3.359		3	4		-32.149	-2.945	4	1	33.365	4.299
	4	1	-31.805	-4.320		3	21	32.508	3.855	4	17	-33.209	-3.607	
4	17	32.250	3.532	4	13	-32.210	-3.115	5	9	33.460	2.964			

## ENCELADE 2006

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.	6	2	-33.257	-3.770	Nov.	4	13	35.161	3.689	Déc.	4	0	-36.731	-3.726
	6	18	33.566	3.133		5	5	-34.714	-2.959		4	17	36.974	4.646
	7	11	-33.292	-3.931		5	22	35.243	3.859		5	9	-36.829	-3.914
	8	3	33.661	3.300		6	14	-34.860	-3.137		6	1	37.100	3.325
	8	20	-33.316	-4.090		7	7	35.310	4.029		6	18	-36.907	-4.102
	9	12	33.743	3.466		7	23	-34.991	-3.314		7	10	37.245	3.518
	10	5	-33.326	-4.247		8	16	35.361	4.197		8	3	-36.965	-4.289
	10	21	33.814	3.631		9	8	-35.107	-3.490		8	19	37.371	3.710
	11	13	-33.399	-2.910		10	1	35.398	4.365		9	12	-37.004	-4.476
	12	6	33.873	3.794		10	17	-35.207	-3.666		10	4	37.478	3.902
	12	22	-33.516	-3.081		11	9	35.439	3.066		10	21	-37.023	-4.662
	13	15	33.919	3.956		12	2	-35.292	-3.840		11	13	37.566	4.093
	14	7	-33.620	-3.251		12	18	35.588	3.246		12	5	-37.167	-3.314
	15	0	33.949	4.117		13	11	-35.361	-4.013		12	22	37.635	4.284
	15	16	-33.716	-3.417		14	3	35.721	3.425		13	14	-37.310	-3.512
16	9	33.967	4.275	14	20	-35.414	-4.186	14	7	37.684	4.475			
17	1	-33.793	-3.583	15	12	35.839	3.603	14	23	-37.433	-3.709			
17	17	34.025	2.961	16	5	-35.454	-4.355	15	16	37.712	4.664			
18	10	-33.857	-3.749	16	21	35.944	3.782	16	8	-37.537	-3.906			
19	2	34.149	3.132	17	13	-35.495	-3.040	17	0	37.773	3.307			
19	19	-33.908	-3.913	18	6	36.029	3.958	17	17	-37.620	-4.103			
20	11	34.260	3.302	18	22	-35.648	-3.223	18	9	37.926	3.509			
21	4	-33.945	-4.075	19	15	36.098	4.133	19	2	-37.678	-4.296			
21	20	34.359	3.471	20	7	-35.785	-3.406	19	18	38.056	3.710			
22	13	-33.969	-4.236	21	0	36.150	4.308	20	11	-37.719	-4.492			
23	5	34.445	3.639	21	16	-35.905	-3.588	21	3	38.165	3.911			
23	21	-34.008	-2.915	22	9	36.185	4.481	21	20	-37.738	-4.687			
24	14	34.517	3.805	23	1	-36.008	-3.769	22	12	38.253	4.111			
25	6	-34.141	-3.089	23	17	36.256	3.177	23	4	-37.823	-3.298			
25	23	34.576	3.970	24	10	-36.094	-3.950	23	21	38.320	4.311			
26	15	-34.261	-3.262	25	2	36.407	3.362	24	13	-37.968	-3.504			
27	8	34.622	4.134	25	19	-36.162	-4.129	25	6	38.365	4.511			
28	0	-34.367	-3.434	26	11	36.541	3.547	25	22	-38.091	-3.710			
28	17	34.653	4.296	27	4	-36.213	-4.308	26	15	38.387	4.709			
29	9	-34.460	-3.605	27	20	36.658	3.731	27	7	-38.192	-3.916			
30	1	34.691	2.995	28	13	-36.245	-4.486	27	23	38.398	3.307			
30	18	-34.538	-3.774	29	5	36.758	3.915	28	16	-38.271	-4.121			
31	10	34.828	3.170	29	21	-36.326	-3.161	29	8	38.546	3.516			
Nov.	1	3	-34.604	-3.940	30	14	36.841	4.098	30	1	-38.328	-4.326		
	1	19	34.953	3.344	Déc.	1	6	-36.479	-3.350	30	17	38.672	3.726	
	2	12	-34.652	-4.107		1	23	36.905	4.281	31	10	-38.362	-4.531	
3	4	35.064	3.517	2		15	-36.615	-3.537						
	3	21	-34.686	-4.272	3	8	36.949	4.465						

## TÉTHYS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date				Date				Date							
Mois	j	h	"	Mois	j	h	"	Mois	j	h	"				
<b>Janv.</b>	1	17	-49.065	-3.505	<b>Févr.</b>	13	4	49.439	3.502	<b>Mars</b>	27	16	-46.878	-5.070	
	2	16	49.170	4.285		14	3	-49.495	-4.305		28	14	46.837	3.591	
	3	15	-49.189	-5.030		15	2	49.395	5.133		29	13	-46.799	-4.362	
	4	13	49.200	3.668		16	0	-49.382	-3.622		30	12	46.614	5.145	
	5	12	-49.311	-4.423		16	23	49.377	4.460		31	10	-46.634	-3.647	
	6	11	49.271	5.201		17	22	-49.293	-5.250		<b>Avril</b>	1	9	46.545	4.437
	7	9	-49.349	-3.803		18	20	49.268	3.772			2	8	-46.383	-5.189
	8	8	49.404	4.593		19	19	-49.282	-4.575			3	6	46.389	3.722
	9	7	-49.362	-5.342		20	18	49.122	5.397			4	5	-46.319	-4.481
	10	5	49.452	3.971		21	16	-49.186	-3.888			5	3	46.145	3.003
	11	4	-49.503	-4.732		22	15	49.123	4.718		6	2	-46.175	-3.767	
	12	2	49.415	3.338		23	13	-49.003	-3.192		7	1	46.061	4.549	
	13	1	-49.559	-4.108		24	12	49.038	4.029		7	23	-45.940	-3.049	
	14	0	49.563	4.906		25	11	-48.997	-4.828		8	22	45.920	3.835	
	14	22	-49.530	-3.472		26	9	48.866	3.330		9	21	-45.839	-4.579	
15	21	49.631	4.281	27	8	-48.919	-4.137	10	19	45.692	3.117				
16	20	-49.625	-5.045	28	7	48.814	4.960	11	18	-45.707	-3.868				
17	18	49.608	3.644	<b>Mars</b>	1	5	-48.753	-3.438	12	17	45.571	4.636			
18	17	-49.701	-4.418		2	4	48.745	4.267	13	15	-45.490	-3.153			
19	16	49.641	5.224		3	3	-48.653	-5.062	14	14	45.447	3.925			
20	14	-49.692	-3.779	4	1	48.589	3.565	15	13	-45.353	-4.659				
21	13	49.725	4.593	5	0	-48.591	-4.366	16	11	45.236	3.210				
22	12	-49.669	-5.363	5	23	48.449	5.186	17	10	-45.237	-3.951				
23	10	49.724	3.950	6	21	-48.443	-3.663	18	9	45.083	4.704				
24	9	-49.763	-4.731	7	20	48.395	4.490	19	7	-45.035	-3.239				
25	8	49.640	5.537	8	19	-48.259	-5.272	20	6	44.973	3.997				
26	6	-49.771	-4.087	9	17	48.255	3.785	21	5	-44.869	-4.720				
27	5	49.742	4.902	10	16	-48.217	-4.575	22	3	44.778	3.285				
28	3	-49.694	-3.430	11	15	48.030	5.387	23	2	-44.765	-4.018				
29	2	49.759	4.254	12	13	-48.088	-3.869	24	1	44.601	4.753				
30	1	-49.743	-5.042	13	12	47.995	4.688	24	23	-44.576	-3.309				
30	23	49.689	3.595	14	10	-47.873	-3.156	25	22	44.507	4.051				
31	22	-49.769	-4.393	15	9	47.873	3.981	26	21	-44.388	-4.764				
<b>Févr.</b>	1	21	49.683	5.208	16	8	-47.804	-4.762	27	19	44.326	3.346			
	2	19	-49.703	-3.731	17	6	47.664	3.267	28	18	-44.300	-4.064			
	3	18	49.717	4.557	18	5	-47.692	-4.055	29	17	44.131	4.789			
	4	17	-49.638	-5.345	19	4	47.557	4.864	30	15	-44.125	-3.361			
	5	15	49.665	3.893	20	2	-47.493	-3.340	<b>Mai</b>	1	14	44.050	4.093		
	6	14	-49.681	-4.690	21	1	47.453	4.153		2	13	-43.921	-4.791		
	7	13	49.542	5.508	22	0	-47.357	-4.930		3	11	43.882	3.393		
	8	11	-49.638	-4.023	22	22	47.263	3.438	4	10	-43.846	-4.096			
	9	10	49.594	4.851	23	21	-47.261	-4.221	5	9	43.673	4.811			
	10	8	-49.509	-3.345	24	20	47.095	5.014	6	7	-43.683	-3.399			
	11	7	49.560	4.182	25	18	-47.078	-3.506	7	6	43.604	4.120			
	12	6	-49.522	-4.976	26	17	47.009	4.306	8	5	-43.476	-4.803			

