

**GUIDE
DE DONNÉES
ASTRONOMIQUES
2023**



17, avenue du Hoggar
Parc d'activités de Courtabœuf, BP 112,
91 944 Les Ulis cedex A, France

La première édition de cet ouvrage a été publiée en 1796.

CRÉDITS IMCCE/BDL et EDP SCIENCES, Paris, 2022

Illustration de couverture

La nébuleuse de la Tarentule photographiée par l'instrument NIRCam
du télescope spatial James Webb en septembre 2022.

CRÉDITS NASA, ESA, CSA, STSCL, WEBB ERO PRODUCTION TEAM

ISBN 978-2-7598-2798-5

PRÉFACE

L'*Annuaire du Bureau des longitudes*, édité depuis 2005 sous le titre de *Guide de données astronomiques*, est une publication annuelle dont le premier volume est paru en juillet 1796. Cet ouvrage relève des attributions du Bureau des longitudes depuis sa fondation en 1795 et, fait remarquable, est publié sans interruption depuis plus de deux cents ans. Sans interruption... Mais non sans modifications, tant sur le fond que sur la forme. Le premier volume concernait les prédictions se rapportant à l'an V de la République française. La France vivait alors sous le calendrier républicain et cet annuaire couvrait ainsi la période du 22 septembre 1796 au 21 septembre 1797.

Bien que fondé sur la *Connaissance des temps*, le présent annuaire constitue une éphéméride de moindre précision, dont le registre d'objets et de phénomènes célestes est néanmoins plus étendu. Il bénéficie donc de toute l'exactitude attachée à cet ouvrage, dont les solutions de haute précision pour les éphémérides planétaires et la dynamique des corps du Système solaire (Soleil, Lune, planètes, planètes naines, petits corps et satellites...). Les prédictions diverses qui s'y rapportent sont élaborées par l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (IMCCE, anciennement Service des calculs et de mécanique céleste du Bureau des longitudes).

Véritable outil de travail, l'*Annuaire* demeure au fil du temps un ouvrage de référence pour les astronomes amateurs et professionnels. Grâce aux développements rigoureux, aux exemples pertinents fournis pour chaque type de données ou encore aux textes explicatifs qui suivent de près les résolutions successives de l'Union astronomique internationale (UAI), l'*Annuaire* permet ainsi de préparer soigneusement des programmes d'observation pour l'année à venir (planètes, astéroïdes, comètes, satellites naturels, essaims météoritiques, étoiles, galaxies, phénomènes célestes, etc.) en raison de sa parution anticipée.

L'évolution des connaissances et des techniques a rendu nécessaire à maintes reprises la modification du contenu de l'*Annuaire*. Depuis l'édition 2013, cet ouvrage a ainsi fait l'objet d'une refonte conséquente, en proposant de nouvelles rubriques et par l'introduction d'une présentation qui regroupe les phénomènes par périodes du calendrier.

F. MIGNARD
Président du Bureau des longitudes

P. ROBUTEL
Directeur de l'IMCCE

SOMMAIRE

Chapitre premier – LES CALENDRIERS

<i>Introduction</i>	7
<i>Période julienne</i>	8
<i>Calendriers</i>	9
<i>Fêtes</i>	22
<i>Semaines et calendrier perpétuel</i>	26

Chapitre deuxième – DÉFINITIONS GÉNÉRALES

<i>Sphères célestes et systèmes de coordonnées</i>	29
<i>Forme et dynamique terrestres</i>	35
<i>Les différentes échelles de temps</i>	42
<i>L'heure en France</i>	50
<i>Quelques définitions supplémentaires</i>	57
<i>Dynamique du Système solaire et paramètres orbitaux</i>	62

Chapitre troisième – L'EMPLOI DES ÉPHÉMÉRIDES DE POSITION

<i>Interpolation des tables</i>	73
<i>Temps sidéral et angle de rotation de la Terre</i>	75
<i>Passage d'un astre au méridien d'un lieu</i>	77
<i>Lever et coucher des astres</i>	81
<i>Éclairement de la Terre par le Soleil</i>	87
<i>Passage d'un astre au premier vertical</i>	93
<i>Coordonnées moyennes d'une étoile et calculs approchés</i>	94

Chapitre quatrième – LE SOLEIL, LA LUNE, LES PLANÈTES ET PLUTON

<i>Introduction</i>	97
<i>Soleil et Lune</i>	98
<i>Planètes</i>	99

Chapitre cinquième – LES SATELLITES

<i>Les satellites naturels des planètes</i>	137
<i>Configuration des satellites</i>	145

Chapitre sixième – LES ASTÉROÏDES ET LES COMÈTES

<i>Astéroïdes</i>	159
<i>Comètes</i>	186

Chapitre septième – LES ÉPHÉMÉRIDES POUR LES OBSERVATIONS PHYSIQUES

Données pour l'observation de la surface du Soleil 219
Données pour l'observation de la surface de la Lune 224
Données pour l'observation de la surface des planètes 233

Chapitre huitième – LES ÉCLIPSES ET LES PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES

Éclipses de Lune 251
Éclipses de Soleil 253
Phénomènes astronomiques 272
Cartes de visibilité des éclipses de Soleil et de Lune, 2023 – 2024 275

Chapitre neuvième – AUTRES PHÉNOMÈNES DANS LE SYSTÈME SOLAIRE

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter dus à la planète 281
Phénomènes mutuels 297
Occultations stellaires et satellites d'astéroïdes 302
Météores et météoroïdes 334

Chapitre dixième – LES ÉTOILES

Liste des constellations 343
Positions d'étoiles 348
Étoiles doubles 355
Amas d'étoiles, nébuleuses et galaxies 360
Polaire 363

Annexes

Coordonnées terrestres et rectangulaires des principales villes de France 368
Observatoires astronomiques 370
Personnels de l'IMCCE 373
Membres du Bureau des longitudes 375

Index 379

Chapitre premier

LES CALENDRIERS

1. INTRODUCTION

Le repérage des instants exige la définition d'échelles de temps (*voir* chap. 2). Mais il est également nécessaire, indépendamment du choix de l'échelle, de définir un système de numérotation des jours qui permet de situer sans ambiguïté une date quelconque. C'est le problème de la chronologie.

La solution la plus simple, en principe, consiste à choisir arbitrairement une date origine, numérotée 0 ou 1, et à énumérer sans autre artifice les jours ultérieurs ; les époques antérieures peuvent éventuellement être repérées par des nombres négatifs. C'est en suivant ce principe que la *période julienne*, décrite plus loin, a été définie.

Pour des raisons de tradition, mais aussi de commodité, un découpage du temps en années et en mois s'est avéré nécessaire. Cependant, les règles adoptées pour ce découpage diffèrent selon les civilisations et constituent ainsi les différents calendriers existants. Les règles de certains calendriers sont décrites plus loin et une concordance détaillée entre ces calendriers est ensuite donnée pour l'année en cours et la suivante. Des données analogues sont fournies, pour la période historiquement utile, en ce qui concerne le calendrier républicain utilisé en France à l'époque de la Révolution. Des explications relatives au calendrier utilisé en Chine et au Vietnam sont aussi précisées.

À la définition du calendrier est traditionnellement liée celle des fêtes. La définition des fêtes en vigueur en France est ainsi expliquée et leur date est donnée pour l'année courante et la suivante, ainsi que les fêtes de quelques autres calendriers.

Enfin, des indications sont données sur la numérotation des semaines dans l'année, sur la détermination du jour de la semaine correspondant à une date quelconque (calendrier perpétuel) et sur la définition des siècles et des millénaires.

2. PÉRIODE JULIENNE

Nombre de jours de la période écoulés au 1^{er} janvier,
à 12 h Temps universel de chaque année.

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1800	237 8497	8862	9227	9592	9957	0323	0688	1053	1418	1784
1810	238 2149	2514	2879	3245	3610	3975	4340	4706	5071	5436
1820	5801	6167	6532	6897	7262	7628	7993	8358	8723	9089
1830	9454	9819	0184	0550	0915	1280	1645	2011	2376	2741
1840	239 3106	3472	3837	4202	4567	4933	5298	5663	6028	6394
1850	6759	7124	7489	7855	8220	8585	8950	9316	9681	0046
1860	240 0411	0777	1142	1507	1872	2238	2603	2968	3333	3699
1870	4064	4429	4794	5160	5525	5890	6255	6621	6986	7351
1880	7716	8082	8447	8812	9177	9543	9908	0273	0638	1004
1890	241 1369	1734	2099	2465	2830	3195	3560	3926	4291	4656
1900	5021	5386	5751	6116	6481	6847	7212	7577	7942	8308
1910	8673	9038	9403	9769	0134	0499	0864	1230	1595	1960
1920	242 2325	2691	3056	3421	3786	4152	4517	4882	5247	5613
1930	5978	6343	6708	7074	7439	7804	8169	8535	8900	9265
1940	9630	9996	0361	0726	1091	1457	1822	2187	2552	2918
1950	243 3283	3648	4013	4379	4744	5109	5474	5840	6205	6570
1960	6935	7301	7666	8031	8396	8762	9127	9492	9857	0223
1970	244 0588	0953	1318	1684	2049	2414	2779	3145	3510	3875
1980	4240	4606	4971	5336	5701	6067	6432	6797	7162	7528
1990	7893	8258	8623	8989	9354	9719	0084	0450	0815	1180
2000	245 1545	1911	2276	2641	3006	3372	3737	4102	4467	4833
2010	5198	5563	5928	6294	6659	7024	7389	7755	8120	8485
2020	8850	9216	9581	9946	0311	0677	1042	1407	1772	2138
2030	246 2503	2868	3233	3599	3964	4329	4694	5060	5425	5790
2040	6155	6521	6886	7251	7616	7982	8347	8712	9077	9443
2050	9808	0173	0538	0904	1269	1634	1999	2365	2730	3095
2060	247 3460	3826	4191	4556	4921	5287	5652	6017	6382	6748
2070	7113	7478	7843	8209	8574	8939	9304	9670	0035	0400
2080	248 0765	1131	1496	1861	2226	2592	2957	3322	3687	4053
2090	4418	4783	5148	5514	5879	6244	6609	6975	7340	7705

La date origine de la période julienne est le 1^{er} janvier 4713 av. J.-C. (calendrier julien), à midi : la journée qui sépare le midi du 1^{er} janvier de cette année et celui du 2 janvier porte le numéro 0. Le jour julien qui commence à midi le 1^{er} janvier 2023 porte le numéro 2 459 946 et se termine à 12 h le 2 janvier.

Le tableau ci-contre donne le nombre de jours écoulés depuis cet instant origine jusqu'au 1^{er} janvier à midi, pour les années 1800 à 2099. Pour d'autres époques, il convient de consulter une table plus étendue (par exemple *Annuaire du Bureau des longitudes*, 1974, p. 404-405), ou d'effectuer le calcul en tenant compte des indications données plus loin sur la structure des calendriers.

Ce système de numérotation peut s'appliquer à toute échelle de temps. Sauf avis contraire, il s'agit en général du *Temps universel* (UT). Mais il est également possible de définir la date julienne dans l'échelle du *Temps des éphémérides* (TE) ou du *Temps terrestre* (TT), par exemple, ce qu'il convient alors de préciser explicitement.

Une date est parfois repérée au moyen du *jour julien modifié* (en anglais, *Modified Julian Date*, MJD), qui se déduit de la date repérée dans la période julienne par soustraction de 2 400 000,5. L'origine de cette échelle est le 17 novembre 1858 à 0 h. La reconnaissance de son emploi, commode pour certains besoins astronomiques, a été faite par l'Union astronomique internationale (UAI) en 1973, mais elle n'est pas recommandée.

3. CALENDRIERS

Le plus souvent, les calendriers sont fondés sur des considérations à caractère astronomique, les notions d'année et de mois étant respectivement liées, d'une manière plus ou moins stricte suivant les cas, à la durée de révolution de la Terre autour du Soleil et à celle de la Lune autour de la Terre.

3.1. Calendrier julien

Le calendrier julien admet un décalage de 13 jours avec le calendrier grégorien, du 1^{er} mars 1900 au 28 février 2100. Cet écart augmente ensuite d'un jour à chaque année séculaire dont le millésime n'est pas multiple de 400.

Ce calendrier comporte deux *genres* d'années, les années *communes*, de 365 jours, divisées en 12 mois de 31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30 et 31 jours respectivement, et les années *bisextiles*, de 366 jours, dans lesquelles le second mois est de 29 jours. Un quart des années est constitué d'années bisextiles : ce sont celles dont le numéro (*millésime*) est multiple de 4.

La durée moyenne de l'année (365,25 j) est une approximation médiocre de celle de l'année tropique (365,242 2 j), celle du mois (30,44 j) une approximation très grossière de celle de la lunaison (29,530 589 j).

Pour les historiens, l'année qui précède l'an 1 est comptée pour la première avant Jésus-Christ (1 av. J.-C.), elle fut bissextile. Selon cette règle, les années bissextiles, qui se succèdent tous les quatre ans, sont les années 1, 5, 9, 13... av. J.-C : la règle de divisibilité par 4 ne s'applique plus.

Les astronomes, depuis Jacques Cassini¹ (1740), comptent autrement les années antérieures à l'an 1. Ils qualifient d'année zéro celle qui précède l'an 1 et comptent négativement les suivantes. Par exemple, l'an 46 av. J.-C. des historiens correspond à l'an -45 des astronomes (la notation -46 av. J.-C. est un non-sens). La règle de divisibilité par 4 pour les années bissextiles s'applique alors pour ces années « négatives » (0, -4, -8, etc.). De plus, un intervalle qui s'étend de part et d'autre de l'instant origine se calcule facilement : entre l'an -45 et l'an 45, il s'est écoulé 90 ans.

3.2. Calendrier grégorien

Il ne diffère du précédent calendrier que par la répartition des années bissextiles, dans le but d'améliorer la proximité de la durée de l'année moyenne du calendrier (365,242 5 j) à celle de l'année tropique. La durée moyenne du mois est peu différente de celle du mois du calendrier julien.

Les années bissextiles sont les mêmes que celles du calendrier julien, sauf trois années séculaires sur quatre : celles dont le millésime est multiple de 100, sans l'être de 400. Ainsi, les années 1700, 1800, 1900 sont communes, alors que 2000 est bissextile, comme dans le calendrier julien.

L'origine de ce calendrier est définie par rapport à celle du calendrier julien de la manière suivante : le lendemain du jeudi 4 octobre 1582 (julien) est le vendredi 15 octobre 1582 (grégorien), la succession des jours de la semaine étant respectée². L'usage de ce calendrier est actuellement universellement admis, les autres ne conservent d'utilité que pour l'organisation des diverses traditions religieuses à caractère annuel.

3.3. Calendrier copte

Ce calendrier est une simple variante du calendrier julien. Il définit l'ère de Dioclétien, qui commence en l'an 1 copte correspondant à l'an julien 284. Les 12 mois de l'année copte, dont les noms figurent dans le tableau de concordance donné plus loin,

1. CASSINI (Jacques), *Tables astronomiques*, Paris, 1740, p. 5.

2. La mise en application du calendrier grégorien a été effective à différentes dates selon les pays : en France, le lendemain du 9 décembre 1582 a été le 20 décembre 1582.

sont uniformément de 30 jours, et sont suivis de quelques jours dits *épagomènes*. Le nombre de ces jours, en général égal à cinq, est porté à six tous les quatre ans, lorsque le millésime de l'année suivante est multiple de quatre. L'année copte commence le 29 ou le 30 août julien.

3.4. Calendrier hégirien

Le calendrier hégirien est un calendrier *lunaire*, c'est-à-dire qu'au contraire des précédents, il est constitué de façon à ce que la durée moyenne du mois soit une bonne approximation de la lunaison, l'année n'étant qu'une approximation très grossière de la période de révolution de la Terre. L'ère du calendrier hégirien, appelée aussi Hégire, a pour origine le 1 Mouharram de l'an 1, qui correspond au vendredi 16 juillet 622 julien.

Ainsi, dans la forme actuelle de ce calendrier, la valeur moyenne de l'année est de 354,37 j. Ce résultat est obtenu en faisant alterner des années de 354 jours (*années communes*) et 355 jours (*années abondantes*), suivant un cycle périodique de 30 ans, dont un exemple est donné par le tableau suivant.

Millésime hégirien	Genre de l'année (1)	Millésime hégirien	Genre de l'année (1)	Millésime hégirien	Genre de l'année (1)
1420	A	1430	C	1440	C
1421	C	1431	A	1441	C
1422	C	1432	C	1442	A
1423	A	1433	C	1443	C
1424	C	1434	A	1444	C
1425	C	1435	C	1445	A
1426	A	1436	A	1446	C
1427	C	1437	C	1447	A
1428	A	1438	C	1448	C
1429	C	1439	A	1449	C

(1) C : année commune – A : année abondante.

Les mois de l'année hégirienne, dont les noms sont donnés plus loin dans le tableau de concordance, sont d'une durée de 30 et 29 jours alternativement. Le premier mois est de 30 jours et le dernier de 29 jours dans les années communes et de 30 jours dans les années abondantes. Il en résulte une durée moyenne du mois de 29,530 556 jours.

3.5. Calendrier hébraïque

D'une définition beaucoup plus complexe, ce calendrier assure, comme le précédent et par un procédé analogue, une valeur moyenne du mois (29,530 594 j) voisine de celle de la lunaison. Mais il assure également une durée moyenne de l'année (365,246 8 j) voisine de celle de la révolution de la Terre autour du Soleil, en faisant alterner des années de 12 mois (*communes*) et de 13 mois (*embolismiques*), suivant un cycle de 19 ans explicité dans le tableau suivant.

Millésime hébraïque	Genre de l'année (1)	Millésime hébraïque	Genre de l'année (1)	Millésime hébraïque	Genre de l'année (1)
5771	E	5778	C	5785	C
5772	C	5779	E	5786	C
5773	C	5780	C	5787	E
5774	E	5781	C	5788	C
5775	C	5782	E	5788	C
5776	E	5783	C		
5777	C	5784	E		

(1) C : année commune – E : année embolismique.

Les années communes peuvent durer 353, 354 ou 355 jours et les années embolismiques 383, 384 ou 385 jours. Les trois *espèces* d'années ainsi définies (dites respectivement *défectives*, *régulières* ou *abondantes*) alternent selon des règles compliquées.

Le calendrier hébraïque définit l'ère judaïque, dont l'an 1 correspond à l'an –3760 julien. Il a pour origine le 1 Tisseri de l'an 1, qui correspond au 7 octobre –3760 julien.