## TÉTHYS 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y	
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	
<b>Mai</b>	9	3	43.443	3.424	<b>Juin</b>	20	15	-40.873	-3.390	<b>Août</b>	2	3	39.766	3.273	
	10	2	-43.412	-4.116		21	14	40.814	4.013		3	2	-39.815	-3.819	
	11	1	43.227	4.817		22	13	-40.705	-4.612		4	1	39.728	4.368	
	11	23	-43.262	-3.425		23	11	40.733	3.385		4	23	-39.780	-3.265	
	12	22	43.170	4.132		24	10	-40.711	-3.992		5	22	39.780	3.820	
	13	21	-43.043	-4.805		25	9	40.574	4.601		6	21	-39.751	-4.352	
	14	19	43.027	3.444		26	7	-40.634	-3.367		7	19	39.747	3.269	
	15	18	-42.991	-4.125		27	6	40.583	3.985		8	18	-39.806	-3.810	
	16	17	42.808	4.812		28	5	-40.483	-4.570		9	17	39.727	4.350	
	17	15	-42.852	-3.442		29	3	40.507	3.366		10	15	-39.778	-3.266	
	18	14	42.762	4.134		<b>Juill.</b>	30	2	-40.497		-3.960	11	14	39.785	3.812
	19	13	-42.631	-4.798			1	1	40.362		4.561	12	13	-39.763	-4.340
	20	11	42.630	3.453			1	23	-40.425		-3.347	13	11	39.763	3.271
	21	10	-42.589	-4.125			2	22	40.378		3.954	14	10	-39.824	-3.807
	22	8	42.412	2.771			3	21	-40.292		-4.531	15	9	39.759	4.339
	23	7	-42.461	-3.449			4	19	40.308		3.345	16	7	-39.802	-3.271
	24	6	42.378	4.128			5	18	-40.312		-3.930	17	6	39.823	3.811
25	4	-42.246	-2.770	6	17		40.181	4.521	18	5	-39.806	-4.331			
26	3	42.256	3.456	7	15		-40.247	-3.327	19	3	39.804	3.279			
27	2	-42.211	-4.114	8	14		40.203	3.924	20	2	-39.874	-3.807			
28	0	42.046	2.783	9	13		-40.131	-4.493	21	1	39.816	4.335			
28	23	-42.094	-3.446	10	11		40.140	3.324	21	23	-39.860	-3.281			
29	22	42.012	4.116	11	10		-40.156	-3.904	22	22	39.888	3.816			
30	20	-41.891	-2.777	12	9		40.031	4.481	23	21	-39.879	-4.329			
31	19	41.899	3.452	13	7		-40.095	-3.310	24	19	39.877	3.294			
<b>Juin</b>	1	18	-41.860	-4.097	14		6	40.059	3.895	25	18	-39.955	-3.815		
	2	16	41.699	2.787	15		5	-39.994	-4.459	26	17	39.903	4.338		
	3	15	-41.752	-3.437	16	3	40.003	3.306	27	15	-39.949	-3.297			
	4	14	41.670	4.096	17	2	-40.024	-3.877	28	14	39.981	3.828			
	5	12	-41.557	-2.776	18	1	39.913	4.448	29	13	-39.986	-4.337			
	6	11	41.565	3.441	18	23	-39.970	-3.293	30	11	39.978	3.314			
	7	10	-41.534	-4.074	19	22	39.947	3.871	31	10	-40.069	-3.831			
	8	8	41.373	2.784	20	21	-39.887	-4.425	<b>Sept.</b>	1	9	40.018	4.346		
	9	7	-41.438	-3.425	21	19	39.897	3.292		2	7	-40.069	-3.322		
	10	6	41.354	4.071	22	18	-39.923	-3.853		3	6	40.107	3.845		
	11	4	-41.251	-2.774	23	17	39.825	4.417		4	5	-40.114	-4.350		
	12	3	41.258	3.424	24	15	-39.874	-3.279		5	3	40.113	3.340		
	13	2	-41.235	-4.050	25	14	39.866	3.850		6	2	-40.207	-3.854		
	14	0	41.077	2.776	26	13	-39.809	-4.395		7	1	40.165	4.363		
	14	23	-41.142	-3.408	27	11	39.816	3.281		7	23	-40.217	-3.354		
	15	22	41.070	4.043	28	10	-39.855	-3.833		8	22	40.264	3.871		
	16	20	-40.963	-2.766	29	9	39.760	4.391		9	21	-40.273	-4.372		
17	19	40.982	3.405	30	7	-39.813	-3.269	10		19	40.281	3.374			
18	18	-40.959	-4.022	31	6	39.805	3.833	11		18	-40.376	-3.885			
19	17	40.809	4.639	<b>Août</b>	1	5	-39.766	-4.371		12	17	40.343	4.389		



## TÉTHYS 2006

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.	13	15	-40.394	-3.391	Oct.	20	11	42.257	3.851	Nov.	26	7	-45.084	-4.739	
	14	14	40.454	3.906		21	10	-42.359	-4.341		27	6	45.035	5.245	
	15	13	-40.461	-4.401		22	9	42.315	4.831		28	4	-45.236	-4.311	
	16	11	40.478	3.418		23	7	-42.475	-3.898		29	3	45.279	4.828	
	17	10	-40.575	-3.921		24	6	42.519	4.397		30	1	-45.305	-3.874	
	18	9	40.547	4.424		25	5	-42.528	-4.878		Déc.	1	0	45.441	4.400
	19	7	-40.607	-3.437		26	3	42.642	3.956			1	23	-45.536	-4.922
	20	6	40.665	3.948		27	2	-42.743	-4.448			2	21	45.526	3.965
	21	5	-40.681	-4.440		28	1	42.685	4.936			3	20	-45.705	-4.495
	22	3	40.701	3.468		28	23	-42.877	-4.010			4	19	45.731	5.018
23	2	-40.807	-3.968	29	22	42.908	4.508	5	17	-45.798	-4.059				
24	1	40.775	4.467	30	20	-42.930	-3.566	6	16	45.915	4.593				
24	23	-40.851	-3.492	31	19	43.054	4.071	7	15	-45.975	-5.117				
25	22	40.906	3.999	Nov.	1	18	-43.141	-4.566	8	13	46.016	4.157			
26	21	-40.929	-4.487		2	16	43.115	3.629	9	12	-46.171	-4.692			
27	19	40.954	3.526	3	15	-43.293	-4.133	10	11	46.161	5.221				
28	18	-41.067	-4.023	4	14	43.321	4.630	11	9	-46.285	-4.256				
29	17	41.031	4.518	5	12	-43.363	-3.693	12	8	46.366	4.797				
30	15	-41.123	-3.556	6	11	43.482	4.200	13	7	-46.399	-5.325				
Oct.	1	14	41.176	4.057	7	10	-43.555	-4.694	14	5	46.489	4.361			
	2	13	-41.201	-4.546	8	8	43.561	3.762	15	4	-46.617	-4.901			
	3	11	41.239	3.592	9	7	-43.726	-4.266	16	3	46.570	5.437			
	4	10	-41.351	-4.089	10	6	43.742	4.766	17	1	-46.754	-4.465			
	5	9	41.319	4.580	11	4	-43.815	-3.829	18	0	46.792	5.010			
	6	7	-41.419	-3.627	12	3	43.922	4.340	18	22	-46.809	-4.020			
	7	6	41.478	4.127	13	2	-43.980	-4.835	19	21	46.940	4.574			
	8	5	-41.495	-4.613	14	0	44.021	3.905	20	20	-47.039	-5.125			
	9	3	41.555	3.668	14	23	-44.171	-4.410	21	18	47.004	4.127			
	10	2	-41.659	-4.163	15	22	44.172	4.914	22	17	-47.195	-4.689			
11	1	41.631	4.653	16	20	-44.285	-3.978	23	16	47.200	5.239				
11	23	-41.742	-3.708	17	19	44.369	4.490	24	14	-47.268	-4.241				
12	22	41.805	4.207	18	18	-44.418	-4.989	25	13	47.368	4.802				
13	21	-41.814	-4.691	19	16	44.489	4.058	26	12	-47.419	-5.359				
14	19	41.897	3.755	20	15	-44.630	-4.569	27	10	47.453	4.353				
15	18	-41.995	-4.246	21	14	44.602	5.073	28	9	-47.596	-4.922				
16	17	41.963	4.738	22	12	-44.760	-4.139	29	8	47.567	5.479				
17	15	-42.096	-3.797	23	11	44.824	4.653	30	6	-47.691	-4.472				
18	14	42.151	4.298	24	10	-44.852	-5.157	31	5	47.757	5.041				
19	13	-42.161	-4.778	25	8	44.965	4.223								

## DIONÉ 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Janv.</b>	1	4	62.690	6.665	<b>Mars</b>	3	17	-62.291	-6.227	<b>Mai</b>	4	7	55.946	5.644
	2	13	-62.938	-6.890		5	2	61.993	6.654		5	16	-56.016	-5.821
	3	22	62.830	7.343		6	11	-62.082	-6.890		7	1	55.681	6.136
	5	7	-63.041	-7.569		7	20	61.738	7.314		8	10	-55.727	-6.307
	6	15	62.955	6.117		9	5	-61.792	-7.542		9	19	55.385	6.615
	8	0	-63.216	-6.352		10	13	61.514	5.924		11	3	-55.412	-4.962
	9	9	63.122	6.807		11	22	-61.616	-6.162		12	12	55.131	5.274
	10	18	-63.346	-7.043		13	7	61.303	6.577		13	21	-55.204	-5.445
	12	3	63.200	7.498		14	16	-61.370	-6.806		15	6	54.904	5.752
	13	12	-63.388	-7.735		16	1	61.022	7.213		16	15	-54.963	-5.914
	14	20	63.300	6.252		17	10	-61.055	-7.435		18	0	54.644	6.215
	16	5	-63.539	-6.494		18	18	60.768	5.813		19	9	-54.692	-6.369
	17	14	63.402	6.953		20	3	-60.847	-6.044		20	18	54.355	6.664
18	23	-63.605	-7.196	21	12	60.534	6.449	22	2	-54.435	-5.056			
20	8	63.417	7.654	22	21	-60.586	-6.667	23	11	54.157	5.355			
21	16	-63.610	-5.926	24	6	60.231	7.063	24	20	-54.241	-5.513			
23	1	63.490	6.386	25	15	-60.258	-7.272	26	5	53.938	5.802			
24	10	-63.696	-6.632	26	23	59.944	5.659	27	14	-54.014	-5.955			
25	19	63.526	7.093	28	8	-60.022	-5.878	28	23	53.699	6.239			
27	4	-63.689	-7.336	29	17	59.697	6.267	30	8	-53.760	-6.384			
28	13	63.468	7.796	31	2	-59.751	-6.478	31	16	53.452	4.950			
29	21	-63.661	-6.044	<b>Avril</b>	1	11	59.392	6.859	<b>Juin</b>	2	1	-53.553	-5.107	
31	6	63.508	6.507		2	20	-59.423	-7.061		3	10	53.288	5.389	
<b>Févr.</b>	1	15	-63.690		-6.753	4	4	59.073		5.454	4	19	-53.374	-5.538
	3	0	63.472		7.213	5	13	-59.154		-5.666	6	4	53.097	5.814
	4	9	-63.614		-7.457	6	22	58.827		6.039	7	13	-53.169	-5.956
	5	17	63.367	5.892	8	7	-58.883	-6.247	8	22	52.881	6.227		
	7	2	-63.559	-6.145	9	16	58.528	6.607	10	7	-52.944	-6.363		
8	11	63.356	6.601	11	1	-58.562	-6.805	11	15	52.677	4.975			
9	20	-63.507	-6.850	12	10	58.181	7.159	13	0	-52.784	-5.123			
11	5	63.254	7.302	13	18	-58.258	-5.413	14	9	52.536	5.392			
12	14	-63.367	-7.547	15	3	57.943	5.770	15	18	-52.634	-5.532			
13	22	63.119	5.960	16	12	-58.000	-5.968	17	3	52.371	5.797			
15	7	-63.281	-6.214	17	21	57.661	6.319	18	12	-52.460	-5.930			
16	16	63.043	6.661	19	6	-57.696	-6.506	19	21	52.183	6.191			
18	1	-63.166	-6.909	20	15	57.332	6.851	21	6	-52.264	-6.317			
19	10	62.888	7.356	21	23	-57.354	-5.123	22	14	52.020	4.980			
20	19	-62.965	-7.594	23	8	57.058	5.468	23	23	-52.144	-5.116			
22	3	62.721	5.995	24	17	-57.121	-5.657	25	8	51.908	5.374			
23	12	-62.850	-6.242	26	2	56.795	5.995	26	17	-52.025	-5.512			
24	21	62.587	6.684	27	11	-56.843	-6.176	28	2	51.776	5.761			
26	6	-62.684	-6.924	28	20	56.493	6.506	29	11	-51.882	-5.892			
27	15	62.371	7.360	30	5	-56.528	-6.679	30	20	51.623	6.138			
<b>Mars</b>	1	0	-62.436	-7.594	<b>Mai</b>	1	13	56.175	5.136	<b>Juill.</b>	2	5	-51.718	-6.263
	2	8	62.174	5.984		2	22	-56.259	-5.321		3	13	51.499	4.966

## DIONÉ 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date				Date				Date			
Mois	j	h	"	Mois	j	h	"	Mois	j	h	"
			X				Y				Y
<b>Juill.</b>	4	22	-51.633	<b>Sept.</b>	3	5	-51.391	<b>Nov.</b>	2	11	-55.370
	6	7	51.422		4	14	51.249		3	20	55.299
	7	16	-51.546		5	23	-51.443		5	5	-55.589
	9	1	51.325		7	7	51.341		6	13	55.551
	10	10	-51.438		8	16	-51.578		7	22	-55.892
	11	19	51.205		10	1	51.477		9	7	55.855
	13	4	-51.316		11	10	-51.707		10	16	-56.182
	14	12	51.114		12	19	51.591		12	1	56.118
	15	21	-51.266		14	4	-51.815		13	10	-56.430
	17	6	51.070		15	13	51.683		14	18	56.343
18	15	-51.215	16	22	-51.897	16	3	-56.700			
20	0	51.006	18	6	51.823	17	12	56.687			
21	9	-51.145	19	15	-52.078	18	21	-57.017			
22	18	50.923	21	0	51.992	20	6	56.974			
24	3	-51.056	22	9	-52.236	21	15	-57.289			
25	11	50.867	23	18	52.136	23	0	57.214			
26	20	-51.041	25	3	-52.369	24	8	-57.541			
28	5	50.862	26	12	52.256	25	17	57.526			
29	14	-51.026	27	20	-52.502	27	2	-57.879			
30	23	50.837	29	5	52.449	28	11	57.832			
<b>Août</b>	1	8	-50.991	<b>Oct.</b>	30	14	-52.716	<b>Déc.</b>	29	20	-58.168
	2	17	50.792		1	23	52.643		1	5	58.088
	4	2	-50.936		3	8	-52.902		2	14	-58.397
	5	10	50.771		4	17	52.810		3	22	58.379
	6	19	-50.952		6	2	-53.061		5	7	-58.742
	8	4	50.802		7	10	52.957		6	16	58.696
	9	13	-50.972		8	19	-53.255		8	1	-59.034
	10	22	50.813		10	4	53.201		9	10	58.954
	12	7	-50.982		11	13	-53.490		10	19	-59.266
	13	16	50.797		12	22	53.418		12	3	59.224
15	1	-50.965	14	7	-53.697	13	12	-59.586			
16	9	50.812	15	16	53.605	14	21	59.537			
17	18	-51.018	17	1	-53.873	16	6	-59.872			
19	3	50.880	18	9	53.818	17	15	59.788			
20	12	-51.076	19	18	-54.131	19	0	-60.094			
21	21	50.928	21	3	54.082	20	8	60.039			
23	6	-51.113	22	12	-54.380	21	17	-60.397			
24	15	50.954	23	21	54.313	23	2	60.337			
26	0	-51.129	25	6	-54.597	24	11	-60.668			
27	8	51.004	26	15	54.511	25	20	60.565			
28	17	-51.223	27	23	-54.820	27	5	-60.869			
30	2	51.111	29	8	54.798	28	13	60.791			
31	11	-51.317	30	17	-55.112	29	22	-61.149			
<b>Sept.</b>	1	20	51.191	<b>Nov.</b>	1	2	55.067	31	7	61.064	

## RHÉA 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y	
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	
<b>Janv.</b>	1	1	87.693	9.797	<b>Avril</b>	12	15	-81.368	-9.355	<b>Juill.</b>	23	9	71.299	7.793	
	3	7	-87.791	-9.641		14	21	81.140	8.884		25	15	-71.157	-7.485	
	5	13	88.042	9.324		17	3	-80.705	-8.548		27	22	71.178	8.253	
	7	19	-88.097	-9.162		19	9	80.457	8.073		30	4	-71.094	-7.953	
	10	2	88.306	10.440		21	16	-80.005	-9.322		<b>Août</b>	1	10	71.130	7.537
	12	8	-88.354	-10.286		23	22	79.800	8.850			3	16	-71.027	-7.246
	14	14	88.579	9.973		26	4	-79.379	-8.503			5	23	71.094	7.992
	16	20	-88.581	-9.803		28	10	79.133	8.019			8	5	-71.032	-7.708
	19	2	88.752	9.487		30	17	-78.694	-9.229			10	11	71.094	7.308
	21	8	-88.707	-9.312		<b>Mai</b>	2	23	78.499			8.741	12	18	-71.045
23	14	88.831	8.984	5	5		-78.084	-8.394	15	0	71.144	7.766			
25	21	-88.743	-10.456	7	11		77.864	7.905	17	6	-71.113	-7.489			
28	3	88.878	10.127	9	18		-77.456	-9.071	19	13	71.197	8.209			
30	9	-88.761	-9.947	12	0		77.253	8.585	21	19	-71.200	-7.940			
<b>Févr.</b>	1	15	88.852	9.609	14		6	-76.879	-8.229	24	1	71.333	7.564		
	3	21	-88.708	-9.421	16		12	76.658	7.745	26	7	-71.310	-7.302		
	6	3	88.715	9.069	18		19	-76.275	-8.869	28	14	71.469	8.014		
	8	9	-88.522	-8.869	21		1	76.114	8.383	30	20	-71.508	-7.760		
	10	16	88.534	10.200	23		7	-75.741	-8.024	<b>Sept.</b>	2	2	71.639	7.396	
	12	22	-88.324	-9.998	25	13	75.552	7.547	4		9	-71.671	-8.205		
	15	4	88.311	9.636	27	20	-75.211	-8.635	6	15	71.860	7.851			
	17	10	-88.063	-9.416	30	2	75.059	8.148	8	21	-71.916	-7.612			
	19	16	87.988	9.047	<b>Juin</b>	1	8	-74.719	-7.797	11	3	72.084	7.264		
	21	22	-87.696	-8.816		3	15	74.545	8.722	13	10	-72.181	-8.064		
24	5	87.614	10.139	5		21	-74.244	-8.375	15	16	72.386	7.729			
26	11	-87.312	-9.904	8		3	74.116	7.893	17	22	-72.475	-7.500			
28	17	87.217	9.512	10		9	-73.810	-7.543	20	5	72.685	8.187			
2	23	-86.867	-9.266	12		16	73.667	8.446	22	11	-72.808	-7.966			
5	5	86.725	8.862	14		22	-73.407	-8.096	24	17	73.050	7.643			
7	11	-86.367	-8.607	17		4	73.285	7.628	26	23	-73.147	-7.428			
9	18	86.198	9.894	19		10	-72.995	-7.283	<b>Oct.</b>	29	6	73.416	8.111		
12	0	-85.840	-9.629	21		17	72.927	8.155		1	12	-73.583	-7.908		
14	6	85.663	9.208	23	23	-72.668	-7.813	3		18	73.824	7.597			
16	12	-85.264	-8.930	26	5	72.581	7.359	6		1	-73.972	-8.382			
18	18	85.056	8.501	28	12	-72.353	-8.327	8		7	74.272	8.081			
21	1	-84.644	-9.897	30	18	72.295	7.867	10		13	-74.452	-7.889			
23	7	84.452	9.463	<b>Juill.</b>	3	0	-72.074	-7.537		12	19	74.734	7.594		
25	13	-84.038	-9.163		5	7	72.004	8.357		15	2	-74.925	-8.381		
27	19	83.816	8.718		7	13	-71.824	-8.035		17	8	75.247	8.097		
30	1	-83.371	-8.412		9	19	71.791	7.587		19	14	-75.456	-7.917		
<b>Avril</b>	1	8	83.144	9.616	12	1	-71.603	-7.263	21	20	75.757	7.635			
	3	14	-82.713	-9.305	14	8	71.582	8.070	24	3	-75.975	-8.428			
	5	20	82.498	8.841	16	14	-71.436	-7.751	26	9	76.332	8.155			
	8	2	-82.064	-8.521	18	20	71.412	7.321	28	15	-76.552	-7.990			
	10	8	81.785	8.056	21	3	-71.264	-8.219	30	21	76.889	7.720			



## HYPÉRION 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Date	X	Y	Date	X	Y
Mois j h	"	"	Mois j h	"	"	Mois j h	"	"
<b>Janv.</b> 11 11	229.020	17.944	<b>Mai</b> 18 14	197.765	14.490	<b>Sept.</b> 23 10	185.769	16.502
21 12	-268.433	-32.456	28 19	-226.587	-26.915	<b>Oct.</b> 3 20	-226.444	-22.986
<b>Févr.</b> 1 14	230.083	17.499	<b>Juin</b> 8 20	190.858	14.809	14 16	190.571	16.897
11 16	-267.043	-32.541	19 2	-221.283	-25.245	25 5	-234.725	-23.458
22 18	227.256	16.873	30 4	185.608	15.332	<b>Nov.</b> 5 0	196.745	17.545
<b>Mars</b> 4 19	-261.382	-31.547	<b>Juill.</b> 10 10	-217.663	-24.645	15 12	-243.543	-23.934
15 23	222.058	16.364	21 11	182.994	14.999	26 7	204.767	18.484
26 0	-252.500	-30.258	31 19	-216.318	-24.076	<b>Déc.</b> 6 19	-253.347	-24.870
<b>Avril</b> 6 2	213.852	15.258	<b>Août</b> 11 18	181.753	15.641	17 12	212.571	19.294
16 5	-243.356	-28.799	22 4	-217.844	-23.583	28 1	-263.418	-25.460
27 8	205.135	15.289	<b>Sept.</b> 2 2	182.406	15.822			
<b>Mai</b> 7 11	-234.383	-27.836	12 12	-220.936	-23.249			

## JAPET 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date	X	Y	Date	X	Y	Date	X	Y
Mois j h	"	"	Mois j h	"	"	Mois j h	"	"
<b>Janv.</b> 31 4	618.385	21.704	<b>Mai</b> 29 10	-497.567	-19.365	<b>Sept.</b> 29 9	508.982	-13.176
<b>Mars</b> 10 16	-569.825	-26.965	<b>Juill.</b> 9 13	499.419	9.070	<b>Nov.</b> 8 5	-518.934	20.895
<b>Avril</b> 19 13	559.703	26.278	<b>Août</b> 19 0	-473.130	1.586	<b>Déc.</b> 18 14	579.831	-24.736