3.6. Concordance des calendriers

Les tableaux des quatre pages suivantes donnent la concordance entre les calendriers décrits précédemment pour l'année en cours et la suivante.

Concordance des calendriers – 2023

Jour	Grégorien	Julien	Hégitien	Hébraïque	Copte
	2023	2022	1444	5783	1739
Di	1 Janvier	19 Décembre	8 Djoumada-t-Tania	8 Tébeth	23 Keihak
Lu	9	27	16	16	1 Toubah
2023					
Sa	14	1 Janvier	21	21	6
Lu	23	10	1 Radjab	1 Schébat	15
Me	1 Février	19	10	10	24
Me	8	26	17	17	1 Amchir
Ma	14	1 Février	23	23	7
Me	22	9	1 Cha'ban	1 Adar	15
Me	1 Mars	16	8	8	22
Ve	10	25	17	17	1 Barmahat
Ma	14	1 Mars	21	21	5
Je	23	10	1 Ramadan	1 Nissan	14
Sa	1 Avril	19	10	10	23
Di	9	27	18	18	1 Barmoudah
Ve	14	1 Avril	23	23	6
Sa	22	9	1 Chaououal	1 Iyar	14
Lu	1 Mai	18	10	10	23
Ma	9	26	18	18	1 Bachnas
Di	14	1 Mai	23	23	6
Di	21	8	1 Dou-l-Qa'da	1 Sivan	13
Je	1 Juin	19	12	12	24
Je	8	26	19	19	1 Bou'nah
Me	14	1 Juin	25	25	7
Ma	20	7	1 Dou-l-Hidja	1 Tamouz	13
Sa	1 Juillet	18	12	12	24

Concordance des calendriers – 2023 (suite et fin)

Jour	Grégorien	Julien	Hégitien	Hébraïque	Copte
	2023	2023	1444	5783	1739
Sa	1 Juillet	18 Juin	12 Dou-l-Hidja	12 Tamouz	24 Bou'nah
Sa	8	25	19	19	1 Abib
Ve	14	1 Juillet	25	25	7
1445					
Me	19	6	1 Mouharram	1 Ab	12
Ma	1 Août	19	14	14	25
Lu	7	25	20	20	1 Masari
Lu	14	1 Août	27	27	8
Ve	18	5	1 Safar	1 Elloul	12
Ve	1 Septembre	19	15	15	26
Me	6	24	20	20	1 J. Epag.
1740					
Ma	12	30	26	26	1 Tout
Je	14	1 Septembre	28	28	3
5784					
Sa	16	3	1 Rabi'-oul-Aououal	1 Tisseri	5
Di	1 Octobre	18	16	16	20
Je	12	29	27	27	1 Bahat
Sa	14	1 Octobre	29	29	3
Lu	16	3	1 Rabi'-out-Tani	1 Hesvan	5
Me	1 Novembre	19	17	17	21
Sa	11	29	27	27	1 Hâtour
Ma	14	1 Novembre	1 Djoumada-l-Oula	1 Kislev	4
Ve	1 Décembre	18	18	18	21
Lu	11	28	28	28	1 Keihak
Me	13	30	30	1 Têbeth	3
Je	14	1 Décembre	1 Djoumada-t-Tania	2	4
2024					
Lu	1 Janvier	19	19	20	22

Concordance des calendriers – 2024

Jour	Grégorien	Julien	Hébirien	Hébraïque	Copte
	2024	2023	1445	5784	1740
Lu	1 Janvier	19 Décembre	19 Djoumada-t-Tania	20 Tébeth	22 Keihak
Me	10	28	28	29	1 Toubah
Je	11	29	29	1 Schébat	2
Ve	12	30	1 Radjab	2	3
2024					
Di	14	1 Janvier	3	4	5
Je	1 Février	19	21	22	23
Ve	9	27	29	30	1 Amchir
Sa	10	28	30	1 Adar	2
Di	11	29	1 Cha'ban	2	3
Me	14	1 Février	4	5	6
Ve	1 Mars	17	20	21	22
Di	10	26	29	30	1 Barmahat
Lu	11	27	1 Ramadan	1 Véadar	2
Je	14	1 Mars	4	4	5
Lu	1 Avril	19	22	22	23
Ma	9	27	30	1 Nissan	1 Barmoudah
Me	10	28	1 Chaououal	2	2
Di	14	1 Avril	5	6	6
Me	1 Mai	18	22	23	23
Je	9	26	1 Dou-l-Qa'da	1 Iyar	1 Bachnas
Ma	14	1 Mai	6	6	6
Sa	1 Juin	19	24	24	24
Ve	7	25	30	1 Sivan	30
Sa	8	26	1 Dou-l-Hidjja	2	1 Bou'nah
Ve	14	1 Juin	7	8	7
Lu	1 Juillet	18	24	25	24

Concordance des calendriers – 2024 (suite et fin)

Jour	Grégorien		Julien		Hégirien		Hébraïque		Copte	
	2024		2024		1445		5784		1740	
Lu	1	Juillet	18	Juin	24	Dou-l-Hidja	25	Sivan	24	Bou'nah
Di	7		24		30		1	Tamouz	30	
1446										
Lu	8		25		1	Mouharram	2		1	Abib
Di	14		1	Juillet	7		8		7	
Je	1	Août	19		25		26		25	
Lu	5		23		29		1	Ab	29	
Me	7		25		1	Safar	3		1	Masari
Me	14		1	Août	8		10		8	
Di	1	Septembre	19		26		28		26	
Me	4		22		29		1	Elloul	29	
Je	5		23		1	Rabi'-oul-Aououal	2		30	
Ve	6		24		2		3		1	J. Epag.
1741										
Me	11		29		7		8		1	Tout
Sa	14		1	Septembre	10		11		4	
Ma	1	Octobre	18		27		28		21	
5785										
Je	3		20		29		1	Tisseri	23	
Sa	5		22		1	Rabi'-out-Tani	3		25	
Ve	11		28		7		9		1	Bahat
Lu	14		1	Octobre	10		12		4	
Ve	1	Novembre	19		28		30		22	
Sa	2		20		29		1	Hesvan	23	
Di	3		21		1	Djoudmada-l-Oula	2		24	
Di	10		28		8		9		1	Hâtour
Je	14		1	Novembre	12		13		5	
Di	1	Décembre	18		29		30		22	
Lu	2		19		30		1	Kislev	23	
Ma	3		20		1	Djoudmada-t-Tania	2		24	
Ma	10		27		8		9		1	Keihak
Sa	14		1	Décembre	12		13		5	
2025										
Me	1	Janvier	19		1	Radjab	1	Tébeth	23	

Concordance des ères pour l'année 2023

- 2023 de l'ère chrétienne débute le dimanche 1^{er} janvier grégorien qui correspond au :
 - 19 décembre 2022 du calendrier julien,
 - 8 Djoumada-t-Tania 1444 du calendrier hégirien,
 - 8 Tébeth 5783 du calendrier hébraïque,
 - 23 Keihak 1739 du calendrier copte ;
- le 1^{er} janvier 2023 julien correspond au samedi 14 janvier 2023 grégorien ;
- 1445 de l'Hégire débute le mercredi 19 juillet 2023 grégorien ;
- 5784 de l'ère judaïque débute le samedi 16 septembre 2023 grégorien ;
- 1740 de l'ère de Dioclétien débute le mardi 12 septembre 2023 grégorien.

Concordance des ères pour l'année 2024

- 2024 de l'ère chrétienne débute le lundi 1^{er} janvier grégorien qui correspond au :
 - 19 décembre 2023 du calendrier julien,
 - 19 Djoumada-t-Tania 1445 du calendrier hégirien,
 - 20 Tébeth 5784 du calendrier hébraïque,
 - 22 Keihak 1740 du calendrier copte ;
- le 1^{er} janvier 2024 julien correspond au dimanche 14 janvier 2024 grégorien ;
- 1446 de l'Hégire débute le lundi 8 juillet 2024 grégorien ;
- 5785 de l'ère judaïque débute le jeudi 3 octobre 2024 grégorien ;
- 1741 de l'ère de Dioclétien débute le mercredi 11 septembre 2024 grégorien.

3.7. Calendrier républicain

Le calendrier républicain français n'a été en usage que 13 années, du 22 septembre 1792, époque de l'équinoxe d'automne et de la fondation de la République, jusqu'au 1^{er} janvier 1806. Les 12 mois de l'année républicaine ont tous 30 jours, et les *jours complémentaires*, qui suivent le dernier mois, sont au nombre de 5 ou de 6 ; l'année républicaine est donc de 365 ou 366 jours.

L'année commence à 0 h du jour civil, pour le méridien de l'Observatoire de Paris, où tombe l'équinoxe vrai d'automne. Le commencement d'une année et sa durée ne peuvent donc être obtenus à l'avance qu'à l'aide d'un calcul astronomique. Le calendrier républicain supposait aussi que l'année de 366 jours revenait tous les quatre ans. Cette incohérence avec la règle ci-dessus a été l'un des prétextes à l'abandon de ce calendrier.

Le mois est composé de 3 décades ; chaque décade est une période de 10 jours nommés *primidi, duodi, tridi, quartidi, quintidi, sextidi, septidi, octidi, nonidi, décadi*. Les 12 mois portent les noms de : *vendémiaire, brumaire, frimaire, nivôse, pluviôse, ventôse, germinal, floréal, prairial, messidor, thermidor, fructidor*.

Concordance entre les calendriers républicain et grégorien

Année républicaine		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Année grégorienne	1792	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799
		—	—	—	—	—	—	—	—
1 vendémiaire	septembre	22	22	22	23	22	22	22	23
1 brumaire	octobre	22	22	22	23	22	22	22	23
1 frimaire	novembre	21	21	21	22	21	21	21	22
1 nivôse	décembre	21	21	21	22	21	21	21	22

Année républicaine		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Année grégorienne	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799	1800
		—	—	—	—	—	—	—	—
1 pluviôse	janvier	20	20	20	21	20	20	20	21
1 ventôse	février	19	19	19	20	19	19	19	20
1 germinal	mars	21	21	21	21	21	21	21	22
1 floréal	avril	20	20	20	20	20	20	20	21
1 prairial	mai	20	20	20	20	20	20	20	21
1 messidor	juin	19	19	19	19	19	19	19	20
1 thermidor	juillet	19	19	19	19	19	19	19	20
1 fructidor	août	18	18	18	18	18	18	18	19
1 j. compl.	septembre	17	17	17	17	17	17	17	18

Année républicaine		IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
	Année grégorienne	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806
		—	—	—	—	—	—	—
1 vendémiaire	septembre	23	23	23	24	23	23	23
1 brumaire	octobre	23	23	23	24	23	23	23
1 frimaire	novembre	22	22	22	23	22	22	22
1 nivôse	décembre	22	22	22	23	22	22	22

Année républicaine		IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
	Année grégorienne	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807
		—	—	—	—	—	—	—
1 pluviôse	janvier	21	21	21	22	21	21	21
1 ventôse	février	20	20	20	21	20	20	20
1 germinal	mars	22	22	22	22	22	22	22
1 floréal	avril	21	21	21	21	21	21	21
1 prairial	mai	21	21	21	21	21	21	21
1 messidor	juin	20	20	20	20	20	20	20
1 thermidor	juillet	20	20	20	20	20	20	20
1 fructidor	août	19	19	19	19	19	19	19
1 j. compl.	septembre	18	18	18	18	18	18	18

Correspondance entre les calendriers républicain et grégorien

Le tableau précédent donne cette correspondance pour le premier jour de chaque mois républicain de l'an I à l'an XV. On en déduit aisément cette correspondance pour un jour quelconque de ces 15 années.

Si on prend la règle astronomique pour définir le calendrier républicain, en 2023 :

- le 1^{er} *vendémiaire* 232 a lieu le 23 septembre 2023,
- le 1^{er} *brumaire* 232 a lieu le 23 octobre 2023,

et en 2024 :

- le 1^{er} *vendémiaire* 233 a lieu le 22 septembre 2024,
- le 1^{er} *brumaire* 233 a lieu le 22 octobre 2024.

Remarque – Le 1^{er} vendémiaire est le jour de l'équinoxe d'automne calculé en temps solaire moyen de Paris.

3.8. Calendrier chinois

Le calendrier traditionnel, utilisé concurremment avec le calendrier grégorien, est un calendrier *luni-solaire* qui comporte 12 ou 13 mois lunaires de 29 ou 30 jours. Les mois sont désignés numériquement comme les quantèmes. Le premier jour du mois est le jour où a lieu, en heure légale chinoise, la conjonction du Soleil et de la Lune.

L'année commune comprend 353, 354 ou 355 jours. Sept mois supplémentaires sont répartis sur un intervalle de 19 années, de manière à ce que le solstice d'hiver tombe toujours le onzième mois lunaire. Cela place généralement le début de l'année aux environs de *lichūn* (début du printemps). Le début de l'année peut varier du 21 janvier au 21 février. Dans le calendrier chinois, il y a 24 *jiéqi* (sections de saison) qui correspondent aux 24 points du Soleil sur l'écliptique (*voir* table des *Jiéqi*, p. 21). Leurs dates sont mobiles. Un mois peut en comporter un à trois. L'année embolismique comporte 13 mois, soit 383, 384 ou 385 jours. Le mois supplémentaire reprend l'ordre numérique de celui du mois précédent.

On applique aussi aux jours – comme aux années – un cycle de 60, combinaison d'un cycle décimal (10 troncs célestes *tiāngān* : *jiǎ, yǐ, bǐng, dīng, wù, jǐ, gēng, xīn, rén, guǐ*) et d'un cycle duodécimal (12 branches terrestres *dìzhī* : *zǐ, chǒu, yín, mǎo, chén, sì, wú, wèi, shēn, yǒu, xū, hài*) (*voir* [cycle sexagésimal](#)). Le nom d'une année est une combinaison formée du nom d'un tronc céleste et de celui d'une branche terrestre. L'année lunaire qui commence en 2023 occupe le numéro d'ordre 40 du tableau du cycle sexagésimal, son nom est *Guǐmǎo*. C'est une année 癸卯 (*Guǐmǎo*) qui correspond à la branche terrestre 卯 (*mǎo*) associée au signe du Lapin 兔 (*tù*) et au tronc céleste 癸 (*guǐ*) associé à l'élément Eau 水 (*shuǐ*). L'année suivante est *Jiǎchén* (*voir* [Tableau des débuts d'année lunaires](#)).

On obtient, en divisant par 60 le numéro du jour julien moins 10, le numéro du jour de « cycle de soixante ». C'est ce cycle qui a permis à la Chine de compter les jours

sans faute depuis plus de deux millénaires. Des dates précises sont ainsi fournies pour étudier les phénomènes astronomiques, météorologiques ou géologiques décrits dans les archives historiques chinoises. On utilisait traditionnellement les années de règne et le compte des années était doublé par l'emploi du cycle de 60. Depuis 1949, on n'utilise plus que les millésimes grégoriens.

Calendrier chinois – Tableau des débuts d'année lunaires

Nom de l'année	Jour de l'An	Nom de l'année	Jour de l'An
Gēngzǐ	21 janvier 2020	Guīmǎo	22 janvier 2023
Xīnchǒu	12 février 2021	Jiǎchén	10 février 2024
Rényín	1 ^{er} février 2022	Yìsì	29 janvier 2025

Calendrier chinois – cycle sexagésimal

	Zi	Chǒu	Yín	Mǎo	Chén	Sì	Wǔ	Wèi	Shēn	Yǒu	Xū	Hài
Jiǎ	1		51		41		31		21		11	
Yī		2		52		42		32		22		12
Bǐng	13		3		53		43		33		23	
Dīng		14		4		54		44		34		24
Wù	25		15		5		55		45		35	
Jǐ		26		16		6		56		46		36
Gēng	37		27		17		7		57		47	
Xīn		38		28		18		8		58		48
Rén	49		39		29		19		9		59	
Guǐ		50		40		30		20		10		60

3.9. Calendrier vietnamien

Le calendrier vietnamien n'est autre que le calendrier chinois calculé pour la longitude du Vietnam. Il fut probablement introduit avec les premiers établissements chinois en 111 av. J.-C., conservé au cours de l'occupation chinoise pendant un millénaire environ, et, depuis le x^e siècle, adopté par les dynasties nationales.

C'est un calendrier *lunaire*. L'année comprend 12 mois *complets* de 30 jours ou *incomplets* de 29 jours, avec, tous les trois ou deux ans, un mois *embolismique* variable. Ce mois intercalaire entraîne, à certaines époques, une moindre concordance entre l'année vietnamienne et l'année chinoise.

L'ère chrétienne et le calendrier grégorien, employés dans tout le Vietnam, s'imposent de plus en plus, et le calendrier traditionnel n'est plus guère suivi que dans l'observation des coutumes et la célébration des anciennes fêtes.

Calendrier chinois – 24 jiéqi (termes solaires)

Jiéqi	Longitude du Soleil	Date en 2023	Date en 2024
Xiāohán (petits froids)	285°	5 janvier	6 janvier
Dàhán (grands froids)	300°	20 janvier	20 janvier
Lichūn (début du printemps)	315°	4 février	4 février
Yǔshuǐ (pluies)	330°	19 février	19 février
Jīngzhé (réveil des créatures)	345°	6 mars	5 mars
Chūnfēn (équinoxe de printemps)	0°	21 mars	20 mars
Qīngmíng (clarté)	15°	5 avril	4 avril
Gǔyǔ (pluie des grains)	30°	20 avril	19 avril
Lìxià (début de l'été)	45°	6 mai	5 mai
Xiǎmǎn (petite abondance)	60°	21 mai	20 mai
Mángzhòng (grains en épi)	75°	6 juin	5 juin
Xiàzhì (solstice d'été)	90°	21 juin	21 juin
Xiǎoshǔ (petite chaleur)	105°	7 juillet	6 juillet
Dàshǔ (grande chaleur)	120°	23 juillet	22 juillet
Lìqiū (début de l'automne)	135°	8 août	7 août
Chùshǔ (fin des chaleurs)	150°	23 août	22 août
Báilù (rosée blanche)	165°	8 septembre	7 septembre
Qiūfēn (équinoxe d'automne)	180°	23 septembre	22 septembre
Hánlù (rosée froide)	195°	8 octobre	8 octobre
Shuāngjiàng (arrivée du givre)	210°	24 octobre	23 octobre
Lìdōng (début de l'hiver)	225°	8 novembre	7 novembre
Xiǎoxuě (petites neiges)	240°	22 novembre	22 novembre
Dàxuě (grandes neiges)	255°	7 décembre	6 décembre
Dōngzhì (solstice d'hiver)	270°	22 décembre	21 décembre

Remarque – Les saisons chinoises sont décalées d'un mois et demi (45° en longitude) par rapport aux saisons astronomiques occidentales.