# SATELLITES D'URANUS

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

MIRANDA .....	II. 138
ARIEL .....	II. 142
UMBRIEL .....	II. 145
TITANIA .....	II. 147
OBÉRON .....	II. 148



## MIRANDA 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Janv.</b>	1 14	1.896	-6.866	<b>Févr.</b>	2 10	-1.772	7.353	<b>Mars</b>	6 6	1.694	-7.800
	2 7	-1.889	6.902		3 3	1.773	-7.376		6 23	-1.691	7.827
	3 0	1.890	-6.929		3 20	-1.766	7.404		7 16	1.692	-7.845
	3 17	-1.883	6.966		4 13	1.768	-7.429		8 9	-1.688	7.869
	4 10	1.883	-6.992		5 6	-1.762	7.458		9 2	1.689	-7.889
	5 3	-1.876	7.029		5 23	1.761	-7.479		9 19	-1.685	7.910
	5 20	1.877	-7.054		6 16	-1.757	7.509		10 12	1.687	-7.931
	6 13	-1.870	7.090		7 9	1.756	-7.529		11 5	-1.682	7.948
	7 6	1.870	-7.113		8 2	-1.751	7.559		11 22	1.685	-7.970
	7 23	-1.863	7.148		8 19	1.751	-7.579		12 15	-1.679	7.983
	8 16	1.864	-7.169		9 12	-1.746	7.609		13 8	1.681	-8.005
	9 9	-1.856	7.205		10 5	1.746	-7.628		14 1	-1.678	8.025
	10 2	1.857	-7.231		10 22	-1.740	7.656		14 18	1.679	-8.040
	10 18	-1.849	6.318		11 15	1.741	-7.674		15 11	-1.676	8.059
	11 11	1.851	-6.353		12 7	-1.737	6.962		16 4	1.677	-8.075
12 4	-1.845	6.392	13 0	1.738	-6.985	16 21	-1.673	8.092			
12 21	1.847	-6.426	13 17	-1.733	7.022	17 14	1.675	-8.108			
13 14	-1.841	6.467	14 10	1.735	-7.053	18 7	-1.671	8.124			
14 7	1.843	-6.498	15 3	-1.730	7.085	19 0	1.673	-8.141			
15 0	-1.837	6.539	15 20	1.732	-7.113	19 16	-1.669	7.674			
15 17	1.838	-6.569	16 13	-1.727	7.146	20 9	1.672	-7.699			
16 10	-1.833	6.610	17 6	1.729	-7.174	21 2	-1.669	7.723			
17 3	1.834	-6.637	17 23	-1.725	7.208	21 19	1.672	-7.749			
17 20	-1.828	6.677	18 16	1.726	-7.234	22 12	-1.669	7.772			
18 13	1.829	-6.705	19 9	-1.722	7.269	23 5	1.672	-7.799			
19 6	-1.824	6.746	20 2	1.723	-7.293	23 22	-1.669	7.819			
19 23	1.824	-6.771	20 19	-1.719	7.327	24 15	1.672	-7.845			
20 16	-1.819	6.811	21 12	1.720	-7.350	25 8	-1.669	7.866			
21 9	1.820	-6.838	22 5	-1.716	7.382	26 1	1.672	-7.890			
22 2	-1.814	6.877	22 22	1.717	-7.403	26 18	-1.670	7.912			
22 19	1.815	-6.905	23 15	-1.713	7.437	27 11	1.672	-7.934			
23 12	-1.809	6.941	24 8	1.714	-7.461	28 4	-1.670	7.956			
24 5	1.810	-6.970	25 1	-1.710	7.489	28 21	1.673	-7.976			
24 22	-1.804	7.003	25 18	1.711	-7.513	29 14	-1.670	7.998			
25 15	1.805	-7.033	26 11	-1.707	7.541	30 7	1.673	-8.017			
26 8	-1.798	7.062	27 4	1.708	-7.565	31 0	-1.671	8.038			
27 1	1.799	-7.091	27 21	-1.704	7.592	31 17	1.673	-8.058			
27 18	-1.794	7.128	28 14	1.706	-7.616	<b>Avril</b>	1 10	-1.671	8.075		
28 11	1.794	-7.147	<b>Mars</b>	1 7	-1.701		7.642	2 3	1.674	-8.096	
29 4	-1.789	7.185		2 0	1.703	-7.665	2 20	-1.671	8.112		
29 21	1.789	-7.206	2 17	-1.698	7.689	3 13	1.674	-8.133			
30 14	-1.783	7.242	3 10	1.700	-7.713	4 6	-1.672	8.148			
31 7	1.784	-7.264	4 3	-1.696	7.740	4 23	1.675	-8.169			
<b>Févr.</b>	1 0	-1.778	7.298	4 20	1.696	-7.755	5 16	-1.672	8.182		
	1 17	1.779	-7.321	5 13	-1.693	7.784	6 9	1.675	-8.203		

## MIRANDA 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Avril</b>	7 2	-1.672	8.214	<b>Mai</b>	8 22	1.709	-8.553	<b>Juin</b>	9 17	-1.764	8.736
	7 19	1.676	-8.235		9 15	-1.708	8.555		10 10	1.769	-8.756
	8 12	-1.673	8.245		10 8	1.711	-8.569		11 3	-1.769	8.758
	9 5	1.675	-8.261		11 1	-1.710	8.570		11 20	1.772	-8.776
	9 22	-1.673	8.277		11 18	1.713	-8.583		12 13	-1.773	8.778
	10 15	1.675	-8.290		12 11	-1.711	8.583		13 6	1.776	-8.795
	11 8	-1.674	8.304		13 4	1.714	-8.594		13 23	-1.776	8.796
	12 1	1.676	-8.319		13 21	-1.712	8.593		14 16	1.780	-8.812
	12 18	-1.674	8.329		14 14	1.715	-8.605		15 9	-1.779	8.813
	13 11	1.677	-8.346		15 7	-1.714	8.604		16 2	1.783	-8.828
	14 4	-1.674	8.352		16 0	1.716	-8.613		16 19	-1.782	8.827
	14 21	1.677	-8.371		16 16	-1.715	8.495		17 12	1.785	-8.841
	15 14	-1.674	8.373		17 9	1.718	-8.512		18 5	-1.785	8.839
	16 7	1.678	-8.393		18 2	-1.719	8.523		18 22	1.788	-8.853
	17 0	-1.674	8.391		18 19	1.722	-8.542		19 15	-1.787	8.850
	17 17	1.678	-8.413		19 12	-1.723	8.550		20 8	1.790	-8.862
	18 10	-1.675	8.418		20 5	1.727	-8.570		21 1	-1.788	8.857
19 3	1.677	-8.426	20 22	-1.727	8.575	21 18	1.791	-8.871			
19 20	-1.675	8.434	21 15	1.731	-8.596	22 11	-1.790	8.864			
20 13	1.677	-8.444	22 8	-1.730	8.599	23 4	1.793	-8.878			
21 5	-1.677	8.204	23 1	1.735	-8.621	23 21	-1.791	8.869			
21 22	1.680	-8.223	23 18	-1.734	8.621	24 14	1.794	-8.882			
22 15	-1.679	8.241	24 11	1.737	-8.636	25 7	-1.791	8.870			
23 8	1.683	-8.261	25 4	-1.739	8.649	26 0	1.794	-8.884			
24 1	-1.682	8.275	25 21	1.740	-8.657	26 16	-1.794	8.848			
24 18	1.686	-8.297	26 14	-1.741	8.666	27 9	1.798	-8.870			
25 11	-1.684	8.308	27 7	1.744	-8.676	28 2	-1.798	8.870			
26 4	1.689	-8.331	28 0	-1.744	8.681	28 19	1.802	-8.892			
26 21	-1.687	8.339	28 17	1.747	-8.694	29 12	-1.803	8.897			
27 14	1.690	-8.360	29 10	-1.746	8.694	30 5	1.806	-8.908			
28 7	-1.691	8.374	30 3	1.750	-8.709	<b>Juill.</b>	30 22	-1.806	8.914		
29 0	1.693	-8.390	30 20	-1.748	8.705		1 15	1.809	-8.927		
29 17	-1.693	8.402	31 13	1.752	-8.723		2 8	-1.809	8.930		
30 10	1.696	-8.418	<b>Juin</b>	1 6	-1.750		3 1	1.813	-8.945		
1 3	-1.696	8.429		1 23	1.755		-8.735	3 18	-1.812	8.943	
1 20	1.698	-8.446	2 16	-1.753	8.729	4 11	1.815	-8.960			
2 13	-1.698	8.454	3 9	1.755	-8.738	5 4	-1.814	8.955			
3 6	1.701	-8.471	4 2	-1.754	8.735	5 21	1.818	-8.974			
3 23	-1.700	8.477	4 19	1.757	-8.745	6 14	-1.815	8.965			
4 16	1.703	-8.494	5 12	-1.755	8.740	7 7	1.820	-8.986			
5 9	-1.702	8.498	6 5	1.758	-8.751	8 0	-1.818	8.980			
6 2	1.705	-8.515	6 22	-1.756	8.743	8 17	1.819	-8.986			
6 19	-1.704	8.519	7 14	1.759	-8.707	9 10	-1.819	8.985			
7 12	1.707	-8.534	8 7	-1.760	8.713	10 3	1.820	-8.994			
8 5	-1.706	8.538	9 0	1.764	-8.732	10 20	-1.819	8.989			