4. FÊTES

4.1. Éléments du comput grégorien pour 2023

Épacte	8	Cycle solaire	16	Indiction romaine	1
Lettre(s) dominicale(s)....	A	Nombre d'or	10		

4.2. Dimanche de Pâques

De nombreuses fêtes religieuses en vigueur en France sont déterminées par leur écart avec la date de Pâques (*voir* plus loin). Cette dernière est fixée par des règles complexes (*voir*, par exemple, J. Lévy, « La date de Pâques », notice parue dans l'*Annuaire* de 1975). Les tableaux suivants donnent, pour les années 1850 à 2099, la date julienne de la fête de Pâques du calendrier julien et la date grégorienne de celle du calendrier grégorien. Les dates en italique correspondent au mois de mars, les autres au mois d'avril.

Calendrier julien

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1850	23	8	<i>30</i>	19	11	<i>27</i>	15	7	<i>23</i>	12
1860	3	23	8	<i>31</i>	19	4	<i>27</i>	16	<i>31</i>	20
1870	12	<i>28</i>	16	8	<i>31</i>	13	4	<i>27</i>	16	1
1880	20	12	<i>28</i>	17	8	<i>24</i>	13	5	24	9
1890	1	21	5	<i>28</i>	17	2	<i>24</i>	13	5	18
1900	9	1	14	6	<i>28</i>	17	2	22	13	<i>29</i>
1910	18	10	<i>25</i>	14	6	<i>22</i>	10	2	22	7
1920	<i>29</i>	18	3	<i>26</i>	14	6	19	11	2	22
1930	7	<i>30</i>	18	3	<i>26</i>	15	<i>30</i>	19	11	<i>27</i>
1940	15	7	<i>23</i>	12	3	23	8	<i>31</i>	19	11
1950	<i>27</i>	16	7	<i>23</i>	12	4	23	8	<i>31</i>	20
1960	4	<i>27</i>	16	1	20	12	<i>28</i>	17	8	<i>31</i>
1970	13	5	<i>27</i>	16	1	21	12	<i>28</i>	17	9
1980	<i>24</i>	13	5	25	9	1	21	6	<i>28</i>	17
1990	2	<i>25</i>	13	5	18	10	1	14	6	<i>29</i>
2000	17	2	22	14	<i>29</i>	18	10	<i>26</i>	14	6
2010	<i>22</i>	11	2	22	7	<i>30</i>	18	3	<i>26</i>	15
2020	6	19	11	3	22	7	<i>30</i>	19	3	<i>26</i>
2030	15	<i>31</i>	19	11	<i>27</i>	16	7	<i>23</i>	12	4
2040	23	8	<i>31</i>	20	11	<i>27</i>	16	8	<i>23</i>	12
2050	4	24	8	<i>31</i>	20	5	<i>27</i>	16	1	21
2060	12	<i>28</i>	17	9	<i>31</i>	13	5	<i>28</i>	16	1
2070	21	6	<i>28</i>	17	9	<i>25</i>	13	5	25	10
2080	1	21	6	<i>29</i>	17	2	<i>25</i>	14	5	18
2090	10	<i>26</i>	14	6	<i>29</i>	11	2	22	14	<i>30</i>

Calendrier grégorien

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1850	31	20	11	27	16	8	23	12	4	24
1860	8	31	20	5	27	16	1	21	12	28
1870	17	9	31	13	5	28	16	1	21	13
1880	28	17	9	25	13	5	25	10	1	21
1890	3	29	17	2	25	14	5	18	10	2
1900	15	7	30	12	3	23	15	31	19	11
1910	27	16	7	23	12	4	23	8	31	20
1920	4	27	16	1	20	12	4	17	8	31
1930	20	5	27	16	1	21	12	28	17	9
1940	24	13	5	25	9	1	21	6	28	17
1950	9	25	13	5	18	10	1	21	6	29
1960	17	2	22	14	29	18	10	26	14	6
1970	29	11	2	22	14	30	18	10	26	15
1980	6	19	11	3	22	7	30	19	3	26
1990	15	31	19	11	3	16	7	30	12	4
2000	23	15	31	20	11	27	16	8	23	12
2010	4	24	8	31	20	5	27	16	1	21
2020	12	4	17	9	31	20	5	28	16	1
2030	32	13	28	17	9	25	13	5	25	10
2040	1	21	6	29	17	9	25	14	5	18
2050	10	2	21	6	29	18	2	22	14	30
2060	18	10	26	15	6	29	11	3	22	14
2070	30	19	10	26	15	7	19	11	3	23
2080	7	30	19	4	26	15	31	20	11	3
2090	16	8	30	12	4	24	15	31	20	12

4.3. Fêtes en France

Les tableaux suivants donnant les principales fêtes religieuses mobiles et fixes, ainsi que les fêtes légales en France.

Principales fêtes religieuses fixes en 2023

Marie, Mère de Dieu	1 ^{er} janvier	Assomption de N.-D.	15 août
Saint-Joseph	20 mars ⁽¹⁾	Toussaint	1 ^{er} novembre
Annonciation du Seigneur	25 mars ⁽¹⁾	Fidèles défunts	2 novembre
Nativité de S ^t Jean-Baptiste	24 juin	Immaculée Conception de N.-D.	8 décembre ⁽²⁾
S ^{ts} Pierre et Paul	29 juin	Noël	25 décembre

(1) Ces fêtes et celles qui tombent dans la semaine sainte ou dans la semaine de Pâques sont déplacées au lundi suivant ou, à défaut, au premier jour libre. (2) Lorsque le 8 décembre est un dimanche, la fête est déplacée d'un jour (depuis 1991, la fête a été déplacée au lendemain lundi 9). Toutefois, pour ces deux remarques, des modifications ponctuelles effectuées par le SNPLS (Service national de la pastorale liturgique et sacramentelle) sont susceptibles d'intervenir après publication.

Principales fêtes religieuses mobiles

Nom de la fête	Correction à la date de Pâques	Jour de la semaine	Dates limites (années communes) ⁽¹⁾	Date en 2023	Date en 2024
Épiphanie		dim. ou ⁽²⁾	2 janv. — 8 janv.	8 janv.	7 janv.
Cendres	-46 jours	mer.	4 févr. — 10 mars	22 févr.	14 févr.
Carême (1 ^{er} dim. du)	-42 "	dim.	8 févr. — 14 mars	26 févr.	18 févr.
Triduum pascal					
Jeu­di saint	- 3 ⁽³⁾	jeu.	19 mars	6 avril	28 mars
Vendredi saint	- 2	ven.		7 avril	29 mars
Samedi saint	- 1	sam.	24 avril	8 avril	30 mars
Pâques	0	dim.	22 mars — 25 avril	9 avril	31 mars
Ascension	+39 "	jeu.	30 avril — 3 juin	18 mai	9 mai
Pentecôte	+49 "	dim.	10 mai — 13 juin	28 mai	19 mai
Trinité	+56 "	dim.	17 mai — 20 juin	4 juin	26 mai
Fête-Dieu ⁽⁴⁾	+63 "	dim.	24 mai — 27 juin	11 juin	2 juin
Sacré-Cœur	+68 "	ven.	29 mai — 2 juill.	16 juin	7 juin
Christ Roi	Dernier dimanche du Temps ordinaire :				
			20 nov. — 26 nov.	26 nov.	24 nov.
Avent (1 ^{er} dim. de l')			27 nov. — 3 déc.	3 déc.	1 ^{er} déc.

(1) Pour les années bissextiles : augmenter de 1 jour les dates limites données antérieures au 1^{er} mars.

(2) 6 janvier dans les pays où l'Épiphanie est fête de précepte.

(3) Car ce triduum se termine dans la nuit de Pâques.

(4) Dans les pays où elle est fête de précepte, la Fête-Dieu se célèbre le jeudi précédent.

Fêtes légales*a) Fêtes fixes*

Jour de l'An	1 ^{er} janvier	Armistice de 1918	11 novembre
Fête du Travail	1 ^{er} mai	Morts pour la France	5 décembre
Armistice de 1945	8 mai	en Algérie, Maroc et Tunisie	
Fête nationale	14 juillet		

b) Fêtes mobiles

		2023	2024
Jour du Souvenir des déportés	Dernier dimanche d'avril	30 avril	28 avril
Fête de Jeanne d'Arc	Deuxième dimanche de mai	14 mai	12 mai
Fête des Mères	Dernier dimanche de mai (ou si la Pentecôte coïncide avec ce dernier, premier dimanche de juin)	4 juin	26 mai

c) Fêtes religieuses :

Pâques, lundi de Pâques, Ascension, Pentecôte, lundi de Pentecôte, Assomption, Toussaint, Noël (*voir* ci-dessus).

4.4. Autres fêtes

Les tableaux suivants donnent les dates grégoriennes des principales fêtes des calendriers hébraïque, julien et hégirien pour l'année courante et la suivante.

<i>Calendrier hébraïque</i>	2023	2024
Jeûne de Tébeth	mar. 3 janvier	—
Petit Pourim	—	ven. 23 février
Jeûne d'Esther	lun. 6 mars	jeu. 21 mars
Pourim	mar. 7 mars	dim. 24 mars
Pâque (Pessah)	jeu. 6 avril	mar. 23 avril
Lag Be Omer	mar. 9 mai	dim. 26 mai
Pentecôte (Schabouoth)	ven. 26 mai	mer. 12 juin
Jeûne de Tamouz	jeu. 6 juillet	mar. 23 juillet
Jeûne d'Ab	jeu. 27 juillet	mar. 13 août
Nouvel An, an 5784	sam. 16 septembre	—
Nouvel An, an 5785	—	jeu. 3 octobre
Jeûne de Guedaliah	lun. 18 septembre	dim. 6 octobre
Expiation (Kippour)	lun. 25 septembre	sam. 12 octobre
Tabernacles (Soukkot)	sam. 30 septembre	jeu. 17 octobre
Allégresse	dim. 8 octobre	ven. 25 octobre
Dédicace (Hanoucca)	ven. 8 décembre	jeu. 26 décembre
Jeûne de Tébeth	ven. 22 décembre	—

<i>Calendrier julien</i>	Date julienne 2022	Date grégorienne 2023	Date julienne 2023	Date grégorienne 2024
Noël	25 déc.	sam. 7 janv.	25 déc.	dim. 7 janv.
	2023		2024	
Jour de l'An	1 ^{er} janv.	sam. 14 janv.	1 ^{er} janv.	dim. 14 janv.
Épiphanie	6 janv.	ven. 19 janv.	6 janv.	sam. 19 janv.
Purification de N.-D.	2 févr.	jeu. 15 févr.	2 févr.	ven. 15 févr.
Septuagésime	30 janv.	dim. 12 févr.	19 févr.	dim. 3 mars
Annonciation	25 mars	ven. 7 avril	25 mars	dim. 7 avril
Jeudi saint	31 mars	jeu. 13 avril	19 avril	ven. 3 mai
Pâques	3 avril	dim. 16 avril	22 avril	dim. 5 mai
Ascension	12 mai	jeu. 25 mai	31 mai	jeu. 13 juin
Pentecôte	22 mai	dim. 4 juin	10 juin	dim. 23 juin
Trinité	29 mai	dim. 11 juin	17 juin	dim. 30 juin
Transfiguration	6 août	dim. 19 août	6 août	mar. 19 août
Assomption de N.-D.	15 août	lun. 28 août	15 août	mer. 28 août
Nativité de N.-D.	8 sept.	ven. 21 sept.	8 sept.	dim. 21 sept.
Présentation de N.-D.	21 nov.	mar. 4 déc.	21 nov.	jeu. 4 déc.
Avent	27 nov.	dim. 10 déc.	2 déc.	dim. 15 déc.

Calendrier hégirien

	2023	2024
Résurrection du prophète	sam. 18 février	mer. 7 février
Descente des feuillets du Coran	jeu. 23 mars	lun. 11 mars
Bataille de Badr	sam. 8 avril	mer. 27 mars
Conquête de La Mecque	mar. 11 avril	sam. 30 mars
Révélation du Coran	mar. 18 avril	sam. 6 avril
30 ^e Ramadan	ven. 21 avril	mar. 9 avril
Nuit de la rupture du jeûne (Petit Baïram)	sam. 22 avril	mer. 10 avril
Fête de l'égorgement (Grand Baïram)	jeu. 29 juin	lun. 17 juin
Jour de l'An, an 1445	mer. 19 juillet	—
Jour de l'An, an 1446	—	lun. 8 juillet
'Achoura	ven. 28 juillet	mer. 17 juillet
Fuite du Prophète à Médine (Hégire)	sam. 16 septembre	jeu. 5 septembre
Naissance du Prophète (Mouloud)	mer. 27 septembre	lun. 16 septembre

5. SEMAINES ET CALENDRIER PERPÉTUEL**5.1. Normalisation internationale des dates et des semaines**

Pour faciliter les échanges internationaux, l'Organisation internationale de standardisation (ISO) a adopté deux recommandations concernant respectivement l'écriture numérique des dates et la numérotation des semaines (Norme française NF ISO 8601, décembre 1988, indice de classement : Z-69-200).

Écriture numérique des dates

Les trois éléments de la date (calendrier grégorien) doivent être placés dans l'ordre, année, mois, quantième, et représentés uniquement à l'aide de chiffres arabes. L'emploi de tirets pour séparer les éléments est facultatif. Le mois et le quantième comportent toujours deux chiffres, le chiffre de gauche pouvant être un zéro. Enfin, lorsqu'aucune ambiguïté n'est à craindre, on peut supprimer les deux chiffres de gauche de l'année.

Exemple : le 1^{er} juillet 2000 s'écrit 2000-07-01 ou 20000701 ou à la rigueur 000701.

Le lundi est considéré comme le premier jour de la semaine. La première semaine de l'année, numérotée 1, est celle qui contient le premier jeudi de janvier.

Les semaines sont numérotées de 1 à 52. On compte cependant une semaine numérotée 53 lorsque l'année considérée se termine un jeudi, ou bien un jeudi ou un vendredi si elle est bissextile.

5.2. Calendrier perpétuel

Le tableau de la page suivante permet de déterminer le jour de la semaine qui correspond à une date donnée de l'ère chrétienne, et aussi de résoudre d'autres problèmes qui font intervenir les mêmes éléments.

Mode d'emploi

La première colonne, intitulée « Indice », donne les indices relatifs à tous les éléments de la ligne à laquelle ils appartiennent.

Pour obtenir le jour correspondant à une date donnée, il faut relever les indices relatifs :

- au chiffre des centaines, à celui des dizaines et à celui des unités de l'année considérée ;
- au mois et au quantième de la date ;

et faire la somme de ces cinq indices. Le reste de la division par 7 de cette somme est l'indice du jour cherché.

Pour les années bissextiles, ce sont les mois de janvier et de février suivis de la lettre B qui doivent être utilisés.

Suivant la parité du chiffre des dizaines de l'année, l'une ou l'autre des deux colonnes relatives au chiffre des unités est à prendre en compte. Pour faciliter l'opération, les chiffres des dizaines et des unités sont écrits en italique lorsque les dizaines sont impaires.

Exemples

1. Déterminer le jour correspondant à une date donnée :

	12 février 1996	22 décembre 2000
centaine	19, indice : 1	20, indice : 0
dizaine	9, indice : 4	0, indice : 4
unité	6, indice : 3	0, indice : 2
mois	février B, indice : 2	décembre, indice : 5
quantième	12, indice : 5	22, indice : 1
	—	—
TOTAL	15	12
reste de la division par 7	1	5
jour cherché	lundi	vendredi

2. Quel était le troisième jeudi d'octobre 1970 ?

(Réponse : le 15)

3. En quelles années du *xx*^e siècle le 29 février est-il tombé un mardi ?

(Réponses : 1916, 1944, 1972, 2000)

Calendrier perpétuel

Indice	Années						Mois	Quantièmes	Jours
	Centaines		Dizaines		Unités				
			parité		cas des				
	Calendrier ⁽¹⁾				dizaines				
	julien	grégorien	paire	impaire	paire	impaire			
1	4, 11	15, 19, 23, 27	2		5	5	mai	1, 8, 15, 22, 29	lundi
2	3, 10		6	1	0	0	août, févr. B	2, 9, 16, 23, 30	mardi
3	2, 9	18, 22, 26, 30		5	1	1	févr., mars, nov.	3, 10, 17, 24, 31	mercredi
4	1, 8, 15		0	9	2	7	juin	4, 11, 18, 25	jeudi
5	0, 7, 14	17, 21, 25, 29	4		3	2	sept., déc.	5, 12, 19, 28	vendredi
6	6, 13		8	3	9	3	avr., juill., janv. B	6, 13, 20, 27	samedi
0	5, 12	16, 20, 24, 28		7	4	4	janv., oct.	7, 14, 21, 28	dimanche

(1) Calendrier julien jusqu'au 4 octobre 1582, calendrier grégorien à partir du 15 octobre 1582.

5.3. Définition des siècles et millénaires

Le siècle représente une période de 100 ans, le millénaire une période de 1000 ans. Le premier siècle, qui a commencé le 1^{er} janvier de l'an 1, s'est donc terminé le 31 décembre de l'an 100. Le xx^e siècle qui a commencé le 1^{er} janvier 1901 s'est donc achevé le 31 décembre 2000, suivi du xxi^e siècle qui a commencé le 1^{er} janvier 2001 et s'achèvera le 31 décembre 2100. Le premier millénaire s'est terminé le 31 décembre de l'an 1000, le deuxième millénaire a commencé le 1^{er} janvier 1001 et s'est terminé le 31 décembre 2000. Le troisième millénaire a commencé le 1^{er} janvier 2001.

Chapitre deuxième

DÉFINITIONS GÉNÉRALES

Le présent chapitre a pour objet la définition des notions nécessaires à la compréhension et à l'emploi des éphémérides données dans les chapitres suivants.

1. SPHÈRE CÉLESTE ET SYSTÈMES DE COORDONNÉES

1.1. Sphère céleste

Les directions de l'espace sont habituellement représentées par des points d'une sphère de centre et de rayon quelconques, appelée *sphère céleste* (fig. 1). À toute direction (D) sont associés le point M d'intersection de la sphère céleste et de la demi-droite dont l'origine est le centre O de la sphère et dont la direction et le sens sont ceux de (D) .