## MIRANDA 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"
<b>Juill.</b>	11	13	1.821	-8.999	<b>Août</b>	12	7	-1.853	8.993	<b>Sept.</b>	13	2	1.882	-8.920
	12	6	-1.818	8.990		13	0	1.857	-9.015		13	19	-1.880	8.927
	12	22	1.821	-8.947		13	17	-1.858	9.028		14	12	1.885	-8.949
	13	15	-1.821	8.951		14	10	1.861	-9.041		15	5	-1.882	8.954
	14	8	1.826	-8.973		15	3	-1.861	9.051		15	22	1.886	-8.976
	15	1	-1.825	8.972		15	20	1.864	-9.066		16	15	-1.883	8.979
	15	18	1.830	-8.997		16	13	-1.863	9.073		17	8	1.887	-9.001
	16	11	-1.828	8.992		17	6	1.867	-9.090		18	1	-1.884	9.007
	17	4	1.832	-9.013		17	23	-1.865	9.093		18	18	1.886	-9.018
	17	21	-1.832	9.015		18	16	1.869	-9.111		19	11	-1.884	9.026
	18	14	1.835	-9.030		19	9	-1.866	9.111		20	4	1.886	-9.039
	19	7	-1.835	9.032		20	2	1.870	-9.131		20	21	-1.882	9.044
	20	0	1.838	-9.047		20	19	-1.867	9.127		21	14	1.885	-9.060
	20	17	-1.837	9.047		21	12	1.871	-9.149		22	7	-1.881	9.061
	21	10	1.840	-9.061		22	5	-1.867	9.146		23	0	1.884	-9.078
	22	3	-1.838	9.059		22	22	1.869	-9.157		23	17	-1.878	9.075
	22	20	1.841	-9.073		23	15	-1.867	9.160		24	9	1.882	-8.706
	23	13	-1.839	9.069		24	8	1.869	-9.171		25	2	-1.879	8.712
	24	6	1.842	-9.083		25	1	-1.866	9.172		25	19	1.885	-8.742
	24	23	-1.839	9.078		25	18	1.868	-9.183		26	12	-1.881	8.743
	25	16	1.842	-9.091		26	10	-1.864	8.943		27	5	1.886	-8.769
26	9	-1.839	9.083	27	3	1.868	-8.962	27	22	-1.885	8.783			
27	2	1.841	-9.097	27	20	-1.868	8.973	28	15	1.888	-8.799			
27	19	-1.838	9.088	28	13	1.872	-8.992	29	8	-1.886	8.811			
28	11	1.841	-8.999	29	6	-1.871	9.000	30	1	1.889	-8.828			
29	4	-1.841	9.005	29	23	1.875	-9.018	<b>Oct.</b>	30	18	-1.887	8.839		
29	21	1.845	-9.025	30	16	-1.873	9.023		1	11	1.890	-8.857		
30	14	-1.845	9.030	31	9	1.877	-9.046		2	4	-1.887	8.864		
31	7	1.849	-9.049	<b>Sept.</b>	1	2	-1.875		9.049	2	21	1.890	-8.884	
<b>Août</b>	1	0	-1.848		9.052	1	19	1.879	-9.068	3	14	-1.886	8.888	
1	17	1.852	-9.070	2	12	-1.876	9.071	4	7	1.890	-8.908			
2	10	-1.850	9.072	3	5	1.879	-9.089	5	0	-1.885	8.909			
3	3	1.854	-9.089	3	22	-1.876	9.092	5	17	1.889	-8.930			
3	20	-1.852	9.090	4	15	1.880	-9.109	6	10	-1.884	8.931			
4	13	1.855	-9.103	5	8	-1.876	9.111	7	3	1.887	-8.949			
5	6	-1.855	9.110	6	1	1.879	-9.126	7	20	-1.882	8.949			
5	23	1.857	-9.120	6	18	-1.876	9.127	8	13	1.885	-8.966			
6	16	-1.855	9.123	7	11	1.878	-9.141	9	6	-1.880	8.966			
7	9	1.858	-9.135	8	4	-1.874	9.141	9	22	1.883	-8.536			
8	2	-1.855	9.134	8	21	1.877	-9.155	10	15	-1.882	8.550			
8	19	1.858	-9.147	9	14	-1.872	9.154	11	8	1.886	-8.573			
9	12	-1.855	9.142	10	6	1.876	-8.858	12	1	-1.884	8.586			
10	5	1.857	-9.158	10	23	-1.875	8.867	12	18	1.887	-8.606			
10	22	-1.853	9.149	11	16	1.880	-8.890	13	11	-1.885	8.619			
11	15	1.857	-9.167	12	9	-1.878	8.898	14	4	1.888	-8.637			

## MIRANDA 2006

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 21	-1.885	8.649	Nov.	10 1	1.871	-8.657	Déc.	6 4	-1.832	8.141
	15 14	1.889	-8.670		10 18	-1.864	8.654		6 21	1.836	-8.165
	16 7	-1.886	8.678		11 11	1.866	-8.673		7 14	-1.831	8.171
	17 0	1.889	-8.698		12 4	-1.861	8.678		8 7	1.834	-8.193
	17 17	-1.886	8.706		12 20	1.864	-8.181		9 0	-1.831	8.205
	18 10	1.889	-8.726		13 13	-1.861	8.197		9 17	1.833	-8.223
	19 3	-1.885	8.732		14 6	1.864	-8.218		10 10	-1.829	8.233
	19 20	1.888	-8.752		14 23	-1.862	8.234		11 3	1.832	-8.252
	20 13	-1.883	8.757		15 16	1.865	-8.254		11 20	-1.827	8.260
	21 6	1.887	-8.776		16 9	-1.861	8.269		12 13	1.830	-8.281
	21 23	-1.881	8.779		17 2	1.864	-8.289		13 6	-1.825	8.285
	22 16	1.885	-8.798		17 19	-1.861	8.302		13 23	1.828	-8.307
	23 9	-1.879	8.798		18 12	1.864	-8.321		14 16	-1.822	8.307
	24 2	1.881	-8.814		19 5	-1.860	8.332		15 9	1.826	-8.331
	24 19	-1.877	8.821		19 22	1.863	-8.351		16 2	-1.819	8.326
	25 12	1.878	-8.831		20 15	-1.858	8.360		16 19	1.824	-8.352
	26 4	-1.876	8.348		21 8	1.862	-8.382		17 12	-1.818	8.354
	26 21	1.879	-8.369		22 1	-1.857	8.387		18 5	1.820	-8.368
27 14	-1.877	8.385	22 18	1.860	-8.408	18 22	-1.815	8.372			
28 7	1.880	-8.407	23 11	-1.855	8.413	19 15	1.817	-8.387			
29 0	-1.878	8.421	24 4	1.857	-8.433	20 8	-1.812	8.389			
29 17	1.881	-8.443	24 21	-1.852	8.439	21 1	1.814	-8.405			
30 10	-1.878	8.453	25 14	1.855	-8.457	21 18	-1.809	8.406			
31 3	1.882	-8.476	26 7	-1.850	8.463	22 11	1.811	-8.421			
31 20	-1.877	8.483	27 0	1.852	-8.479	23 4	-1.805	8.420			
Nov.	1 13	1.882	-8.506	27 17	-1.847	8.485	23 21	1.808	-8.436		
	2 6	-1.878	8.518	28 10	1.849	-8.499	24 14	-1.802	8.433		
	2 23	1.879	-8.530	29 3	-1.844	8.506	25 7	1.805	-8.449		
	3 16	-1.877	8.545	29 20	1.845	-8.519	26 0	-1.799	8.446		
	4 9	1.879	-8.559	30 13	-1.840	8.521	26 17	1.800	-8.460		
	5 2	-1.875	8.571	Déc.	1 6	1.842	-8.536	27 9	-1.796	8.058	
	5 19	1.877	-8.587		1 23	-1.836	8.537	28 2	1.799	-8.081	
	6 12	-1.873	8.596		2 16	1.838	-8.552	28 19	-1.795	8.088	
	7 5	1.876	-8.613		3 8	-1.834	8.072	29 12	1.798	-8.111	
	7 22	-1.870	8.618		4 1	1.837	-8.097	30 5	-1.795	8.118	
	8 15	1.873	-8.636		4 18	-1.833	8.107	30 22	1.798	-8.140	
	9 8	-1.867	8.637	5 11	1.837	-8.132	31 15	-1.794	8.146		

## ARIEL 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2451 545.0).

Date				Date				Date			
Mois	j	h	"	Mois	j	h	"	Mois	j	h	"
<b>Janv.</b>	1	9	-3.718	<b>Févr.</b>	27	3	3.429	<b>Avril</b>	24	22	-3.348
	2	15	3.720		28	10	-3.415		26	4	3.356
	3	21	-3.703	<b>Mars</b>	1	16	3.421		27	10	-3.347
	5	4	3.701		2	22	-3.409		28	17	3.358
	6	10	-3.689		4	4	3.410		29	23	-3.353
	7	16	3.690	5	11	-3.400	<b>Mai</b>		1	5	3.361
	8	22	-3.672	6	17	3.405			2	12	-3.353
	10	5	3.672	7	23	-3.393			3	18	3.365
	11	11	-3.659	9	6	3.394			5	0	-3.360
	12	17	3.659	10	12	-3.386			6	6	3.368
	13	23	-3.641	11	18	3.390			7	13	-3.361
	15	6	3.644	13	0	-3.377			8	19	3.374
	16	12	-3.630	14	7	3.383			10	1	-3.368
	17	18	3.629	15	13	-3.374			11	7	3.376
	19	1	-3.612	16	19	3.377			12	14	-3.371
	20	7	3.615	18	2	-3.365			13	20	3.383
	21	13	-3.600	19	8	3.373	15		2	-3.377	
	22	19	3.598	20	14	-3.363	16		8	3.384	
	24	2	-3.584	21	20	3.366	17		15	-3.381	
25	8	3.587	23	3	-3.357	18	21	3.393			
26	14	-3.571	24	9	3.364	20	3	-3.387			
27	21	3.568	25	15	-3.354	21	9	3.394			
29	3	-3.557	26	22	3.357	22	16	-3.392			
30	9	3.558	28	4	-3.351	23	22	3.405			
31	15	-3.542	29	10	3.358	25	4	-3.398			
<b>Févr.</b>	1	22	3.543	30	16	-3.346	26	11	3.407		
	3	4	-3.531	31	23	3.353	27	17	-3.405		
	4	10	3.532	<b>Avril</b>	2	5	-3.346	28	23	3.417	
	5	16	-3.514		3	11	3.352	30	5	-3.410	
	6	23	3.518		4	17	-3.341	31	12	3.419	
	8	5	-3.505		6	0	3.350	<b>Juin</b>	1	18	-3.417
	9	11	3.505		7	6	-3.344		3	0	3.430
	10	18	-3.490		8	12	3.348		4	6	-3.423
	12	0	3.494		9	19	-3.340		5	13	3.432
	13	6	-3.480		11	1	3.349		6	19	-3.431
	14	12	3.479		12	7	-3.342		8	1	3.443
	15	19	-3.468		13	13	3.346		9	7	-3.437
	17	1	3.472		14	20	-3.341		10	14	3.446
	18	7	-3.457	16	2	3.350	11		20	-3.445	
	19	14	3.457	17	8	-3.342	13		2	3.457	
	20	20	-3.447	18	15	3.347	14		8	-3.451	
	22	2	3.450	19	21	-3.344	15	15	3.460		
	23	8	-3.434	21	3	3.352	16	21	-3.459		
	24	15	3.439	22	9	-3.344	18	3	3.471		
25	21	-3.428	23	16	3.352	19	9	-3.466			

## ARIEL 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y	
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	
<b>Juin</b>	20 16	3.473	-12.715	<b>Août</b>	16 8	-3.620	12.870	<b>Oct.</b>	12 0	3.691	-12.325	
	21 22	-3.473	12.650		17 14	3.633	-12.813		13 6	-3.686	12.160	
	23 4	3.485	-12.627		18 20	-3.627	12.691		14 12	3.694	-12.043	
	24 10	-3.480	12.546		20 2	3.636	-12.617		15 18	-3.685	11.861	
	25 16	3.488	-12.506		21 9	-3.629	12.893		17 0	3.690	-11.728	
	26 23	-3.487	12.709		22 15	3.642	-12.835		18 7	-3.682	12.128	
	28 5	3.499	-12.686		23 21	-3.638	12.712		19 13	3.691	-12.010	
	29 11	-3.495	12.606		25 3	3.648	-12.637		20 19	-3.682	11.829	
	30 17	3.503	-12.566		26 9	-3.639	12.496		22 1	3.686	-11.696	
<b>Juill.</b>	2 0	-3.501	12.766		27 16	3.651	-12.851		23 8	-3.676	12.093	
	3 6	3.514	-12.744		28 22	-3.647	12.727		24 14	3.685	-11.975	
	4 12	-3.510	12.664		30 4	3.658	-12.651		25 20	-3.676	11.794	
	5 18	3.519	-12.627		31 10	-3.651	12.509		27 2	3.681	-11.660	
	7 1	-3.513	12.820	<b>Sept.</b>	1 17	3.658	-12.862		28 8	-3.668	11.463	
	8 7	3.528	-12.802			2 23	-3.655	12.738		29 15	3.677	-11.937
	9 13	-3.524	12.718		4 5	3.667	-12.660	<b>Nov.</b>	30 21	-3.669	11.756	
	10 19	3.535	-12.683		5 11	-3.660	12.516			1 3	3.673	-11.622
	12 1	-3.527	12.582		6 17	3.668	-12.422			2 9	-3.660	11.425
	13 8	3.542	-12.855		8 0	-3.661	12.741			3 16	3.667	-11.895
	14 14	-3.538	12.771		9 6	3.674	-12.663			4 22	-3.659	11.715
	15 20	3.549	-12.735		10 12	-3.669	12.518		6 4	3.664	-11.584	
	17 2	-3.542	12.635		11 18	3.677	-12.424		7 10	-3.650	11.385	
	18 9	3.554	-12.905		13 0	-3.668	12.261		8 17	3.656	-11.855	
	19 15	-3.552	12.822		14 7	3.680	-12.662		9 23	-3.647	11.673	
	20 21	3.563	-12.784		15 13	-3.675	12.516		11 5	3.652	-11.542	
	22 3	-3.557	12.684		16 19	3.685	-12.421		12 11	-3.639	11.344	
	23 10	3.566	-12.951		18 1	-3.676	12.257		13 18	3.643	-11.811	
	24 16	-3.564	12.868		19 8	3.683	-12.655		15 0	-3.634	11.630	
	25 22	3.577	-12.830		20 14	-3.679	12.508		16 6	3.639	-11.500	
	27 4	-3.571	12.731		21 20	3.690	-12.412		17 12	-3.626	11.304	
	28 10	3.580	-12.675		23 2	-3.682	12.247		18 19	3.629	-11.767	
	29 17	-3.576	12.912		24 8	3.689	-12.135		20 1	-3.620	11.587	
	30 23	3.590	-12.872		25 15	-3.681	12.494		21 7	3.624	-11.458	
<b>Août</b>	1 5	-3.585	12.773		26 21	3.693	-12.398		22 13	-3.610	11.263	
	2 11	3.595	-12.716		28 3	-3.686	12.232		23 20	3.613	-11.723	
	3 18	-3.587	12.952		29 9	3.693	-12.119		25 2	-3.604	11.544	
	5 0	3.601	-12.912	<b>Oct.</b>	30 16	-3.682	12.476		26 8	3.608	-11.416	
	6 6	-3.597	12.809			1 22	3.694	-12.378		27 14	-3.594	11.222
	7 12	3.608	-12.755			3 4	-3.688	12.211		28 21	3.596	-11.679
	8 18	-3.601	12.633			4 10	3.696	-12.098		30 3	-3.586	11.501
	10 1	3.612	-12.946			5 16	-3.685	11.913	<b>Déc.</b>	1 9	3.590	-11.373
	11 7	-3.609	12.842		6 23	3.693	-12.354			2 15	-3.575	11.180
	12 13	3.621	-12.787		8 5	-3.688	12.188			3 22	3.577	-11.634
	13 19	-3.614	12.665		9 11	3.696	-12.072			5 4	-3.567	11.457
	15 1	3.622	-12.592		10 17	-3.686	11.890			6 10	3.570	-11.331

**ARIEL 2006****X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations**

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

---

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Déc.</b>	7 16	-3.556	11.141	<b>Déc.</b>	16 12	3.529	-11.253	<b>Déc.</b>	25 8	-3.484	11.302
	8 23	3.558	-11.592		17 18	-3.513	11.064		26 14	3.485	-11.182
	10 5	-3.548	11.417		19 1	3.517	-11.510		27 21	-3.470	11.542
	11 11	3.550	-11.292		20 7	-3.506	11.338		29 3	3.475	-11.437
	12 17	-3.535	11.102		21 13	3.507	-11.216		30 9	-3.462	11.269
	14 0	3.538	-11.550		22 20	-3.490	11.579		31 15	3.462	-11.151
	15 6	-3.527	11.376		24 2	3.496	-11.472				

---

## UMBRIEL 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Janv.</b>	1 19	5.222	-13.836	<b>Avril</b>	5 5	-4.692	15.958	<b>Juill.</b>	7 13	4.949	-17.803
	3 21	-5.188	14.065		7 7	4.702	-16.037		9 14	-4.944	17.662
	5 23	5.186	-14.146		9 9	-4.688	16.179		11 16	4.966	-17.746
	8 0	-5.154	13.731		11 11	4.700	-16.258		13 18	-4.961	17.849
	10 2	5.155	-13.824		13 12	-4.687	16.058		15 19	4.980	-17.671
	12 4	-5.119	14.044		15 14	4.702	-16.150		17 21	-4.978	17.788
	14 6	5.121	-14.134		17 16	-4.689	16.282		19 23	4.998	-17.862
	16 7	-5.082	13.720		19 18	4.705	-16.372		22 0	-4.992	17.709
	18 9	5.087	-13.821		21 20	-4.691	16.493		24 2	5.013	-17.782
	20 11	-5.050	14.033		23 22	4.706	-16.571		26 4	-5.009	17.902
22 13	5.056	-14.131	25 23	-4.698	16.406	28 6	5.027	-17.965			
24 15	-5.015	14.329	28 1	4.713	-16.484	30 7	-5.025	17.818			
26 17	5.023	-14.425	30 3	-4.704	16.618	<b>Août</b>	1 9	5.044	-17.881		
28 18	-4.983	14.041	<b>Mai</b>	2 5	4.719		3 10	-5.038	17.716		
30 20	4.991	-14.134		4 6	-4.712		16.539	5 12	5.056	-17.770	
<b>Févr.</b>	1 22	-4.954	14.349	6 8	4.726	-16.607	7 14	-5.054	17.915		
	4 0	4.960	-14.430	8 10	-4.723	16.753	9 16	5.068	-17.958		
	6 2	-4.924	14.641	10 12	4.736	-16.810	11 17	-5.069	17.805		
	8 4	4.929	-14.710	12 14	-4.733	16.950	13 19	5.083	-17.846		
	10 5	-4.897	14.380	14 15	4.745	-16.740	15 20	-5.081	17.673		
	12 7	4.901	-14.450	16 17	-4.747	16.893	17 22	5.096	-17.714		
	14 9	-4.871	14.673	18 19	4.758	-16.943	20 0	-5.095	17.874		
	16 11	4.874	-14.732	20 21	-4.759	17.086	22 1	5.106	-17.560		
	18 13	-4.845	14.951	22 23	4.769	-17.129	24 3	-5.109	17.734		
	20 15	4.847	-14.998	25 0	-4.773	17.035	26 5	5.118	-17.762		
22 16	-4.822	14.718	27 2	4.784	-17.082	28 6	-5.120	17.572			
24 18	4.823	-14.771	29 4	-4.788	17.225	30 8	5.129	-17.599			
26 20	-4.803	14.997	31 6	4.797	-17.266	<b>Sept.</b>	1 10	-5.129	17.770		
28 22	4.802	-15.046	<b>Juin</b>	2 7	-4.803		3 11	5.139	-17.422		
<b>Mars</b> 3 0	-4.782	15.258		4 9	4.813		-17.224	5 13	-5.140	17.594	
5 2	4.781	-15.305	6 11	-4.819	17.368	7 15	5.150	-17.631			
7 3	-4.764	15.052	8 13	4.827	-17.405	9 16	-5.148	17.398			
9 5	4.764	-15.107	10 14	-4.835	17.325	11 18	5.160	-17.445			
11 7	-4.749	15.317	12 16	4.844	-17.370	13 20	-5.153	17.595			
13 9	4.750	-15.370	14 18	-4.851	17.506	15 21	5.168	-17.239			
15 11	-4.735	15.567	16 20	4.860	-17.553	17 23	-5.160	17.390			
17 13	4.735	-15.617	18 21	-4.867	17.462	20 1	5.174	-17.448			
19 14	-4.722	15.391	20 23	4.879	-17.520	22 2	-5.164	17.164			
21 16	4.724	-15.449	23 1	-4.881	17.639	24 4	5.181	-17.233			
23 18	-4.713	15.636	25 2	4.895	-17.471	26 5	-5.165	16.918			
25 20	4.715	-15.702	27 4	-4.898	17.593	28 7	5.185	-16.994			
27 22	-4.703	15.871	29 6	4.914	-17.665	30 9	-5.169	17.135			
30 0	4.708	-15.937	<b>Juill.</b>	1 7	-4.911	17.531	<b>Oct.</b>	2 11	5.187	-17.200	
<b>Avril</b> 1 1	-4.696	15.721		3 9	4.931	-17.614		4 12	-5.171	16.888	
3 3	4.704	-15.799		5 11	-4.929	17.719		6 14	5.190	-16.956	



## UMBRIEL 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Oct.</b>	8 15	-5.168	16.623	<b>Nov.</b>	6 15	-5.126	16.165	<b>Déc.</b>	5 15	-5.000	15.621
	10 17	5.188	-16.693		8 17	5.134	-16.193		7 17	5.001	-15.667
	12 19	-5.168	16.843		10 19	-5.112	16.378		9 19	-4.979	15.834
	14 21	5.185	-16.903		12 20	5.117	-15.890		11 21	4.980	-15.878
	16 22	-5.165	16.574		14 22	-5.100	16.092		13 23	-4.953	16.027
	19 0	5.183	-16.636		17 0	5.101	-16.104		16 0	4.955	-15.601
	21 2	-5.158	16.784		19 1	-5.081	15.792		18 2	-4.930	15.752
	23 3	5.176	-16.351		21 3	5.083	-15.816		20 4	4.933	-15.813
	25 5	-5.153	16.516		23 5	-5.066	16.007		22 6	-4.903	15.945
	27 7	5.169	-16.562		25 7	5.065	-16.029		24 8	4.906	-16.000
	29 8	-5.145	16.231		27 8	-5.043	15.704		26 9	-4.879	15.682
	31 10	5.159	-16.274		29 10	5.044	-15.738		28 11	4.883	-15.745
<b>Nov.</b>	2 12	-5.136	16.451	<b>Déc.</b>	1 12	-5.024	15.917		30 13	-4.853	15.876
	4 14	5.146	-16.481		3 14	5.024	-15.951				