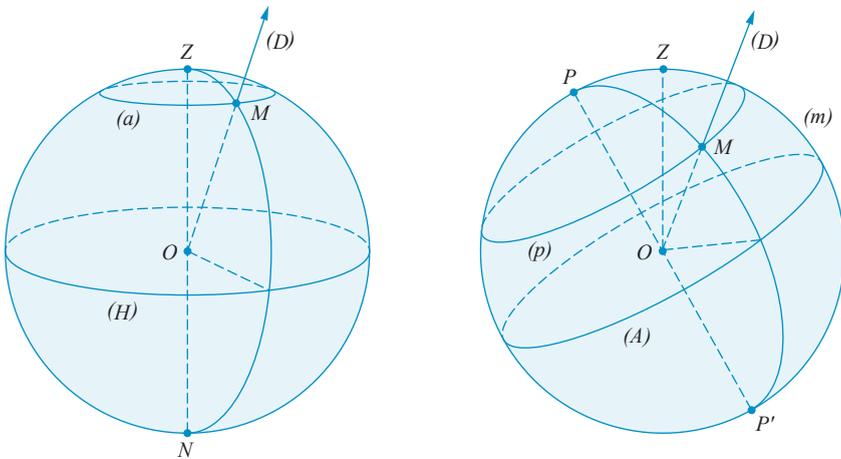


Fig. 1 – Sphère céleste.

Les points qui représentent ainsi la direction (verticale) du champ de pesanteur en un lieu portent les noms de *zénith* Z et de *nadir* N , respectivement dans le sens ascendant et dans le sens opposé. Le grand cercle (H) qui admet ZN pour axe est appelé l'*horizon*

du lieu. Le demi-grand cercle ZMN est le vertical de M . Le petit cercle (a) d'axe ZN passant par M est le *cercle de hauteur* (ou *almucantar*) de la direction (D).

L'axe de rotation de la Terre définit deux directions opposées représentées sur la sphère céleste par les pôles célestes P (pôle boréal) et P' (pôle austral). Le grand cercle (A) d'axe PP' est l'*équateur céleste*. Le demi-grand cercle PMP' est le *cercle horaire* de M . Le petit cercle (p) d'axe PP' passant par M est son *parallèle céleste*.

Le méridien de Z , soit (m), est dans le même plan que le vertical de P : il est appelé *méridien du lieu*. Le plan vertical perpendiculaire au méridien du lieu s'appelle le *premier vertical*.

1.2. Origine des systèmes de coordonnées

Pour définir un système de coordonnées, il convient de spécifier un certain nombre de directions de référence, par rapport auxquelles seront repérées toutes les autres *directions* de l'espace. Si le but est aussi de repérer des *positions*, il est nécessaire de spécifier un point origine. En astronomie, suivant les besoins, ce point origine pourra être un lieu d'observation, ou le centre de la Terre, ou celui du Soleil, etc. Indépendamment du choix des directions de référence qui sera fait par ailleurs, le système de coordonnées utilisé sera dit, respectivement, système de coordonnées *topocentrique*, ou *géocentrique*, ou *héliocentrique*, etc.

1.3. Coordonnées horizontales

Des opérations simples permettent de déterminer quasiment en toute station d'observation les directions représentées par Z et P . Il est donc naturel de définir une direction (D) au moyen de ses coordonnées horizontales (fig. 2) :

1. L'*azimut* a , angle dièdre du vertical de P' et de celui de M , compté en degrés dans le sens rétrograde, de 0° à 360° ou de -180° à $+180^\circ$ (dans la marine française, le vertical de P et non celui de P' est employé comme origine des azimuts : il faut donc ajouter 180° à l'azimut astronomique pour obtenir l'azimut des marins) ;
2. La *hauteur* h , angle de la direction (D) et du plan de l'horizon, comptée en degrés de -90° à $+90^\circ$, à laquelle est parfois substituée la *distance zénithale* z , angle des directions de Z et de M , comptée en degrés de 0° à 180° . La relation suivante est dès lors évidente :

$$z = 90^\circ - h$$

En des lieux distincts, les coordonnées horizontales d'une direction donnée sont différentes, car leur définition fait intervenir la direction de la verticale, qui dépend du lieu.

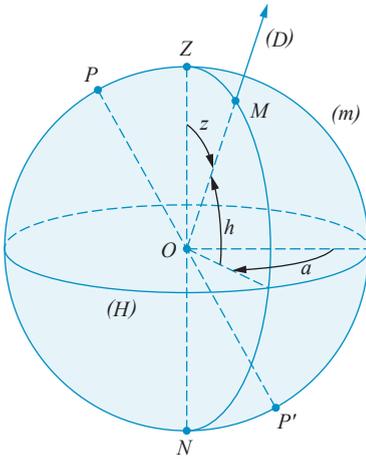


Fig. 2 – Coordonnées horizontales.

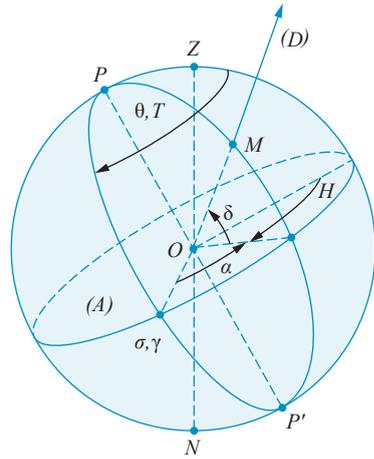


Fig. 3 – Coordonnées équatoriales et horaires.

1.4. Coordonnées équatoriales célestes

Les coordonnées équatoriales célestes de la direction représentée par M sont (fig. 3) :

1. La *déclinaison* δ , angle entre la direction (D) et le plan de l'équateur céleste, comptée en degrés de -90° à $+90^\circ$. La *distance polaire*, angle des directions de P et de M et complément algébrique de la déclinaison, est parfois utilisée ;
2. L'*ascension droite* α , angle dièdre du cercle horaire de la direction et de celui d'un point donné de l'équateur céleste¹. Traditionnellement, ce point origine était défini géométriquement par le point vernal ou équinoxe γ (sa définition figure à la sous-section « **1.6. Coordonnées écliptiques** »). Depuis les résolutions de l'Union astronomique internationale (UAI) en 2000, un nouveau point origine est en usage, défini de manière cinématique par une origine « non tournante ». Il est appelé *Origine céleste intermédiaire* (CIO) et désigné par σ (voir le cahier thématique « L'adoption d'une nouvelle origine équatoriale en remplacement de l'équinoxe » de l'*Annuaire*, édition 2007). Il y a lieu désormais de distinguer les ascensions droites rapportées traditionnellement à l'équinoxe α_γ des ascensions droites, dites *intermédiaires*, rapportées à la CIO et notées α_i ou α_{CIO} . Lorsque celle-ci n'est pas stipulée, il s'agira, dans le reste de l'ouvrage, de l'ascension droite rapportée à l'équinoxe. L'ascension droite intermédiaire de l'équinoxe, notée \mathcal{E}_0 , est appelée *équation des origines*. Celle-ci était quasi nulle en J2000 (JJ = 2 451 545,0) et décroît de $46,12''$ par an. L'ascension droite est comptée dans le sens direct, parfois en degrés, de 0° à 360° , plus fréquemment en heures, de 0 h à 24 h. La conversion des

1. La notion d'ascension droite est générale, elle peut s'étendre à un plan proche de l'équateur céleste, comme c'est le cas pour le repère céleste international ICRF (*International Celestial Reference Frame*).

degrés en heures et inversement sera donc aisément réalisée grâce aux relations suivantes :

$$1 \text{ h} = 15^\circ, \quad 1 \text{ min} = 15', \quad 1 \text{ s} = 15''$$

La définition des coordonnées équatoriales d'une direction ne fait pas intervenir d'éléments liés au lieu d'observation. Elles conviennent ainsi à l'établissement des éphémérides et à la construction des cartes célestes.

1.5. Coordonnées horaires, Temps sidéral local et angle de rotation de la Terre

Le système de coordonnées horaires est un système local qui constitue un intermédiaire pratique entre les deux systèmes précédents. Les coordonnées horaires sont (fig. 3) :

1. La *déclinaison* δ , déjà définie ;
2. L'*angle horaire* H , angle dièdre formé par le cercle horaire de la direction envisagée et le méridien du lieu. Il est compté, dans le sens rétrograde, parfois en degrés, mais le plus souvent en heures, de 0 h à 24 h, ou de -12 h à +12 h.

Le passage du système de coordonnées horaires au système de coordonnées équatoriales est immédiat dès que l'angle horaire de l'origine des ascensions droites (T pour le point vernal ou ERA + λ pour le CIO), qui est aussi l'ascension droite du zénith, est connu. L'angle horaire et l'ascension droite de toute direction sont en effet liés par la relation :

$$H = T - \alpha_\gamma = \text{ERA} + \lambda - \alpha_i = T + \mathcal{E}_0 - \alpha_i$$

L'angle T porte le nom de *Temps sidéral*, tandis que l'angle ERA porte le nom d'*angle de rotation de la Terre*¹. Ces deux angles définissent les positions relatives des repères équatorial et horaire, et sont variables avec le temps. Seul le Temps sidéral est, par définition, considéré comme un élément local ; un angle de rotation de la Terre local, ERA $_\lambda$ (= ERA + λ), λ étant la longitude comptée positivement vers l'est, peut également être introduit en le précisant. La sous-section « **2.1. Ellipsoïde terrestre et coordonnées terrestres** » donnera la relation entre les temps sidéraux de différents lieux et le chapitre 4 l'angle de rotation de la Terre, ERA, ainsi que le Temps sidéral de Greenwich, à 0 h UTC, pour chaque jour de l'année.

1.6. Coordonnées écliptiques

Dans son mouvement autour du Soleil, la Terre reste dans un plan lentement variable. La direction de ce plan définit sur la sphère céleste un grand cercle (E) dit *écliptique*. Le même nom est donné, par extension, au plan de l'orbite terrestre lui-même (ou plus précisément du barycentre du système Terre-Lune). Celui des deux points d'intersection de l'écliptique et de l'équateur céleste qui correspond à la direction du Soleil lorsque

1. L'acronyme ERA correspond à la terminologie anglophone *Earth Rotation Angle*.

sa déclinaison s'annule en croissant est le *point vernal* ou *équinoxe*. Les coordonnées écliptiques sont (fig. 4) :

1. La *longitude céleste* l , angle dièdre des deux demi-grands cercles dont les extrémités sont les pôles Q et Q' de l'écliptique, et qui contiennent respectivement le point vernal et le point représentatif de la direction envisagée, comptée de 0° à 360° , dans le sens direct ;
2. La *latitude céleste* b , angle de la direction envisagée et du plan de l'écliptique, comptée de -90° à $+90^\circ$.

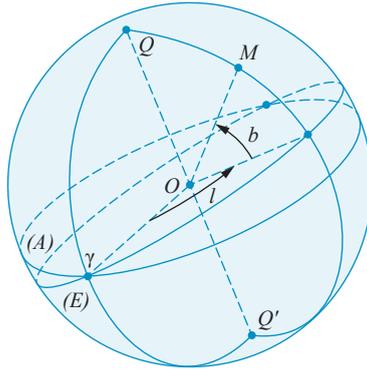


Fig. 4 – Coordonnées écliptiques.

Ce système de coordonnées est généralement employé pour définir les directions héliocentriques d'objets du Système solaire. Il ne faut ainsi pas confondre longitude et latitude célestes avec les coordonnées terrestres de même nom (*voir « 2.1. Ellipsoïde terrestre et coordonnées terrestres »*).

1.7. Changement de coordonnées

La connaissance de T ou ERA permet de déduire aisément H de α , ou inversement, et de passer ainsi de l'un à l'autre des systèmes de coordonnées équatoriales et horaires. À l'inverse, la comparaison des valeurs observées des coordonnées horaires et équatoriales d'un même astre permet la détermination du Temps sidéral ou de l'angle de rotation de la Terre.

De même, la connaissance de la latitude φ du lieu d'observation (*voir plus loin*) permet le passage des coordonnées horizontales aux coordonnées horaires d'un astre donné, et inversement. En effet, les relations suivantes :

$$\begin{aligned}\cos \delta \cdot \cos H &= \cos \varphi \cdot \cos z + \sin \varphi \cdot \sin z \cdot \cos a, \\ \cos \delta \cdot \sin H &= \sin z \cdot \sin a, \\ \sin \delta &= \sin \varphi \cdot \cos z - \cos \varphi \cdot \sin z \cdot \cos a,\end{aligned}$$

permettent de déduire δ et H de z et a , et inversement :

$$\begin{aligned}\sin z \cdot \cos a &= -\cos \varphi \cdot \sin \delta + \sin \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H, \\ \sin z \cdot \sin a &= \cos \delta \cdot \sin H, \\ \cos z &= \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H,\end{aligned}$$

définissent le passage des coordonnées horaires aux coordonnées horizontales.

Il est par ailleurs utile de savoir calculer l'angle S , dit *angle à l'astre*, entre le méridien passant par l'astre et le vertical passant par l'astre.

Pour cela, les formules suivantes seront appliquées:

$$\begin{aligned}\sin z \cdot \sin S &= \cos \varphi \cdot \sin H, \\ \sin z \cdot \cos S &= \sin \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \sin \delta \cdot \cos H.\end{aligned}$$

Dans cette formule, S est compté positivement pour des directions situées à l'ouest du méridien.

Pour les astres proches, la conversion des coordonnées géocentriques, données dans cet ouvrage, en coordonnées topocentriques s'effectue par les formules suivantes :

$$\begin{aligned}q \cdot \cos \delta' \cdot \cos H' &= \cos \delta \cdot \cos H - (p \cos \varphi') \cdot \sin \pi, \\ q \cdot \cos \delta' \cdot \sin H' &= \cos \delta \cdot \sin H, \\ q \cdot \sin \delta &= \sin \delta - (p \sin \varphi') \cdot \sin \pi,\end{aligned}$$

où q est le rapport de la distance de l'astre au lieu d'observation à la distance au centre de la Terre, π la parallaxe, δ' et H' la déclinaison et l'angle horaire topocentriques ($H' = T - \alpha'_\gamma = \theta + \lambda - \alpha'_i$, α' étant l'ascension droite topocentrique) ; $p \cos \varphi'$ et $p \sin \varphi'$ seront définies dans la sous-section suivante « **2.1. Ellipsoïde terrestre et coordonnées terrestres** ».

Enfin, la conversion des coordonnées équatoriales¹ en coordonnées écliptiques se calcule par les relations suivantes :

$$\begin{aligned}\cos b \cdot \cos l &= \cos \delta \cdot \cos \alpha, \\ \cos b \cdot \sin l &= \sin \varepsilon \cdot \sin \delta + \cos \varepsilon \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha, \\ \sin b &= \cos \varepsilon \cdot \sin \delta - \sin \varepsilon \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha,\end{aligned}$$

et inversement :

$$\begin{aligned}\cos \delta \cdot \cos \alpha &= \cos b \cdot \cos l, \\ \cos \delta \cdot \sin \alpha &= -\sin \varepsilon \cdot \sin b + \cos \varepsilon \cdot \cos b \cdot \sin l, \\ \sin \delta &= \cos \varepsilon \cdot \sin b + \sin \varepsilon \cdot \cos b \cdot \sin l,\end{aligned}$$

où ε est l'obliquité (angle du plan de l'équateur avec celui de l'écliptique).

1. L'ascension droite étant α_γ , droite rapportée à l'équinoxe ; pour l'ascension droite intermédiaire, il faudra de plus tenir compte de l'équation des origines.

2. FORME ET DYNAMIQUE TERRESTRES

2.1. Ellipsoïde terrestre et coordonnées terrestres

Si les irrégularités de la surface terrestre sont négligées, celle-ci peut être considérée comme très bien représentée par un ellipsoïde de révolution aplati aux pôles. Cet ellipsoïde est assez proche de la surface réelle (compte tenu d'éventuelles corrections d'altitude) pour constituer une surface de référence commode en géodésie et une approximation acceptable en astronomie.

Les dimensions de l'ellipsoïde terrestre sont définies par la longueur a de son demi-grand axe et par son aplatissement $(a - b)/a$, b étant le demi-petit axe. Compte tenu des décisions prises en 1976 par l'UAI, puis révisées par les conventions IERS 2003 du Service international de la rotation terrestre, il résulte que :

$$a = 6\,378\,136,6 \text{ mètres}$$

$$\frac{a-b}{a} = 1/298,256\,42$$

Un point de la Terre est repéré par son altitude et la direction de la verticale en ce point est définie par les coordonnées astronomiques du lieu :

1. La *latitude astronomique* φ d'un lieu est l'angle entre le plan de l'équateur et la verticale du lieu. Elle est exprimée en degrés, de -90° (pôle Sud) à $+90^\circ$ (pôle Nord) ;
2. La *longitude astronomique* λ est l'angle dièdre du méridien du lieu et d'un « premier méridien » conventionnellement choisi comme origine. Depuis 1982, l'Union astronomique internationale recommande de compter les longitudes de 0° à 360° positivement à l'est du méridien origine, ou bien, comme c'est le cas dans cet ouvrage, de 0° à 180° à l'est ou à l'ouest de ce méridien.

La *latitude géocentrique* φ' est l'angle entre le plan de l'équateur et la droite qui joint le lieu et le centre de l'ellipsoïde. De même, p est le rapport de la distance du lieu au centre de l'ellipsoïde au rayon équatorial. Il importe de noter que ces quantités φ' et p dépendent du choix de l'ellipsoïde, ce qui n'est pas le cas pour les coordonnées astronomiques. φ' est la latitude géocentrique et p la distance du lieu d'observation au centre de la Terre ; $p \cos \varphi'$ et $p \sin \varphi'$ sont publiées, pour un certain nombre de villes en France, en annexes de cet ouvrage.

Le premier méridien ou méridien fondamental est l'ancien méridien de l'observatoire de Greenwich. Dans les ouvrages anciens, les longitudes sont parfois données par rapport au méridien de l'Observatoire de Paris, dont la longitude par rapport au méridien fondamental est égale à 9 min 20,769 s E ($2^\circ 20' 11,536 66''$) dans le système GRS 80.