## TITANIA 2006

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date			X	Y	Date			X	Y	Date			X	Y			
Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"	Mois	j	h	"	"			
<b>Janv.</b>	2	13	8.460	-22.503	<b>Mai</b>	4	22	7.669	-27.336	<b>Sept.</b>	3	17	8.341	-28.869			
	6	22	-8.427	22.747		9	7	-7.710	27.585		8	1	-8.396	28.807			
	11	7	8.344	-22.898		13	16	7.709	-27.746		12	9	8.377	-28.568			
	15	16	-8.308	23.174		18	0	-7.744	27.775		16	17	-8.416	28.422			
	20	1	8.229	-23.327		22	9	7.754	-27.962		21	1	8.398	-28.200			
	24	9	-8.192	23.122		26	18	-7.790	28.179		25	10	-8.435	28.365			
<b>Févr.</b>	28	18	8.116	-23.288	<b>Juin</b>	31	2	7.801	-28.177	<b>Oct.</b>	29	18	8.408	-28.115			
	2	3	-8.091	23.577		4	11	-7.844	28.415		4	2	-8.444	27.939			
	6	12	8.007	-23.677		8	19	7.851	-28.376		8	10	8.418	-27.651			
	10	21	-7.991	24.011		13	4	-7.898	28.640		12	18	-8.434	27.428			
	15	6	7.914	-24.109		17	12	7.908	-28.602		17	3	8.411	-27.531			
	19	15	-7.900	24.430		21	21	-7.953	28.853		21	11	-8.421	27.291			
	24	0	7.831	-24.542		26	5	7.964	-28.821		25	19	8.389	-27.005			
<b>Mars</b>	28	9	-7.829	24.844	<b>Juill.</b>	30	14	-8.019	29.097	<b>Nov.</b>	30	4	-8.397	27.149			
	4	18	7.754	-24.936		4	22	8.012	-28.987		3	12	8.355	-26.804			
		9	3	-7.765		25.268		9	6		-8.075	29.119		7	20	-8.357	26.601
		13	12	7.699		-25.351		13	15		8.070	-29.190		12	5	8.312	-26.639
		17	20	-7.716		25.352		17	23		-8.130	29.301		16	13	-8.306	26.423
	22	5	7.661	-25.457		22	7	8.124	-29.173		20	22	8.254	-26.466			
	26	14	-7.681	25.754		26	16	-8.187	29.465		25	6	-8.251	26.260			
	30	23	7.633	-25.891		31	0	8.170	-29.308		29	15	8.181	-26.248			
<b>Avril</b>	4	8	-7.664	26.189	<b>Août</b>	4	8	-8.239	29.399	<b>Déc.</b>	3	23	-8.181	26.101			
	8	17	7.620	-26.309		8	16	8.219	-29.207		8	8	8.108	-26.079			
	13	2	-7.659	26.611		13	0	-8.284	29.266		12	16	-8.101	25.931			
	17	11	7.628	-26.739		17	8	8.266	-29.062		17	1	8.026	-25.920			
		21	20	-7.660		26.988		21	17		-8.325	29.314		21	10	-8.022	26.131
	26	5	7.644	-27.155		26	1	8.306	-29.127		25	18	7.936	-25.756			
	30	13	-7.681	27.172		30	9	-8.365	29.092		30	3	-7.939	25.995			

## OBÉRON 2006

---

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

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

---

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"	Mois	j h	"	"
<b>Janv.</b>	6 18	-11.267	30.309	<b>Mai</b>	8 16	-10.257	36.761	<b>Sept.</b>	6 16	-11.156	38.491
	13 12	11.110	-30.406		15 10	10.277	-37.003		13 8	11.184	-38.043
	20 7	-11.021	30.902		22 4	-10.342	37.331		20 1	-11.218	37.831
	27 1	10.872	-31.039		28 22	10.368	-37.567		26 18	11.223	-37.537
<b>Févr.</b>	2 20	-10.784	31.505	<b>Juin</b>	4 16	-10.442	37.896	<b>Oct.</b>	3 11	-11.249	37.282
	9 14	10.662	-31.737		11 10	10.479	-38.169		10 4	11.226	-36.933
<b>Mars</b>	16 9	-10.577	32.135	18 4	-10.552	38.454	16 21	-11.246	36.632		
	23 3	10.479	-32.405	24 21	10.597	-38.586	23 14	11.199	-36.232		
	1 22	-10.402	32.806	<b>Juill.</b>	1 14	-10.663	38.667	30 7	-11.201	35.882	
	8 17	10.342	-33.433		8 8	10.722	-39.002	<b>Nov.</b>	6 0	11.134	-35.513
15 12	-10.279	33.801	15 1	-10.777	39.008	12 18	-11.112	35.420			
22 6	10.246	-34.116	21 18	10.838	-39.163	19 11	11.031	-35.069			
29 1	-10.204	34.527	28 11	-10.882	39.108	26 5	-10.981	34.946			
<b>Avril</b>	4 20	10.193	-35.067	<b>Août</b>	4 4	10.949	-39.229	<b>Déc.</b>	2 22	10.900	-34.664
	11 14	-10.178	35.249		10 21	-10.985	39.105		9 16	-10.825	34.492
<b>Mai</b>	18 9	10.182	-35.753	17 13	11.046	-38.931	16 10	10.738	-34.571		
	25 3	-10.201	36.019	24 6	-11.079	38.772	23 4	-10.645	34.418		
	1 22	10.215	-36.463	30 23	11.126	-38.695	29 22	10.565	-34.505		

---

# CALENDRIER

Notations :

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

**JOUR** : Jour de la semaine.

**JJ** : Jour Julien à 12h.

**JDA** : Jour de l'année.

## CALENDRIER 2006

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	Dim	2453737	1	1	Mer	2453768	32	1	Mer	2453796	60
2	Lun	3738	2	2	Jeu	3769	33	2	Jeu	3797	61
3	Mar	3739	3	3	Ven	3770	34	3	Ven	3798	62
4	Mer	3740	4	4	Sam	3771	35	4	Sam	3799	63
5	Jeu	3741	5	5	Dim	3772	36	5	Dim	3800	64
6	Ven	3742	6	6	Lun	3773	37	6	Lun	3801	65
7	Sam	3743	7	7	Mar	3774	38	7	Mar	3802	66
8	Dim	3744	8	8	Mer	3775	39	8	Mer	3803	67
9	Lun	3745	9	9	Jeu	3776	40	9	Jeu	3804	68
10	Mar	3746	10	10	Ven	3777	41	10	Ven	3805	69
11	Mer	3747	11	11	Sam	3778	42	11	Sam	3806	70
12	Jeu	3748	12	12	Dim	3779	43	12	Dim	3807	71
13	Ven	3749	13	13	Lun	3780	44	13	Lun	3808	72
14	Sam	3750	14	14	Mar	3781	45	14	Mar	3809	73
15	Dim	3751	15	15	Mer	3782	46	15	Mer	3810	74
16	Lun	3752	16	16	Jeu	3783	47	16	Jeu	3811	75
17	Mar	3753	17	17	Ven	3784	48	17	Ven	3812	76
18	Mer	3754	18	18	Sam	3785	49	18	Sam	3813	77
19	Jeu	3755	19	19	Dim	3786	50	19	Dim	3814	78
20	Ven	3756	20	20	Lun	3787	51	20	Lun	3815	79
21	Sam	3757	21	21	Mar	3788	52	21	Mar	3816	80
22	Dim	3758	22	22	Mer	3789	53	22	Mer	3817	81
23	Lun	3759	23	23	Jeu	3790	54	23	Jeu	3818	82
24	Mar	3760	24	24	Ven	3791	55	24	Ven	3819	83
25	Mer	3761	25	25	Sam	3792	56	25	Sam	3820	84
26	Jeu	3762	26	26	Dim	3793	57	26	Dim	3821	85
27	Ven	3763	27	27	Lun	3794	58	27	Lun	3822	86
28	Sam	3764	28	28	Mar	3795	59	28	Mar	3823	87
29	Dim	3765	29					29	Mer	3824	88
30	Lun	3766	30					30	Jeu	3825	89
31	Mar	3767	31					31	Ven	3826	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	Sam	2453827	91	1	Lun	2453857	121	1	Jeu	2453888	152
2	Dim	3828	92	2	Mar	3858	122	2	Ven	3889	153
3	Lun	3829	93	3	Mer	3859	123	3	Sam	3890	154
4	Mar	3830	94	4	Jeu	3860	124	4	Dim	3891	155
5	Mer	3831	95	5	Ven	3861	125	5	Lun	3892	156
6	Jeu	3832	96	6	Sam	3862	126	6	Mar	3893	157
7	Ven	3833	97	7	Dim	3863	127	7	Mer	3894	158
8	Sam	3834	98	8	Lun	3864	128	8	Jeu	3895	159
9	Dim	3835	99	9	Mar	3865	129	9	Ven	3896	160
10	Lun	3836	100	10	Mer	3866	130	10	Sam	3897	161
11	Mar	3837	101	11	Jeu	3867	131	11	Dim	3898	162
12	Mer	3838	102	12	Ven	3868	132	12	Lun	3899	163
13	Jeu	3839	103	13	Sam	3869	133	13	Mar	3900	164
14	Ven	3840	104	14	Dim	3870	134	14	Mer	3901	165
15	Sam	3841	105	15	Lun	3871	135	15	Jeu	3902	166
16	Dim	3842	106	16	Mar	3872	136	16	Ven	3903	167
17	Lun	3843	107	17	Mer	3873	137	17	Sam	3904	168
18	Mar	3844	108	18	Jeu	3874	138	18	Dim	3905	169
19	Mer	3845	109	19	Ven	3875	139	19	Lun	3906	170
20	Jeu	3846	110	20	Sam	3876	140	20	Mar	3907	171
21	Ven	3847	111	21	Dim	3877	141	21	Mer	3908	172
22	Sam	3848	112	22	Lun	3878	142	22	Jeu	3909	173
23	Dim	3849	113	23	Mar	3879	143	23	Ven	3910	174
24	Lun	3850	114	24	Mer	3880	144	24	Sam	3911	175
25	Mar	3851	115	25	Jeu	3881	145	25	Dim	3912	176
26	Mer	3852	116	26	Ven	3882	146	26	Lun	3913	177
27	Jeu	3853	117	27	Sam	3883	147	27	Mar	3914	178
28	Ven	3854	118	28	Dim	3884	148	28	Mer	3915	179
29	Sam	3855	119	29	Lun	3885	149	29	Jeu	3916	180
30	Dim	3856	120	30	Mar	3886	150	30	Ven	3917	181
				31	Mer	3887	151				