À un même instant, les temps sidéraux locaux T et T' , ainsi que les angles de rotation de la Terre locaux ERA et ERA' de deux lieux de longitudes λ et λ' sont liés par la relation suivante :

$$T - \lambda = T' - \lambda' = \text{ERA} + \text{ÉQUATION DES ORIGINES}$$

quelles que soient par ailleurs les latitudes respectives des deux points considérés.

2.2. Variation des coordonnées, précession et nutation

Les coordonnées équatoriales (ou écliptiques) d'une direction fixe ne sont pas constantes, car elles sont définies à partir de plans fondamentaux (équateur, écliptique) animés de mouvements dus aux actions perturbatrices de la Lune, du Soleil et des planètes. Par convention, ces mouvements sont classés en deux catégories :

1. La *précession* (mouvement lent, mais de grande amplitude) ;
2. La *nutation* (superposition d'oscillations périodiques de courtes périodes et de faibles amplitudes).

Si la précession est seule prise en compte, l'écliptique, l'équateur et le point vernal ainsi définis sont dits *moyens*. Si la nutation est aussi introduite, l'équateur et l'équinoxe sont dits *vrais*. Les coordonnées d'un astre seront par conséquent dites *moyennes* ou *vraies* selon que seule la précession aura été prise en compte ou que la précession et la nutation auront été considérées conjointement. Cette distinction est également appliquée au Temps sidéral, qui sera dit *moyen* ou *vrai* suivant qu'il se rapporte à l'équinoxe moyen ou à l'équinoxe vrai. Le Temps sidéral moyen diffère du Temps sidéral vrai par l'*équation des équinoxes*.

Si l'on débarrasse le Temps sidéral vrai (celui précédemment défini) des inégalités qui sont dues à la nutation, on obtient le Temps sidéral moyen ; il diffère du précédent par l'*équation des équinoxes* \mathcal{E}_γ .

Selon le nouveau paradigme, le système formé par le pôle céleste intermédiaire, CIP proche de l'axe de rotation de la Terre, ainsi que l'équateur et la CIO qui lui sont associés, s'obtient à partir de l'ICRF en appliquant la précession-nutation. Les coordonnées célestes seront alors dites *intermédiaires*. Le système défini par l'équateur du CIP et la CIO est donc équivalent au système défini par l'équateur et l'équinoxe vrais de la date, mais possède une origine des ascensions droites différente de l'équinoxe vrai de la date.

Les cartes célestes en figures 5 et 6 indiquent le trajet des pôles célestes dans les constellations sous l'effet de la précession.

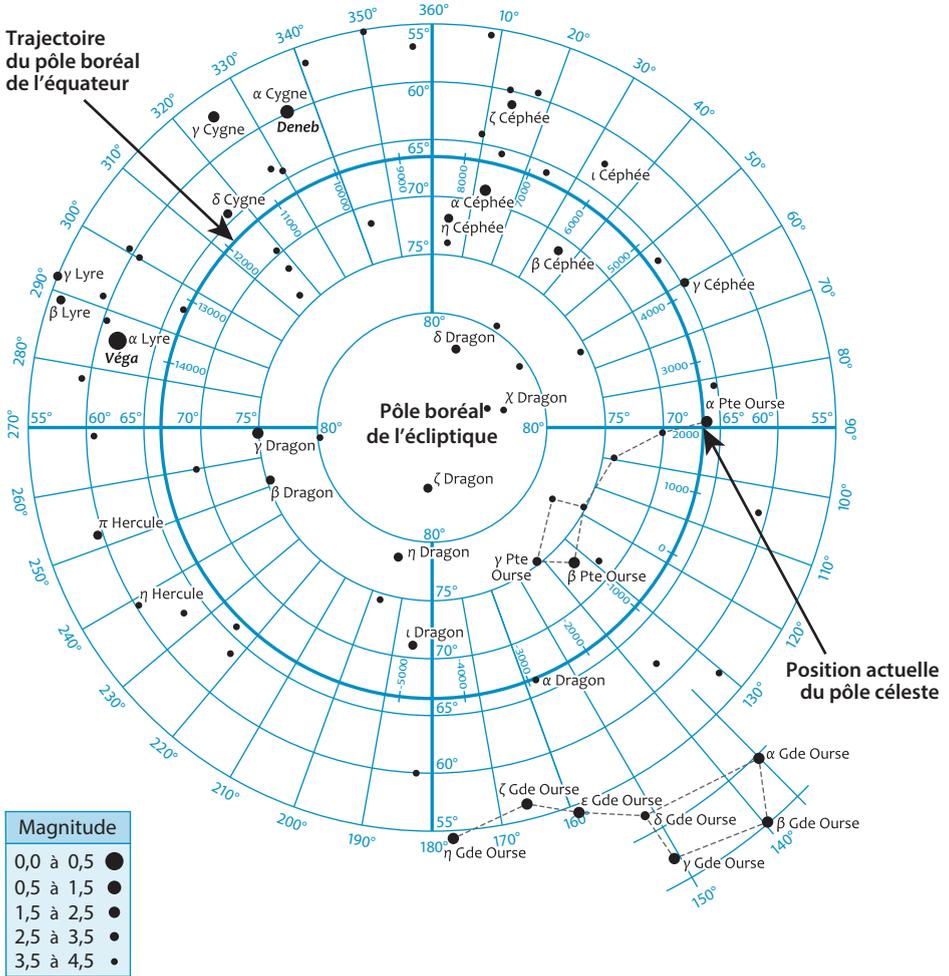


Fig. 5 – Positions successives du pôle céleste boréal de l'équateur (vue depuis le centre de la sphère céleste).

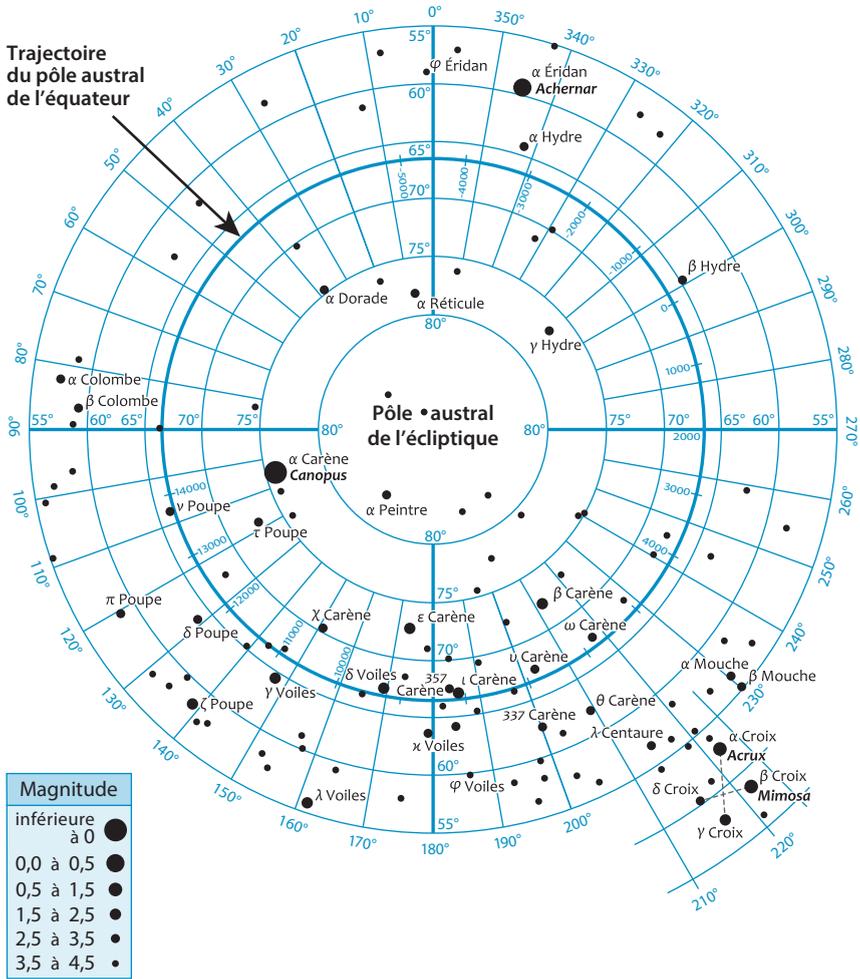


Fig. 6 – Positions successives du pôle céleste austral de l'équateur (vue depuis le centre de la sphère céleste).

2.3. Aberration et réfraction

La vitesse de la lumière n'étant pas infinie, la position d'un astre au moment de son observation diffère de sa position réelle. Ce phénomène est l'*aberration*. Les coordonnées de l'astre corrigées pour tenir compte de ce phénomène s'appellent les *coordonnées apparentes*.

La *réfraction atmosphérique* est responsable de la déviation des rayons lumineux suivant les lois de l'optique géométrique lorsqu'ils traversent les couches atmosphériques d'indice supérieur à 1. Elle augmente avec la distance zénithale. À l'horizon la valeur moyenne de la réfraction est difficile à évaluer et dépend du modèle d'atmosphère utilisé. Dans le présent volume, la valeur 36,6' utilisée est issue de la théorie de Radau. La table de la page suivante donne, en fonction de la hauteur apparente, la valeur de la réfraction normale (c'est-à-dire dans les conditions normales de température, soit 0°C, et de pression, soit 1013,25 hPa).

2.4. Mouvements de la Terre

Si la Terre est supposée rigide, il est alors possible de décomposer les mouvements en considérant séparément le mouvement par rapport au centre de masse (rotation) et le mouvement de ce centre de masse lui-même (translation). Le mouvement de rotation est parfaitement défini lorsque sont connus :

1. Le *mouvement de l'axe de rotation par rapport à « l'extérieur »*, c'est-à-dire relativement à un repère localement inertiel. Il est le reflet du mouvement de précession-nutation, déjà présenté en sous-section « **2.2. Variation des coordonnées, précession et nutation** » ;
2. Le *mouvement de l'axe de rotation par rapport à la Terre elle-même*, c'est-à-dire dans un repère lié à la Terre. Ce mouvement est de faible amplitude, dans un cercle d'une vingtaine de mètres de diamètre depuis 1900, mais il est irrégulier et imprévisible théoriquement. C'est le *mouvement du pôle* ;
3. Le *mouvement de la Terre autour de son axe de rotation*. Avant les résolutions de l'UAI en 2000, celui-ci était exprimé par la variation du Temps sidéral du méridien fondamental en fonction du temps (sous réserve de correction des inégalités introduites par la précession et la nutation en ascension droite du point vernal).

Depuis l'introduction du nouveau paradigme par l'UAI en 2000, ce mouvement est naturellement donné par l'angle de rotation de la Terre (ERA), mesuré sur l'équateur entre l'origine non tournante CIO du repère céleste intermédiaire et une origine non tournante terrestre désignée par origine terrestre intermédiaire (TIO).

Réfraction

Hauteur apparente			Réfraction			Hauteur apparente			Réfraction			Hauteur apparente			Réfraction		
°	'	"	'	"	"	°	'	"	'	"	"	°	'	"	'	"	"
-1	0		56	28		6	0		8	46		30			1	44	
-0	50		52	14			20		8	22		31			1	40	
-	40		48	26			40		8	0		32			1	36	
-	30		45	0		7	0		7	39		33			1	32	
-	20		41	55			20		7	20		34			1	29	
-	10		39	7			40		7	3		35			1	26	
0	0		36	36		8	0		6	47		36			1	23	
	10		34	19			20		6	32		37			1	20	
	20		32	14			40		6	18		38			1	17	
	30		30	21		9	0		6	5		39			1	14	
	40		28	38			20		5	52		40			1	12	
	50		27	3			40		5	41		41			1	9	
1	0		25	37		10	0		5	30		42			1	7	
	10		24	18			30		5	15		43			1	4	
	20		23	5		11	0		5	1		44			1	2	
	30		21	58			30		4	48		45			1	0	
	40		20	56		12	0		4	36		46			0	58	
	50		19	59			30		4	25		47			0	56	
2	0		19	7		13	0		4	15		48			0	54	
	10		18	18			30		4	6		49			0	52	
	20		17	32		14	0		3	57		50			0	50	
	30		16	50			30		3	49		51			0	49	
	40		16	10		15	0		3	41		52			0	47	
	50		15	33			30		3	34		53			0	45	
3	0		14	59		16	0		3	27		54			0	44	
	10		14	27			30		3	20		55			0	42	
	20		13	56		17	0		3	14		56			0	41	
	30		13	28			30		3	9		57			0	39	
	40		13	1		18	0		3	3		58			0	38	
	50		12	36			30		2	58		59			0	36	
4	0		12	12		19	0		2	53		60			0	35	
	10		11	49			30		2	48		61			0	33	
	20		11	28		20	0		2	44		62			0	32	
	30		11	8		21	0		2	35		63			0	31	
	40		10	49		22	0		2	28		64			0	29	
	50		10	31		23	0		2	21		65			0	28	
5	0		10	14		24	0		2	14		66			0	27	
	10		9	57		25	0		2	8		67			0	26	
	20		9	42		26	0		2	3		68			0	24	
	30		9	27		27	0		1	57		69			0	23	
	40		9	13		28	0		1	53		70			0	22	
	50		8	59		29	0		1	48		75			0	16	
6	0		8	46		30	0		1	44		80			0	11	

Le jour sidéral est, par définition, le temps nécessaire pour que l'angle horaire du point vernal (ou encore le Temps sidéral moyen) croisse de 24 heures. À cause de la précession, il diffère de la période de rotation de la Terre (c'est-à-dire le temps nécessaire pour que l'ERA croisse de 360°) d'une quantité de l'ordre du centième de seconde.

Abstraction faite d'un très faible ralentissement séculaire et de petites irrégularités, il est possible de considérer que le Temps sidéral moyen varie uniformément à raison d'un tour en 23 h 56 min 4 s environ. Les petites irrégularités sont dues principalement à des perturbations d'origine géophysique qui affectent la rotation terrestre.

Le mouvement de translation de la Terre peut être décrit en première approximation comme un mouvement képlérien héliocentrique : la Terre (ou plus précisément le barycentre du système Terre-Lune) décrit une ellipse dont le Soleil occupe un foyer, et sa vitesse le long de cette ellipse est telle que les aires balayées par le segment de droite Soleil-Terre sont proportionnelles au temps (loi des aires). La même représentation reste acceptable en toute rigueur si l'on admet que les éléments de cette ellipse képlérienne (voir « [5.2. Éléments d'orbites](#) ») sont lentement variables. Par exemple, le mouvement du plan de l'ellipse se traduit par la précession de l'écliptique.

Une conséquence immédiate de la forme de ce mouvement est la variabilité de la distance Terre-Soleil, le passage au périhélie (distance minimale) ayant lieu chaque année vers le 3 janvier et le passage à l'aphélie (distance maximale) vers le 5 juillet. De plus, la vitesse angulaire de la Terre dans son mouvement héliocentrique est, en raison de la loi des aires, maximale lors du passage au périhélie. La longitude géocentrique du Soleil comporte donc une inégalité de période annuelle, dite *équation du centre*, et qui traduit ces variations de vitesse.

Une autre conséquence est le fait qu'au cours d'une révolution terrestre, la déclinaison géocentrique du Soleil varie entre deux extremums respectivement égaux à l'obliquité de l'écliptique et à son opposé. Les dates de passage par ces extremums s'appellent *solstices*, tandis que les dates auxquelles s'annule la déclinaison du Soleil (lors de son passage au point vernal et dans la direction opposée) sont les *équinoxes*. Équinoxes et solstices constituent par définition les débuts des saisons.

La durée d'une révolution terrestre porte le nom d'*année*. Plus précisément :

L'*année sidérale* est la durée de la révolution terrestre rapportée à un repère fixe ; elle vaut environ 365 j 06 h 09 min 10 s = 365,256 4 j.

L'*année tropique* est la période de révolution rapportée au repère moyen mobile (durée qui sépare deux passages consécutifs du Soleil dans la direction du point vernal) ; elle vaut environ 365 j 05 h 48 min 45 s = 365,242 2 j. Il convient de prendre pour début de l'année tropique l'instant où la longitude moyenne du Soleil corrigée de l'aberration annuelle est égale à 280° . L'année tropique 2023 commence ainsi le 31 décembre 2022 à 14 h 28 min 09,0 s UTC et finit le 31 décembre 2023 à 20 h 16 min 54,0 s UTC.

L'*année anomalistique*, durée qui sépare deux passages consécutifs de la Terre au périhélie, est égale à 365 j 06 h 13 min 53 s = 365,259 6 j.

L'*année draconitique*, intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs du Soleil par le nœud ascendant de l'orbite lunaire sur l'écliptique, vaut 346,6 j.

L'année sidérale caractérise le phénomène mécanique que constitue le mouvement de translation de la Terre. L'année tropique concerne le phénomène observé ; elle est en particulier la période de récurrence des saisons. L'année anomalistique est liée à la représentation képlérienne du mouvement de la Terre ; elle est, par exemple, la période de l'équation du centre. L'année draconitique est la dix-neuvième partie du saros, période qui règle approximativement le retour des éclipses. Les différences entre ces années proviennent du mouvement du point vernal, de celui du périhélie et de celui des nœuds de l'orbite lunaire.

3. LES DIFFÉRENTES ÉCHELLES DE TEMPS

3.1. Temps solaire, Temps civil et Temps universel

Le *Temps solaire vrai* en un lieu et à un instant donnés est l'angle horaire du Soleil en ce lieu et à cet instant. C'est une notion hybride qui traduit à la fois le mouvement de rotation de la Terre et son mouvement de translation. Son introduction est naturelle, car il est lié à l'alternance des jours et des nuits ; c'est le Temps solaire vrai qui est indiqué par les cadrans solaires. Il est, bien entendu, affecté des irrégularités de la rotation terrestre, mais son emploi comme échelle de temps est à proscrire, avant tout en raison des inégalités importantes qu'il contient et qui traduisent celles de l'ascension droite du Soleil. Elles proviennent de deux causes :

1. La longitude du Soleil ne varie pas uniformément. L'*équation du centre*, de période annuelle, affecte donc le Temps solaire vrai ;
2. L'ascension droite du Soleil ne varie pas uniformément en fonction de la longitude. Il s'introduit ainsi une inégalité semestrielle de l'ascension droite du Soleil, donc du Temps solaire vrai, appelée *réduction à l'équateur*. La somme des inégalités du Temps solaire vrai changée de signe porte le nom d'*équation du temps*, et il en résulte la relation suivante :

$$\text{équation du temps} = \text{Temps solaire moyen} - \text{Temps solaire vrai}$$

La convention de signe adoptée dans la définition de l'équation du temps est telle que celle-ci est l'excès du Temps solaire moyen sur le Temps solaire vrai. En d'autres termes, à midi moyen (instant auquel le Temps solaire moyen est nul), l'angle horaire du Soleil est l'opposé de l'équation du temps. Sa valeur, de période approximativement annuelle, est donnée par la figure 7.

L'équation du temps peut atteindre 16 minutes. À ces inégalités du Temps solaire vrai correspondent des variations de la durée du jour solaire vrai (intervalle qui sépare deux midis vrais consécutifs), qui est compris entre 23 h 59 min 39 s et 24 h 00 min 30 s.

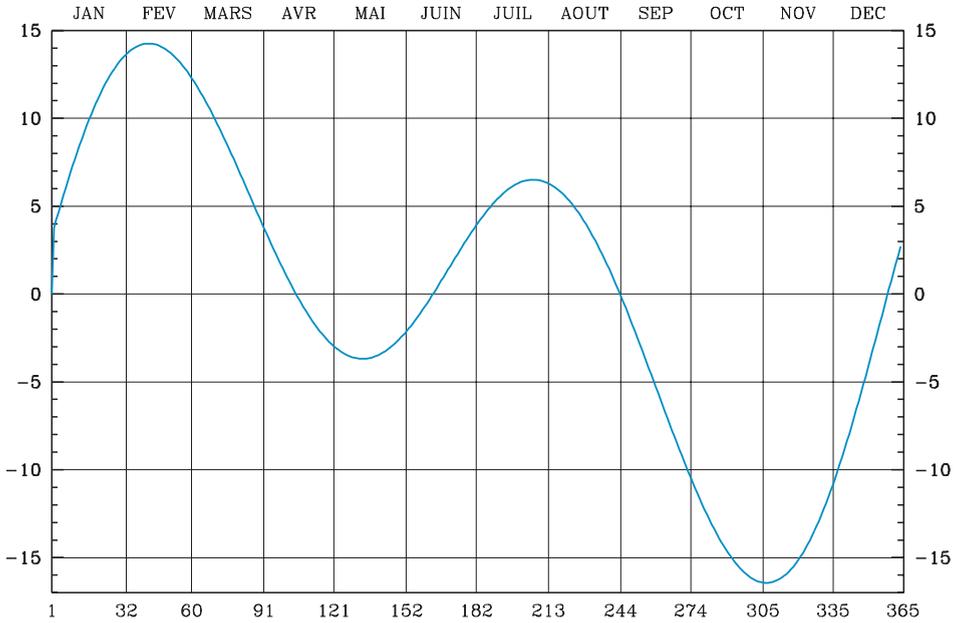


Fig. 7 – Équation du temps en minutes.

La valeur en minutes Em de l'équation du temps est donnée par l'expression suivante, valable de 1900 à 2100 :

$$\begin{aligned}
 Em = & 7,362 \sin M - 0,144 \cos M + 8,955 \sin 2M + 4,302 \cos 2M \\
 & + 0,288 \sin 3M + 0,133 \cos 3M + 0,131 \sin 4M + 0,167 \cos 4M \\
 & + 0,009 \sin 5M + 0,011 \cos 5M + 0,001 \sin 6M + 0,006 \cos 6M \\
 & - 0,002\ 58\ t \sin 2M + 0,005\ 33\ t \cos 2M
 \end{aligned}$$

L'anomalie moyenne du Soleil exprimée en radians est $M = 6,240\ 060 + 6,283\ 019\ 552\ t$; le temps t est compté en années juliennes à partir de J2000 : $t = (dj - 2\ 451\ 545)/365,25$, avec dj , la date considérée, exprimée en jours juliens.

Midi correspond ainsi à la valeur 0h du Temps solaire. Le *Temps civil* d'un lieu est le Temps solaire moyen de ce lieu augmenté de 12 heures. L'introduction du Temps civil permet d'éviter le changement de quantième au milieu de la journée. Le *Temps universel* (UT) a été considéré comme le Temps civil de Greenwich, mais cette définition ne convient pas pour des travaux précis.

3.2. Conversion entre mesures de durée et mesure d'angle de rotation de la Terre

La relation entre les mesures d'une même durée exprimées en Temps sidéral et en Temps universel est :

$$\text{mesure en Temps sidéral} = \text{mesure en Temps universel} \times 1,002\,737\,9$$

ou bien

$$\text{mesure en Temps universel} = \text{mesure en Temps sidéral} \times 0,997\,269\,6$$

La relation entre les mesures d'une même durée exprimées en angle ERA et en Temps universel UT1 est :

$$\text{mesure en angle ERA} = 360^\circ \times \text{mesure en } JD_{UT1} \times 1,002\,737\,8$$

ou bien

$$\text{mesure en } JD_{UT1} = \frac{1}{360^\circ} \times \text{mesure en angle ERA} \times 0,997\,269\,7$$

3.3. Échelles de temps

Depuis 1955, la mise en œuvre de nombreux étalons atomiques de fréquence a permis de définir de nouvelles échelles de temps dont les qualités métrologiques sont très supérieures à celles de temps astronomiques. Différentes échelles de temps sont désormais à distinguer :

Le *Temps atomique international* (TAI) est une mesure du temps parmi les plus régulières qu'on sache réaliser ; ses irrégularités sont en général négligeables.

Le *Temps universel* (UT1) repose sur la rotation de la Terre. Depuis les résolutions de l'UAI en 2000, il est défini par une fonction linéaire de l'angle de rotation de la Terre donnée en mesure d'angle ; cette relation s'exprime en degrés par :

$$\text{ERA} = 360^\circ (0,779\,057\,3 + 1,002\,737\,8 (JD_{UT1} - 2\,451\,545,0))$$

dont les paramètres ont été choisis pour assurer la continuité avec les définitions antérieures. De même, il résulte pour le Temps sidéral moyen exprimé en heures que :

$$GMST = (\text{ERA} + (0,015'' + 4\,612,16'' (JD_{TT} - 2\,451\,545,0)/36525 + \dots)/3600)/15.$$

Le *Temps universel coordonné* (UTC) représente à moins d'une seconde près le Temps UT1, tout en ayant les qualités métrologiques du TAI.

En outre, les astronomes utilisent d'autres échelles de temps pour leurs travaux de mécanique céleste.

Le *Temps des éphémérides* (TE), fondé sur le mouvement orbital de la Terre autour du Soleil a été remplacé par les échelles de temps décrites ci-dessous.

Le *Temps terrestre* (TT) est la forme théorique du TAI, mais décalée de 32,184 s de façon à prolonger le TE.

Par ailleurs, les décisions de l'Union astronomique internationale, en 1991, ont conduit à introduire deux échelles de temps définies dans le cadre de la théorie de la relativité générale comme des temps-coordonnées. Ceux-ci correspondent respectivement à des systèmes de coordonnées qui ont leur origine spatiale au centre de masse de la Terre et au barycentre du Système solaire ; ils sont désignés respectivement Temps-coordonnée géocentrique TCG et Temps-coordonnée barycentrique TCB et doivent être utilisés comme argument de la théorie pour le calcul d'éphémérides respectivement géocentriques et barycentriques.

Voici quelques précisions sur ces échelles de temps et leur usage.

Le *Temps atomique international* (TAI) est une échelle scientifique que les astronomes utilisent pour l'interprétation dynamique des mouvements des astres naturels et artificiels. Aucun signal horaire ne le diffuse directement. Mais il sera montré plus loin, à propos du Temps universel coordonné, comment dater les observations en TAI avec des incertitudes réduites à une dizaine de nanosecondes.

Le *Temps universel* (UT1) est nécessaire pour fixer l'orientation de la Terre dans son mouvement de rotation. Il sert aussi bien pour la navigation et la géodésie astronomiques que pour la navigation spatiale. En astronomie, il faut le connaître pour interpréter les éclipses, les occultations, les mesures de périodes de pulsars. En géophysique, par comparaison au TAI, il est un témoin de certaines irrégularités de la rotation terrestre (conjointement avec le mouvement du pôle et la précession-nutation). La précision maximale avec laquelle il est actuellement obtenu est de quelques microsecondes. Mais ceci demande d'avoir accès au TAI avec une précision au moins aussi bonne et aux publications du Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence¹ (IERS – <https://www.iers.org>). Il est toutefois obtenu directement à 0,1 seconde près par les signaux horaires du système UTC.

Le *Temps universel coordonné*² (UTC) n'est autre que le TAI, mais décalé d'un nombre entier de secondes, de façon à se conformer approximativement au Temps UT1. Les signaux horaires radio émis en haute fréquence, essentiellement destinés aux navigateurs, diffusent UTC ; si le temps de propagation est pris en compte, les incertitudes peuvent être réduites à environ 1 milliseconde. Mais il est maintenant bien plus pratique de faire appel aux émissions des satellites du « Global Positioning System » (GPS) ; avec des récepteurs appropriés, UTC est obtenu en permanence et sans aucune correction à moins de 0,4 microseconde près. Si une exactitude encore supérieure s'avère nécessaire,

1. IERS-CB, Richard-Strauss-Allee 11, D-60598 Frankfurt/Main, Allemagne. IERS-EOC, Observatoire de Paris, 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris (<http://hpiers.obspm.fr>).
2. Lorsqu'il n'y a pas lieu de distinguer entre UTC et UT1, c'est-à-dire lorsqu'une précision d'une seconde suffit, la notation abrégée UT est admise. L'usage des initiales GMT (ou TMG) qui prête à confusion est fautif ; l'Union astronomique internationale a instamment demandé que GMT soit remplacé par les désignations appropriées, UT1, UTC, UT. L'UAI a aussi recommandé les désignations TAI, UT1, UTC, UT dans toutes les langues.

il faut alors faire appel aux publications du Bureau international des poids et mesures¹ (BIPM) qui fournissent des corrections au temps du GPS. Les incertitudes sont alors réduites à 10 ou 20 nanosecondes. Ces méthodes donnent accès au TAI, après correction d'un nombre entier de secondes qu'il faut connaître. D'après les accords internationaux en vigueur, UTC ne doit pas s'écarter de plus de 0,9 seconde de UT1. Le tableau suivant donne la différence entre TAI et UTC depuis 1983 qui résulte des ajouts réguliers de secondes intercalaires selon les Bulletins du BIH, puis (depuis 1988) de l'IERS.

Intervalle de validité	TAI – UTC
1 ^{er} juillet 1983 – 1 ^{er} juillet 1985	22 s
1 ^{er} juillet 1985 – 1 ^{er} janvier 1988	23 s
1 ^{er} janvier 1988 – 1 ^{er} janvier 1990	24 s
1 ^{er} janvier 1990 – 1 ^{er} janvier 1991	25 s
1 ^{er} janvier 1991 – 1 ^{er} juillet 1992	26 s
1 ^{er} juillet 1992 – 1 ^{er} juillet 1993	27 s
1 ^{er} juillet 1993 – 1 ^{er} juillet 1994	28 s
1 ^{er} juillet 1994 – 1 ^{er} janvier 1996	29 s
1 ^{er} janvier 1996 – 1 ^{er} juillet 1997	30 s
1 ^{er} juillet 1997 – 1 ^{er} janvier 1999	31 s
1 ^{er} janvier 1999 – 1 ^{er} janvier 2006	32 s
1 ^{er} janvier 2006 – 1 ^{er} janvier 2009	33 s
1 ^{er} janvier 2009 – 1 ^{er} juillet 2012	34 s
1 ^{er} juillet 2012 – 1 ^{er} juillet 2015	35 s
1 ^{er} juillet 2015 – 1 ^{er} janvier 2017	36 s
1 ^{er} janvier 2017 –	37 s
Valeur prédite pour 2023 : TT – UTC = 69,184 s	

Les temps en usage, transmis par exemple par les horloges parlantes et les stations de radiodiffusion des divers pays, dérivent de UTC par addition d'un nombre entier d'heures (et dans certains cas une demi-heure). UTC est donc la seule échelle de temps mondiale directement accessible aux observateurs et c'est celle dans laquelle doivent être datés les événements scientifiques, en particulier les observations astronomiques. La plupart des émissions de signaux horaires radio diffusent suivant un code simple, uniformisé et audible une correction appelée DUT1 qui permet de corriger UTC pour avoir UT1 avec une erreur maximale de 0,1 seconde. Les utilisateurs qui veulent connaître UT1 avec une précision encore meilleure doivent faire appel aux circulaires de l'IERS qui donnent des tables des valeurs de UT1 – UTC. Pour avoir plus de détails, on peut consulter le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence.

1. Bureau international des poids et mesures, pavillon de Breteuil, 92 312 Sèvres (www.bipm.org).

Le *Temps des éphémérides* (TE) fut la meilleure représentation du temps uniforme avant l'apparition du temps atomique. De ce fait, il demeure indispensable afin d'interpréter les observations anciennes. Pour les travaux sur les données récentes, il est remplacé par des échelles de temps liées au temps atomique dont la définition prend en compte les effets de la relativité générale. Ainsi, les éphémérides géocentriques sont exprimées dans l'échelle de Temps terrestre (TT), qui prolonge le TE depuis le 1^{er} janvier 1977. Le TT, rigoureusement lié au TCG par une relation linéaire, est réalisé en pratique par TAI + 32,184 s.

Le *Temps dynamique barycentrique* (TDB) est une échelle de temps-coordonnée qui a été recommandée par l'UAI en 1976 pour les éphémérides et les théories dynamiques rapportées au barycentre du Système solaire. TDB diffère du Temps terrestre TT par des termes périodiques et des termes de Poisson. En 1991, l'UAI a recommandé de remplacer TDB par le *Temps-coordonnée barycentrique* (TCB), tout en tolérant l'usage du TDB. Le TDB est rigoureusement lié au TCB par une relation linéaire adoptée par l'UAI en 2006.

En 2023, la relation TT – UTC donne approximativement 69,2 s, sous réserve d'un saut de seconde. C'est cette valeur qui a été utilisée pour les calculs de cette édition de l'*Annuaire*.

Les secondes intercalaires sont ajoutées à chaque fois que UTC s'éloigne de UT1 de plus 0,9 s et cela ne se fait qu'après la dernière seconde du dernier jour du mois de juin ou du mois de décembre. Le ralentissement de la rotation de la Terre est en moyenne de 1,7 ms par jour et par siècle. De ce fait, le nombre de jours nécessaires pour entraîner l'accumulation d'une seconde entière dans l'augmentation de la durée du jour est de 588 jours ($0,0017 \text{ s} \times 588 \text{ j} = 1 \text{ s}$), soit un peu moins de 20 mois. Mais le ralentissement de la Terre étant erratique, il n'est pas possible de prévoir à l'avance les dates de ces ajouts.

La figure 8 donne sous une forme graphique les différences des échelles de temps par rapport au TAI. La figure 9 montre deux extraits détaillés.

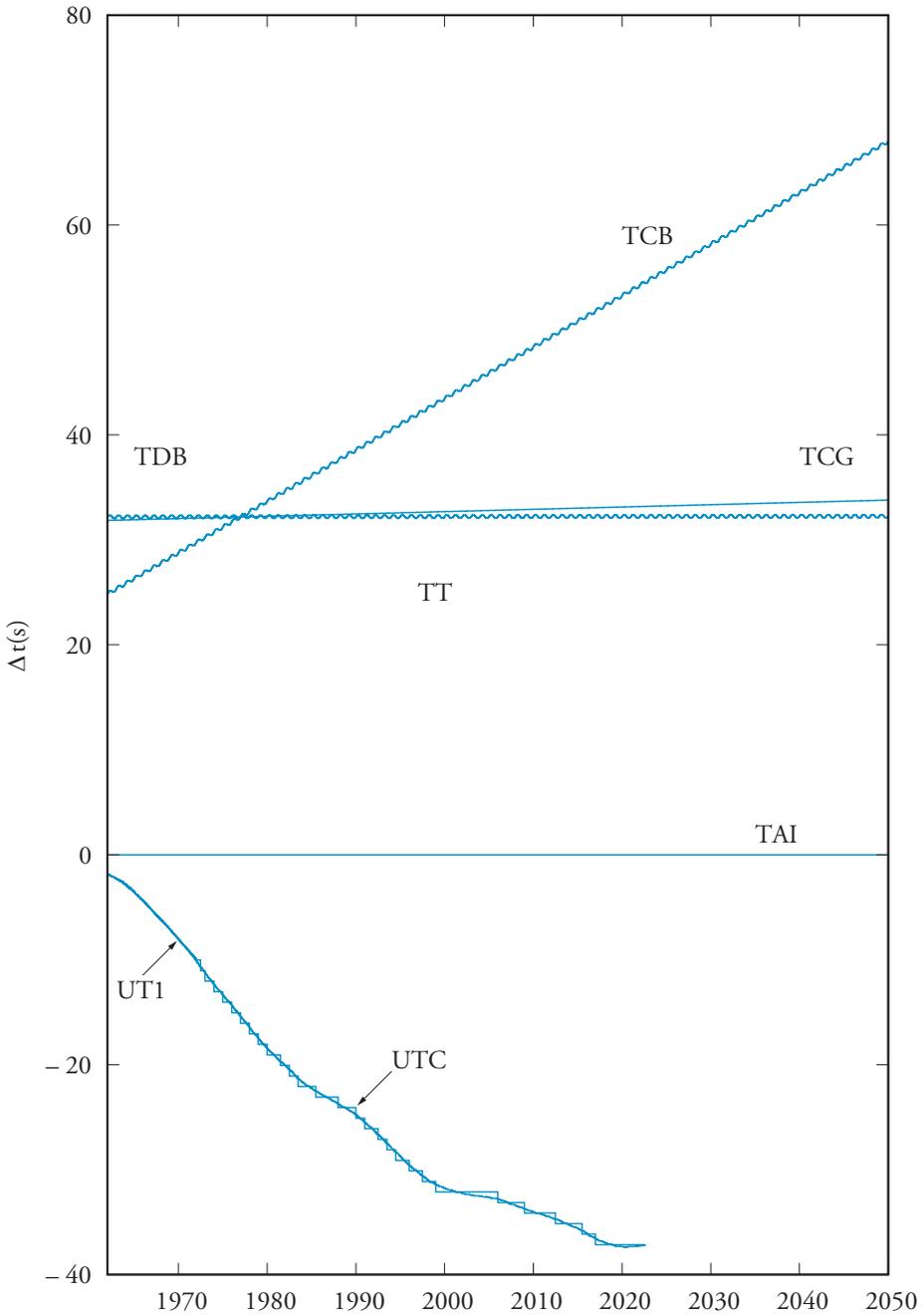


Fig. 8 – Différences entre les échelles de temps. Les termes périodiques de TDB et TCB sont amplifiés 100 fois dans les tracés graphiques. TT est presque confondu avec TDB, mais ne comporte pas de termes périodiques (voir fig. 9).