## CALENDRIER 2006

JUILLET				AOÛT				SEPTEMBRE			
D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA
0			181	0			212	0			243
1	Sam	2453918	182	1	Mar	2453949	213	1	Ven	2453980	244
2	Dim	3919	183	2	Mer	3950	214	2	Sam	3981	245
3	Lun	3920	184	3	Jeu	3951	215	3	Dim	3982	246
4	Mar	3921	185	4	Ven	3952	216	4	Lun	3983	247
5	Mer	3922	186	5	Sam	3953	217	5	Mar	3984	248
6	Jeu	3923	187	6	Dim	3954	218	6	Mer	3985	249
7	Ven	3924	188	7	Lun	3955	219	7	Jeu	3986	250
8	Sam	3925	189	8	Mar	3956	220	8	Ven	3987	251
9	Dim	3926	190	9	Mer	3957	221	9	Sam	3988	252
10	Lun	3927	191	10	Jeu	3958	222	10	Dim	3989	253
11	Mar	3928	192	11	Ven	3959	223	11	Lun	3990	254
12	Mer	3929	193	12	Sam	3960	224	12	Mar	3991	255
13	Jeu	3930	194	13	Dim	3961	225	13	Mer	3992	256
14	Ven	3931	195	14	Lun	3962	226	14	Jeu	3993	257
15	Sam	3932	196	15	Mar	3963	227	15	Ven	3994	258
16	Dim	3933	197	16	Mer	3964	228	16	Sam	3995	259
17	Lun	3934	198	17	Jeu	3965	229	17	Dim	3996	260
18	Mar	3935	199	18	Ven	3966	230	18	Lun	3997	261
19	Mer	3936	200	19	Sam	3967	231	19	Mar	3998	262
20	Jeu	3937	201	20	Dim	3968	232	20	Mer	3999	263
21	Ven	3938	202	21	Lun	3969	233	21	Jeu	4000	264
22	Sam	3939	203	22	Mar	3970	234	22	Ven	4001	265
23	Dim	3940	204	23	Mer	3971	235	23	Sam	4002	266
24	Lun	3941	205	24	Jeu	3972	236	24	Dim	4003	267
25	Mar	3942	206	25	Ven	3973	237	25	Lun	4004	268
26	Mer	3943	207	26	Sam	3974	238	26	Mar	4005	269
27	Jeu	3944	208	27	Dim	3975	239	27	Mer	4006	270
28	Ven	3945	209	28	Lun	3976	240	28	Jeu	4007	271
29	Sam	3946	210	29	Mar	3977	241	29	Ven	4008	272
30	Dim	3947	211	30	Mer	3978	242	30	Sam	4009	273
31	Lun	3948	212	31	Jeu	3979	243				

OCTOBRE				NOVEMBRE				DÉCEMBRE			
D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA	D	JOUR	JJ à 12h	JDA
0			273	0			304	0			334
1	Dim	2454010	274	1	Mer	2454041	305	1	Ven	2454071	335
2	Lun	4011	275	2	Jeu	4042	306	2	Sam	4072	336
3	Mar	4012	276	3	Ven	4043	307	3	Dim	4073	337
4	Mer	4013	277	4	Sam	4044	308	4	Lun	4074	338
5	Jeu	4014	278	5	Dim	4045	309	5	Mar	4075	339
6	Ven	4015	279	6	Lun	4046	310	6	Mer	4076	340
7	Sam	4016	280	7	Mar	4047	311	7	Jeu	4077	341
8	Dim	4017	281	8	Mer	4048	312	8	Ven	4078	342
9	Lun	4018	282	9	Jeu	4049	313	9	Sam	4079	343
10	Mar	4019	283	10	Ven	4050	314	10	Dim	4080	344
11	Mer	4020	284	11	Sam	4051	315	11	Lun	4081	345
12	Jeu	4021	285	12	Dim	4052	316	12	Mar	4082	346
13	Ven	4022	286	13	Lun	4053	317	13	Mer	4083	347
14	Sam	4023	287	14	Mar	4054	318	14	Jeu	4084	348
15	Dim	4024	288	15	Mer	4055	319	15	Ven	4085	349
16	Lun	4025	289	16	Jeu	4056	320	16	Sam	4086	350
17	Mar	4026	290	17	Ven	4057	321	17	Dim	4087	351
18	Mer	4027	291	18	Sam	4058	322	18	Lun	4088	352
19	Jeu	4028	292	19	Dim	4059	323	19	Mar	4089	353
20	Ven	4029	293	20	Lun	4060	324	20	Mer	4090	354
21	Sam	4030	294	21	Mar	4061	325	21	Jeu	4091	355
22	Dim	4031	295	22	Mer	4062	326	22	Ven	4092	356
23	Lun	4032	296	23	Jeu	4063	327	23	Sam	4093	357
24	Mar	4033	297	24	Ven	4064	328	24	Dim	4094	358
25	Mer	4034	298	25	Sam	4065	329	25	Lun	4095	359
26	Jeu	4035	299	26	Dim	4066	330	26	Mar	4096	360
27	Ven	4036	300	27	Lun	4067	331	27	Mer	4097	361
28	Sam	4037	301	28	Mar	4068	332	28	Jeu	4098	362
29	Dim	4038	302	29	Mer	4069	333	29	Ven	4099	363
30	Lun	4039	303	30	Jeu	4070	334	30	Sam	4100	364
31	Mar	4040	304					31	Dim	4101	365



# INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

OBSERVATOIRE DE PARIS

77, AVENUE DENFERT-ROCHEREAU, 75014 PARIS

Secrétariat : 01-40-51-21-28

Renseignements : 01-40-51-22-70

---

*Directeur :* William THUILLOT

*Directeur adjoint :* Alain VIENNE

## CORPS DES ASTRONOMES ET DES ASTRONOMES ADJOINTS

*Astronomes :* Jean-Louis SIMON,  
William THUILLOT,  
Patrick ROCHER.

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

## CORPS DES CHERCHEURS DU CNRS

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

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

## CORPS DES ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DES UNIVERSITÉS

*Professeurs :* Alain CHENCINER.

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



**CORPS DES INGÉNIEURS ET TECHNICIENS DU CNRS**

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

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

*Assistant ingénieur :* Isabelle NICOLAS.

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

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

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

**ÉTUDIANTS pour l'année 2006**

*Thésitifs :* Martin CELLI,  
Benoît NOYELLES,  
Guillaume ROBIN,  
Anne ROBADEY,  
Julien BODOSSIAN,  
Jocelyn COUETDIC,  
Serge MOURET.

## BUREAU DES LONGITUDES

PALAIS DE L'INSTITUT, 3, RUE MAZARINE, 75006 PARIS

---

### Bureau pour l'année 2005

*Président* : Suzanne DÉBARBAT  
*Vice-Président* : François BARLIER  
*Secrétaire* : Pierre BAÜER

### MEMBRES TITULAIRES

Jean-François DENISSE (\*), membre de l'Académie des sciences.  
Jean KOVALEVSKY (\*), membre de l'Académie des sciences.  
Bernard GUINOT, correspondant de l'Académie des sciences.  
Charles FEHRENBACH (\*), membre de l'Académie des sciences.  
Pierre GIACOMO, directeur honoraire du Bureau international des poids et mesures.  
Roger CAYREL, astronome, observatoire de Paris.  
Nicole CAPITAINÉ, astronome, observatoire de Paris.  
Jean-Louis LE MOUËL, physicien, institut de physique du globe de Paris.  
Suzanne DÉBARBAT, astronome titulaire honoraire, observatoire de Paris.  
Jean-Paul POIRIER, physicien, institut de physique du globe de Paris.  
Claude AUDOIN, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.  
François BARLIER, astronome honoraire, observatoire de la Côte d'Azur.  
André LEBEAU, professeur, ancien président du CNES.

### MEMBRES EN SERVICE EXTRAORDINAIRE

Yves DESNOËS, directeur du Service hydrographique et océanographique de la Marine.  
Marc PIERROT-DESEILLIGNY, directeur technique adjoint de l'IGN.

---

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

## MEMBRES CORRESPONDANTS

Marcel GOLAY, ancien directeur de l'observatoire de Genève.

Jean-Claude PECKER, professeur au Collège de France.

Pierre MERLIN, professeur, université de Paris VIII.

Raymond MICHARD, astronome titulaire honoraire.

Akihiko SAKUMA, physicien principal, Bureau international des poids et mesures.

Jacques LÉVY, astronome titulaire honoraire, observatoire de Paris.

André BERROIR, professeur, ancien directeur de l'INSU.

Gilbert AMAT, professeur honoraire, université de Paris VI.

Bernard SAINT-GUILY, ancien sous-directeur du laboratoire d'océanographie physique du Muséum national d'histoire naturelle.

Michel LEFEBVRE, ingénieur, CNES.

Pierre BAUER, directeur de recherche au CNRS.

Claude BOUCHER, ingénieur général des Ponts et Chaussées à l'IGN.

Jean CHAPRONT, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

Jean-Claude DUPLESSY, directeur de recherche au CNRS, directeur du Centre des faibles radioactivités.

Jean-Eudes ARLOT, directeur de recherche au CNRS, Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

François MIGNARD, directeur de recherche au CNRS, observatoire de la Côte d'Azur.

Jacques HINDERER, directeur de recherche au CNRS, institut de physique du globe de Strasbourg.

Viktor BRUMBERG, professeur, Institut d'astronomie appliquée, Saint-Pétersbourg.

Jean-Claude HUSSON, président directeur général d'Alcatel Espace.

Jean-Louis SIMON, astronome, Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

Georges BALMINO, ingénieur, CNES, directeur exécutif du GRGS.

Michel CRÉPON, directeur de recherche au CNRS.

Pascal WILLIS, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à l'IGN.

Sylvio FERRAZ-MELLO, professeur, université de São Paulo.

Elisa Felicitas ARIAS, physicienne, Bureau international des poids et mesures.

Catherine TURON, astronome, observatoire de Paris.

Christophe SOTIN, professeur, université de Nantes.

José ACHACHE, directeur général adjoint scientifique, CNES.

Catherine DE BERGH, directeur de recherche au CNRS, observatoire de Paris.

# ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

2 0 0 6

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, ainsi que 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 présente pour l'année en cours, sous forme d'éphémérides tabulées, le Temps sidéral, les nutations en longitude et en obliquité, les variables se référant aux nouveaux concepts définis par l'UAI (angle de rotation de la Terre, équation des origines, coordonnées du pôle céleste intermédiaire, angle  $s$ ) et les coordonnées du Soleil, de la Lune et des planètes. Elle donne aussi les coordonnées différentielles tangentielles aux heures les plus proches des élongations des satellites de Mars, des satellites galiléens de Jupiter, des huit premiers satellites de Saturne et des cinq principaux satellites d'Uranus.

Des éphémérides électroniques accompagnent l'ouvrage et constituent maintenant les éphémérides de précision proprement dites.

Depuis 1984, la Connaissance des Temps fait usage des théories élaborées à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides et du système des constantes astronomiques adoptées par l'Union Astronomique Internationale (UAI) en 1976. Cette année, plusieurs améliorations et transformations ont été apportées. Les nouvelles variables liées aux résolutions de l'UAI 2001 ont été introduites et leur utilisation fait l'objet d'un paragraphe supplémentaire du chapitre 5 consacré aux changements de coordonnées. Les éphémérides ne sont plus présentées sous forme de coefficients polynomiaux mais sont tabulées pour des dates données. Enfin, les éphémérides électroniques livrées avec la publication 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 328<sup>e</sup> d'une éphéméride qui a paru sans interruption depuis sa création.



39 euros

2-86883-867-7

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



**EDP**  
SCIENCES