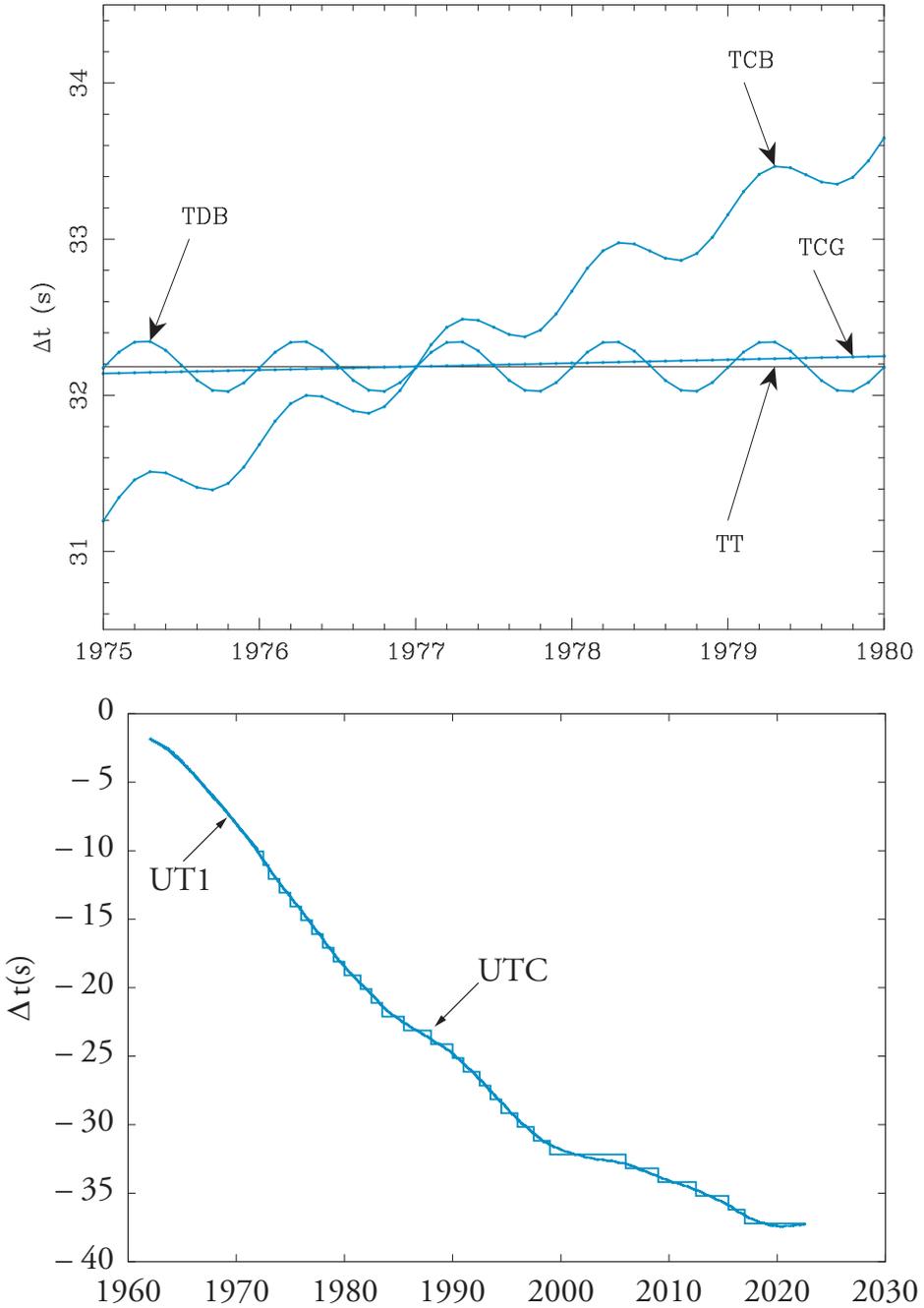


Fig. 9 – Différences en secondes par rapport au TAI.

4. L'HEURE EN FRANCE

Selon la loi du 9 mars 1911, en vigueur jusqu'en 1978, l'heure légale en France était « l'heure Temps moyen de Paris retardée de 9 min 21 s ». Dans la terminologie actuelle, cela signifie que l'heure en France était pratiquement le Temps universel (UT).

La loi de 1911 a été remplacée par le décret n° 78-855 du 9 août 1978 qui stipule que « le Temps légal est obtenu en ajoutant ou en retranchant un nombre entier d'heures au Temps universel coordonné. Un décret fixe ce nombre pour chaque partie du territoire de la République française en fonction des fuseaux horaires. Il peut l'accroître ou le diminuer pendant une partie de l'année... »

Ce nouveau décret prévoit donc l'usage de l'heure d'été, apparue pour la première fois en 1916, comme cela a été précisé par le décret du 17 octobre 1979 qui fournit aussi l'heure légale de l'ensemble des territoires français.

Le tableau suivant donne la correspondance entre l'heure légale métropolitaine et UT (ou UTC). Conformément à une directive du Parlement de l'Union européenne et du Conseil en date du 19 janvier 2001, à compter de l'année 2002, la période de l'heure d'été s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche d'octobre, 3 heures du matin. Hors des périodes mentionnées dans ce tableau, l'heure légale était le Temps universel.

Remarque – Conformément à l'article 4 de la directive 2000/84/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 janvier 2001 concernant les dispositions relatives à l'heure d'été, la Commission européenne est tenue de publier tous les cinq ans une communication contenant le calendrier des dates de début et de fin de la période de l'heure d'été. Ce calendrier est donc maintenant publié au sein du *Journal officiel de l'Union européenne*.

Remarque – Dans la portion du territoire français occupée par les troupes allemandes (à partir du 9 mai 1940), la correction au Temps universel a été de 2 heures jusqu'au 2 novembre 1942 à 1 h UT (les horloges marquaient alors 3 h), date à laquelle la correction a été ramenée à 1 heure (les horloges ayant été portées à 2 h). Depuis cette date et jusqu'à la fin de l'occupation allemande, les changements du temps en usage parus au *Journal officiel* étaient valables pour toute la France.

L'époque à laquelle le temps en usage en zone occupée a été avancé de 2 heures a varié suivant les localités : à Paris, par exemple, le 14 juin 1940 à 22 h UT, les horloges qui marquaient à ce moment 23 h ont été portées à 24 h (*Bulletin municipal officiel* du 15 juin 1940).

Heures en France métropolitaine, parues au Journal officiel

Année	Correction au Temps universel	Début (Temps universel)		Fin (Temps universel)		Arrêté ou Décret	Journal officiel
	h	h	h	h			
1916	+ 1	14 juin	23	1 oct.	23	10 juin	11 juin
1917	+ 1	24 mars	23	7 oct.	23	20 mars	21 mars
1918	+ 1	9 mars	23	6 oct.	23	28 févr.	1 mars
1919	+ 1	1 mars	23	5 oct.	23	9 févr.	11 févr.
1920	+ 1	(1) 14 févr.	23	(1) 23 oct.	23	(2) 7 févr.	8 févr.
1921	+ 1	14 mars	23	25 oct.	23	27 janv.	28 janv.
1922	+ 1	25 mars	23	7 oct.	23	(loi) 14 mars	15 mars
1923	+ 1	31 mars	23	6 oct.	23		
1924	+ 1	29 mars	23	4 oct.	23		
1925	+ 1	4 avril	23	3 oct.	23	13 mars	18 mars
1926	+ 1	17 avril	23	2 oct.	23	27 févr.	2 mars
1927	+ 1	9 avril	23	1 oct.	23	4 mars	5 mars
1928	+ 1	14 avril	23	6 oct.	23	21 mars	22 mars
1929	+ 1	20 avril	23	5 oct.	23	4 avril	6 avril
1930	+ 1	12 avril	23	4 oct.	23	19 mars	22 mars
1931	+ 1	18 avril	23	3 oct.	23	10 mars	11 mars
1932	+ 1	2 avril	23	1 oct.	23	26 janv.	3 févr.
1933	+ 1	25 mars	23	7 oct.	23	23 janv.	26 janv.
1934	+ 1	7 avril	23	6 oct.	23	1 mars	2 mars
1935	+ 1	30 mars	23	5 oct.	23	23 janv.	30 janv.
1936	+ 1	18 avril	23	3 oct.	23	23 mars	24 mars
1937	+ 1	3 avril	23	2 oct.	23	23 févr.	27 févr.
1938	+ 1	26 mars	23	1 oct.	23	4 févr.	10 févr.
1939	+ 1	15 avril	23	(3) 18 nov.	23	(4) 12 janv.	19 janv.
1940	+ 1	25 févr.	2	(5)		15 févr.	16 févr.
1941	+ 1	(6)		4 mai	23	16 févr.	20 févr.
1941	+ 2	4 mai	23	5 oct.	22		
1941	+ 1	5 oct.	22	(5)		26 sept.	28 sept.
1942	+ 1	(6)		8 mars	23	17 févr.	20 févr.
1942	+ 2	8 mars	23	2 nov.	1		
1942	+ 1	2 nov.	1	(5)		26 oct.	27 oct.
1943	+ 1	(6)		29 mars	1	19 mars	23 mars
1943	+ 2	29 mars	1	4 oct.	1		
1943	+ 1	4 oct.	1	(5)		13 sept.	24 sept.
1944	+ 1	(6)		3 avril	1	29 mars	31 mars
1944	+ 2	3 avril	1	7 oct.	23		
1944	+ 1	7 oct.	23	(5)		2 oct.	3 oct.
1945	+ 1	(6)		2 avril	1	17 mars	20 mars
1945	+ 2	2 avril	1	16 sept.	1		
1945	+ 1	16 sept.	1	(8)		(7) 14 août	15 août

(1) Dates fixées primitivement au 15 mars et au 25 octobre 1920 par la loi du 6 février (*JO*, 7 février). (2) Et 12 septembre (*JO*, 17 septembre). (3) Fin fixée primitivement au 7 octobre par le décret du 12 janvier. (4) Et 6 octobre (*JO*, 8 octobre). (5) Jusqu'à la fin de l'année. (6) Depuis le début de l'année. (7) Et 5 novembre (*JO*, 13 novembre) annulant le retour au Temps universel prévu pour le 18 novembre. (8) Jusqu'en 1976.

*Heures en France métropolitaine, parues au Journal officiel
(suite)*

Année	Correction au Temps universel	Début (Temps universel)		Fin (Temps universel)		Arrêté ou Décret	Journal officiel
	h	h	h	h			
de 1946 à 1975	+ 1	toute l'année					
{	1976	+ 1	(6)	28 mars	0	19 sept.	20 sept.
	1976	+ 2	28 mars	0	25 sept.	23 1975	1975
	1976	+ 1	25 sept.	23	(5)		
{	1977	+ 1	(6)	3 avril	1	16 sept.	23 sept.
	1977	+ 2	3 avril	1	25 sept.	1 1976	1976
	1977	+ 1	25 sept.	1	(5)		
{	1978	+ 1	(6)	2 avril	1	27 juill.	4 août
	1978	+ 2	2 avril	1	1 oct.	1 1977	1977
	1978	+ 1	1 oct.	1	(5)		
{	1979	+ 1	(6)	1 avril	1	5 juill.	9 juill.
	1979	+ 2	1 avril	1	30 sept.	1 1978	1978
	1979	+ 1	30 sept.	1	(5)		
{	1980	+ 1	(6)	6 avril	1	17 oct.	19 oct.
	1980	+ 2	6 avril	1	28 sept.	1 1979	1979
	1980	+ 1	28 sept.	1	(5)		
{	1981	+ 1	(6)	29 mars	1	13 août	22 août
	1981	+ 2	29 mars	1	27 sept.	1 1980	1980
	1981	+ 1	27 sept.	1	(5)		
{	1982	+ 1	(6)	28 mars	1	4 août	12 août
	1982	+ 2	28 mars	1	26 sept.	1 1981	1981
	1982	+ 1	26 sept.	1	(5)		
{	1983	+ 1	(6)	27 mars	1	16 sept.	26 sept.
	1983	+ 2	27 mars	1	25 sept.	1 1982	1982
	1983	+ 1	25 sept.	1	(5)		
{	1984	+ 1	(6)	25 mars	1	16 sept.	26 sept.
	1984	+ 2	25 mars	1	30 sept.	1 1982	1982
	1984	+ 1	30 sept.	1	(5)		
{	1985	+ 1	(6)	31 mars	1	16 sept.	26 sept.
	1985	+ 2	31 mars	1	29 sept.	1 1982	1982
	1985	+ 1	29 sept.	1	(5)		
{	1986	+ 1	(6)	30 mars	1	20 févr.	28 févr.
	1986	+ 2	30 mars	1	28 sept.	1 1986	1986
	1986	+ 1	28 sept.	1	(5)		

(5) Jusqu'à la fin de l'année. (6) Depuis le début de l'année.

**Heures en France métropolitaine, parues au Journal officiel
(suite)**

Année	Correction au Temps universel	Début (Temps universel)		Fin (Temps universel)		Arrêté ou Décret	Journal officiel
		h	h	h	h		
1987	+ 1	(6)		29 mars	1	20 févr.	28 févr.
	+ 2		29 mars	1	27 sept.	1986	1986
	+ 1		27 sept.	1	(5)		
1988	+ 1	(6)		27 mars	1	20 févr.	28 févr.
	+ 2		27 mars	1	25 sept.	1986	1986
	+ 1		25 sept.	1	(5)		
1989	+ 1	(6)		26 mars	1	3 mars	12 mars
	+ 2		26 mars	1	24 sept.	1988	1988
	+ 1		24 sept.	1	(5)		
1990	+ 1	(6)		25 mars	1	21 févr.	4 mars
	+ 2		25 mars	1	30 sept.	1989	1989
	+ 1		30 sept.	1	(5)	(9)	
1991	+ 1	(6)		31 mars	1	21 févr.	4 mars
	+ 2		31 mars	1	29 sept.	1989	1989
	+ 1		29 sept.	1	(5)	(9)	
1992	+ 1	(6)		29 mars	1	21 févr.	4 mars
	+ 2		29 mars	1	27 sept.	1989	1989
	+ 1		27 sept.	1	(5)	(9)	
1993	+ 1	(6)		28 mars	1	3 sept.	11 sept.
	+ 2		28 mars	1	26 sept.	1992	1992
	+ 1		26 sept.	1	(5)	(10)	
1994	+ 1	(6)		27 mars	1	3 sept.	11 sept.
	+ 2		27 mars	1	25 sept.	1992	1992
	+ 1		25 sept.	1	(5)	(10)	
1995	+ 1	(6)		26 mars	1	31 août	4 sept.
	+ 2		26 mars	1	24 sept.	1994	1994
	+ 1		24 sept.	1	(5)	(11)	
1996	+ 1	(6)		31 mars	1	31 août	4 sept.
	+ 2		31 mars	1	27 oct.	1994	1994
	+ 1		27 oct.	1	(5)	(11)	

(5) Jusqu'à la fin de l'année. (6) Depuis le début de l'année. (9) Conformément à une directive du Conseil des communautés européennes en date du 21 décembre 1988, la période de l'heure d'été des années 1990, 1991 et 1992 s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche de septembre, 3 heures du matin. (10) Conformément à une directive du Conseil des communautés européennes en date du 26 mars 1992, la période de l'heure d'été des années 1993 et 1994 s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche de septembre, 3 heures du matin.

**Heures en France métropolitaine, parues au Journal officiel
(suite)**

Année	Correction au Temps universel	Début (Temps universel)		Fin (Temps universel)		Arrêté ou Décret	Journal officiel
		h	h	h	h		
1997	+ 1	(6)		30 mars	1	31 août	4 sept.
	+ 2	30 mars	1	26 oct.	1	1994	1994
	+ 1	26 oct.	1	(5)		(11)	
1998	+ 1	(6)		29 mars	1	15 oct.	23 oct.
	+ 2	29 mars	1	25 oct.	1	1997	1997
	+ 1	25 oct.	1	(5)		(12)	
1999	+ 1	(6)		28 mars	1	15 oct.	23 oct.
	+ 2	28 mars	1	31 oct.	1	1997	1997
	+ 1	31 oct.	1	(5)		(12)	
2000	+ 1	(6)		26 mars	1	15 oct.	23 oct.
	+ 2	26 mars	1	29 oct.	1	1997	1997
	+ 1	29 oct.	1	(5)		(12)	
2001	+ 1	(6)		25 mars	1	15 oct.	23 oct.
	+ 2	25 mars	1	28 oct.	1	1997	1997
	+ 1	28 oct.	1	(5)		(12)	
2002	+ 1	(6)		31 mars	1	3 avril	6 avril
	+ 2	31 mars	1	27 oct.	1	2001	2001
	+ 1	27 oct.	1	(5)		(13)	
2003	+ 1	(6)		30 mars	1	3 avril	6 avril
	+ 2	30 mars	1	26 oct.	1	2001	2001
	+ 1	26 oct.	1	(5)		(13)	
2004	+ 1	(6)		28 mars	1	3 avril	6 avril
	+ 2	28 mars	1	31 oct.	1	2001	2001
	+ 1	31 oct.	1	(5)		(13)	

(5) Jusqu'à la fin de l'année. (6) Depuis le début de l'année. (11) Conformément à une directive du Parlement de l'Union européenne et du Conseil en date du 30 mai 1994 concernant les dispositions relatives à l'heure d'été, la période de l'heure d'été de l'année 1995 s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche de septembre, 3 heures du matin, celle des années 1996 et 1997 s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche d'octobre, 3 heures du matin. (12) Conformément à une directive du Parlement de l'Union européenne et du Conseil en date du 22 juillet 1997 concernant les dispositions relatives à l'heure d'été, la période de l'heure d'été des années 1998, 1999, 2000 et 2001 s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche d'octobre, 3 heures du matin. (13) Conformément à une directive du Parlement de l'Union européenne et du Conseil en date du 19 janvier 2001 concernant les dispositions relatives à l'heure d'été, la période de l'heure d'été des années 2002 à 2006 s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche d'octobre, 3 heures du matin.

**Heures en France métropolitaine, parues au Journal officiel
(suite)**

Année	Correction au Temps universel	Début (Temps universel)		Fin (Temps universel)		Arrêté ou Décret	Journal officiel
		h	h	h	h		
{ 2005	+ 1	(6)		27 mars	1	3 avril	6 avril
	+ 2		27 mars	1	30 oct.	2001	2001
	+ 1		30 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2006	+ 1	(6)		26 mars	1	3 avril	6 avril
	+ 2		26 mars	1	29 oct.	2001	2001
	+ 1		29 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2007	+ 1	(6)		25 mars	1	3 avril	14 mars
	+ 2		25 mars	1	28 oct.	2001	2006
	+ 1		28 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2008	+ 1	(6)		30 mars	1	3 avril	14 mars
	+ 2		30 mars	1	26 oct.	2001	2006
	+ 1		26 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2009	+ 1	(6)		29 mars	1	3 avril	14 mars
	+ 2		29 mars	1	25 oct.	2001	2006
	+ 1		25 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2010	+ 1	(6)		28 mars	1	3 avril	14 mars
	+ 2		28 mars	1	31 oct.	2001	2006
	+ 1		31 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2011	+ 1	(6)		27 mars	1	3 avril	14 mars
	+ 2		27 mars	1	30 oct.	2001	2006
	+ 1		30 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2012	+ 1	(6)		25 mars	1	3 avril	17 mars
	+ 2		25 mars	1	28 oct.	2001	2011
	+ 1		28 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2013	+ 1	(6)		31 mars	1	3 avril	17 mars
	+ 2		31 mars	1	27 oct.	2001	2011
	+ 1		27 oct.	1	(5)	(13)	
{ 2014	+ 1	(6)		30 mars	1	3 avril	17 mars
	+ 2		30 mars	1	26 oct.	2001	2011
	+ 1		26 oct.	1	(5)	(13)	

(5) Jusqu'à la fin de l'année. (6) Depuis le début de l'année. (13) Conformément à une directive du Parlement de l'Union européenne et du Conseil en date du 19 janvier 2001 concernant les dispositions relatives à l'heure d'été à compter de l'année 2002, la période de l'heure d'été des années 2002 à 2006 s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche d'octobre, 3 heures du matin. Celle-ci a été réitérée le 14 mars 2006 pour les années 2007 à 2011 et le 17 mars 2011 pour les années 2012 à 2016.

Heures en France métropolitaine, parues au Journal officiel
(suite et fin)

Année	Correction au Temps universel	Début (Temps universel)		Fin (Temps universel)		Arrêté ou Décret	Journal officiel
		h	h	h	h		
2015	+ 1	(6)		29 mars	1	3 avril	17 mars
	+ 2		29 mars	1	25 oct.	2001	2011
	+ 1		25 oct.	1	(5)	(13)	
2016	+ 1	(6)		27 mars	1	3 avril	17 mars
	+ 2		27 mars	1	30 oct.	2001	2011
	+ 1		30 oct.	1	(5)	(13)	
2017	+ 1	(6)		26 mars	1	3 avril	17 février
	+ 2		26 mars	1	29 oct.	2001	2016
	+ 1		29 oct.	1	(5)	(13)	
2018	+ 1	(6)		25 mars	1	3 avril	17 février
	+ 2		25 mars	1	28 oct.	2001	2016
	+ 1		28 oct.	1	(5)	(13)	
2019	+ 1	(6)		31 mars	1	3 avril	17 février
	+ 2		31 mars	1	27 oct.	2001	2016
	+ 1		27 oct.	1	(5)	(13)	
2020	+ 1	(6)		29 mars	1	3 avril	17 février
	+ 2		29 mars	1	25 oct.	2001	2016
	+ 1		25 oct.	1	(5)	(13)	
2021	+ 1	(6)		28 mars	1	3 avril	17 février
	+ 2		28 mars	1	31 oct.	2001	2016
	+ 1		31 oct.	1	(5)	(13)	
2022	+ 1	(6)		27 mars	1	3 avril	27 avril
	+ 2		27 mars	1	30 oct.	2001	2021
	+ 1		30 oct.	1	(5)	(13)	
2023	+ 1	(6)		26 mars	1	3 avril	27 avril
	+ 2		26 mars	1	29 oct.	2001	2021
	+ 1		29 oct.	1	(5)	(13)	

(5) Jusqu'à la fin de l'année. (6) Depuis le début de l'année. (13) Conformément à la directive 2000/84/CE du Parlement de l'Union européenne et du Conseil en date du 19 janvier 2001 concernant les dispositions relatives à l'heure d'été à compter de l'année 2002, la période de l'heure d'été des années 2002, 2003, 2004, 2005 et 2006 s'étend du dernier dimanche de mars, 2 heures du matin, au dernier dimanche d'octobre, 3 heures du matin, en Temps légal français. Celle-ci a été réitérée le 14 mars 2006 pour les années 2007 à 2011, le 17 mars 2011 pour les années 2012 à 2016, le 17 février 2016 pour les années 2017 à 2021 et le 27 avril 2021 pour les années 2022 à 2026.

5. QUELQUES DÉFINITIONS SUPPLÉMENTAIRES

5.1. Distances dans le Système solaire

Les observations astronomiques classiques ne fournissent pas de distances absolues¹. Mais la détermination des distances relatives peut se faire dans le Système solaire avec une grande précision, grâce à la troisième loi de Kepler qui donne une relation entre les périodes de révolution des planètes et leurs distances au Soleil rapportées à une longueur arbitrairement choisie, l'*unité astronomique*, qui est très voisine de la distance moyenne de la Terre au Soleil. L'unité astronomique (au) a été redéfinie par l'UAI en 2012 comme une unité conventionnelle de longueur égale à 149 597 870 700 mètres exactement. La *parallaxe diurne*, ou parallaxe d'un astre du Système solaire, est l'angle sous lequel est vu, depuis cet astre, le rayon terrestre qui aboutit au lieu d'observation. En un même lieu, cet angle est maximal lorsque l'astre est dans l'horizon : c'est la *parallaxe horizontale*. Celle-ci est elle-même maximale pour un point de l'équateur : c'est la *parallaxe horizontale équatoriale* de l'astre. La relation suivante lie la parallaxe horizontale ϖ d'un astre à sa distance D à la Terre, exprimée en unités astronomiques :

$$D = \frac{\sin \varpi_0}{\sin \varpi} \approx \frac{\varpi_0}{\varpi}$$

où ϖ_0 est la parallaxe horizontale équatoriale moyenne du Soleil et vaut $8,794\,148''$; c'est la parallaxe horizontale équatoriale d'un astre situé à une unité astronomique de la Terre.

Les relations suivantes lient diverses unités de longueur employées en astronomie :

1 rayon équatorial terrestre	=	6 378,14 km
1 année-lumière ²	=	$9,461 \times 10^{12}$ km
	=	$6,32 \times 10^4$ au
	=	0,307 parsec
1 parsec	=	206 265 au
	=	$3,086 \times 10^{13}$ km
	=	3,26 al

(voir p. 61 « *Parallaxes stellaires et magnitudes* »).

5.2. Éléments d'orbites

Afin de décrire les orbites suivies par les planètes et les satellites, six éléments nécessaires suffisent à définir une ellipse et à placer à chaque instant l'astre considéré sur un point de cette ellipse.

1. Ce n'est plus le cas aujourd'hui où les techniques modernes font usage du *radar* et du *laser*.
2. Voir définition p. 61.

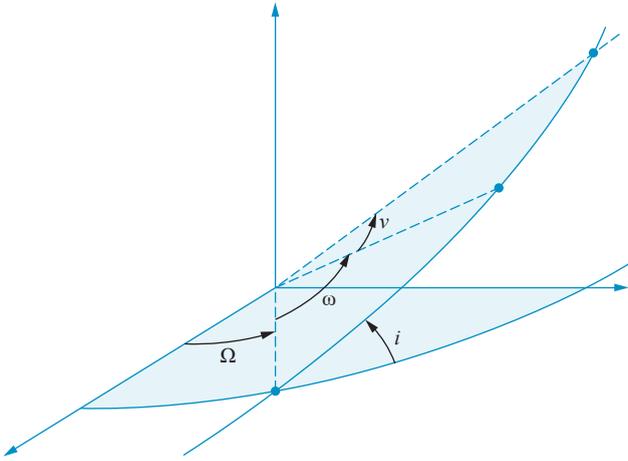


Fig. 10 – Éléments d'une orbite.

La position du plan d'une orbite de planète ou de satellite est définie par rapport à un repère donné (souvent le repère écliptique ou, pour les satellites proches de leur planète, équatorial) par son *inclinaison* i (angle entre la direction du corps et le plan fondamental) et la *longitude du nœud ascendant* Ω sur le plan fondamental (longitude de la demi-droite orientée dans la direction de l'objet lorsqu'il traverse le plan fondamental avec une latitude croissante).

Les dimensions et la forme de l'orbite sont définies par son *demi-grand axe* a et son *excentricité* e .

La position de l'orbite dans son plan est définie par la direction du périastre ou par l'*argument de latitude du périastre* ω , angle entre cette direction et la direction du nœud ascendant. On la repère parfois par la *longitude du périastre* $\varpi = \Omega + \omega$.

La position de l'astre sur l'orbite peut être repérée par sa longitude comptée dans le plan fondamental, mais le plus souvent est utilisée la longitude dans l'orbite $\lambda = \Omega + \omega + v$, où v est l'angle des directions du périastre et de l'astre, angle appelé *anomalie vraie* de l'astre.

Si λ et v sont débarrassées de leurs inégalités périodiques, alors sont respectivement obtenues la *longitude moyenne* et l'*anomalie moyenne*.

La description est complétée d'une orbite par la donnée de la *période de révolution sidérale ou tropique* P , ou de la *période synodique* P' (temps nécessaire pour que les positions moyennes de la Terre et de l'objet reprennent des configurations relatives identiques par rapport au corps central).

Le *moyen mouvement tropique* est :

$$n = \frac{360^\circ}{P}$$

et le *moyen mouvement synodique* est :

$$n' = \frac{360^\circ}{P'}$$

Par ailleurs :

$$n' = |n - u|$$

où u est le moyen mouvement tropique de la Terre dans le cas d'une planète et celui de la planète-mère dans le cas d'un satellite.

5.3. Définitions relatives à la Lune

La période de révolution synodique de la Lune porte le nom de *lunaison*. Par convention, chaque lunaison commence à l'instant de la *nouvelle Lune* (NL), date à laquelle les longitudes géocentriques de la Lune et du Soleil sont égales. L'*âge de la Lune* est le temps écoulé depuis la dernière nouvelle Lune. Le *jour de la Lune* est un nombre entier associé aux jours d'une lunaison en les numérotant consécutivement, le numéro 1 étant attribué au jour durant lequel se produit la nouvelle Lune.

La *pleine Lune* (PL) se produit lorsque les longitudes géocentriques de la Lune et du Soleil diffèrent de 180° . Pleine Lune et nouvelle Lune portent le nom de *syzygies*. Les éclipses de Lune se produisent nécessairement au voisinage de la pleine Lune, celles de Soleil au voisinage de la nouvelle Lune.

Les *quadratures* sont les époques auxquelles les longitudes géocentriques de la Lune et du Soleil diffèrent de 90° ou de 270° . Le *premier quartier* (PQ) a lieu entre la nouvelle Lune et la pleine Lune, le *dernier quartier* (DQ) entre la pleine Lune et la nouvelle Lune.

5.4. Définitions relatives aux étoiles

Magnitudes

L'éclat d'un astre (planète, satellite ou étoile) caractérise l'impression plus ou moins intense que produit sa lumière sur l'œil ou, encore, l'éclairement produit par cette lumière sur une surface donnée. La mesure de cet éclat est la *magnitude* m , quantité qui augmente quand l'éclat diminue. Si E est l'éclat, il en résulte la relation suivante :

$$m = -2,5 \log_{10} \frac{E}{E_0}$$

où E_0 est une constante qui définit l'éclat d'une étoile de magnitude zéro.

Entre deux étoiles dont les éclats sont entre eux dans le rapport de 100 à 1, il y a 5 magnitudes de différence. À l'œil nu, par ciel clair, les étoiles sont aperçues jusqu'à la magnitude 6. La grandeur utilisée de nos jours n'est pas une mesure, mais une classe de luminosité. Un astre sera dit de 3^e grandeur si sa magnitude est comprise entre 2,5 et 3,5. Un astre de magnitude inférieure à 1,5 est dit de 1^{re} grandeur.

Les magnitudes données dans ces pages sont des *magnitudes visuelles*, elles se rapportent à un récepteur dont la sensibilité en fonction de la longueur d'onde est celle de l'œil. Des *magnitudes photographiques* m_p sont également définies, le récepteur étant une plaque photographique au gélatinobromure d'argent (sans sensibilisateur chromatique), plaque surtout sensible au bleu, au violet et à l'ultraviolet proche.

La différence entre la magnitude photographique et la magnitude visuelle est l'*indice de couleur* donné par la relation suivante :

$$m - m_p = i.c.$$

Cet indice caractérise la couleur de l'étoile. Il est négatif pour les étoiles dont la lumière est riche en radiations bleues et positif pour celles dont la lumière est riche en radiations rouges.

Spectres

Les conditions physiques très diverses qui règnent à la surface des étoiles déterminent, pour chaque étoile, une distribution différente de l'intensité lumineuse en fonction de la longueur d'onde. Ces *spectres* caractérisent les étoiles et sont classés dans une séquence empirique notée à l'aide de lettres : O, B, A, F, G, K, M, R, N, suivies d'un indice de 0 à 9 qui désigne le sous-type et éventuellement d'une partie décimale .25, .5 ou .75 qui provient de la subdivision en quarts de sous-type. Cette séquence traduit une évolution continue des spectres correspondant à des températures décroissantes de 40 000 à 4 000 K. Il y a donc une relation qualitative entre les spectres et les indices de couleur *i.c.* Par exemple, pour les principaux types spectraux :

O : *i.c.* = -0,24 (15 Monocerotis)

B : *i.c.* = -0,19 (ϵ Orion)

A : *i.c.* = 0 (Véga, Sirius)

F : *i.c.* = +0,4 (δ Gémeaux)

G : *i.c.* = +0,8 (Capella, Soleil)

K : *i.c.* = +1,3 (Arcturus)

M : *i.c.* = +1,8 (Bételgeuse, Antarès)

Au type spectral d'une étoile est associée la classe de sa luminosité, notée en chiffres romains. La classe I correspond aux supergéantes avec trois subdivisions, *Ia* pour les plus lumineuses, *Iab* pour les moyennes et *Ib* pour les plus faibles. Les subdivisions

a , ab , b sont également appliquées dans les autres classes. La classe III correspond aux géantes, la classe V aux naines. Pour les étoiles froides, une anomalie du spectre, telle que l'intensité anormale de raie de calcium, de bandes de CH et de CN, est explicitement indiquée avec le degré d'anomalie, représenté par un chiffre de 1 à 5 et précédé du signe – pour un affaiblissement ou du signe + pour un renforcement.

Parallaxes stellaires et magnitudes

Les distances des étoiles, comme celles des objets du Système solaire, ne peuvent être déterminées que d'une manière relative et sont rapportées à l'unité astronomique de longueur. En pratique, cette dernière est néanmoins d'un usage peu commode : il est donc préférable de caractériser la distance D d'une étoile par sa *parallaxe annuelle* ϖ , angle sous lequel, de cette étoile, est vue l'unité astronomique. La parallaxe étant exprimée en secondes de degré, la distance exprimée en unités astronomiques s'en déduit donc immédiatement :

$$D = \frac{1}{\sin \varpi} \approx \frac{206\,265}{\varpi}$$

Les distances des étoiles sont exprimées en parsecs. Le *parsec* (pc) est la distance d'une étoile dont la parallaxe annuelle est égale à une seconde de degré ($1''$). La distance D d'une étoile, exprimée en parsecs, est donc donnée d'une manière approchée par :

$$D = \frac{1}{\varpi}$$

Le parsec équivaut alors à 206 265 au.

Même les étoiles les plus proches ont une parallaxe inférieure à $1''$; les distances stellaires sont donc toujours supérieures à un parsec.

L'*année-lumière* (al) est le trajet parcouru par la lumière dans le vide en un an (de 365,25 jours).

La magnitude d'une étoile dépend de son éclat intrinsèque et de sa distance à l'observateur. Pour caractériser l'éclat d'une étoile indépendamment de sa distance, la *magnitude absolue* M est introduite. C'est par définition la magnitude apparente de l'étoile pour un observateur situé à une distance de 10 parsecs. ϖ étant la parallaxe exprimée en secondes de degré, la magnitude absolue se déduit de la magnitude apparente m par la relation suivante :

$$M = m + 5 + 5 \log \varpi$$

La différence $m - M$, qui ne dépend que de la parallaxe, porte le nom de *module de distance*.

6. DYNAMIQUE DU SYSTÈME SOLAIRE ET PARAMÈTRES ORBITAUX

6.1. Le Système solaire dans la Voie lactée

Le Système solaire, objet des éphémérides de cet ouvrage, fait partie d'un vaste ensemble formé d'étoiles, de gaz, de poussières et d'une composante physiquement non identifiée, mais qui contribue à la force gravitationnelle, communément désignée comme *matière noire*. Cet ensemble, semblable à d'autres ensembles du même genre isolés les uns des autres par de l'espace presque vide, est « notre » galaxie, aussi appelée *Voie lactée*, du nom de la bande lumineuse qui traverse le ciel nocturne et qui correspond à la vision de très nombreuses étoiles non résolues par l'œil, concentrées au voisinage d'un plan. De façon plus précise, notre galaxie, appelée *la Galaxie* pour la distinguer de milliards d'autres formations semblables, est formée pour une part dominante d'étoiles dont la répartition spatiale est un disque. La Galaxie possède donc, en première approximation, une symétrie axiale et une symétrie par rapport à un plan. Le centre de symétrie de cette répartition est le centre galactique, appelé G et situé à environ $R_0 = 8$ kiloparsecs (kpc) de notre système solaire, dans la direction $RA(J2000) = 17\text{ h }45\text{ min }37,20\text{ s}$; $DEC(J2000) = -28^\circ 56' 10,2''$.

La direction perpendiculaire au plan galactique, de déclinaison positive (pôle galactique Nord), a pour coordonnées équatoriales $RA(J2000) = 12\text{ h }51\text{ min }26,28\text{ s}$; $DEC(J2000) = +27^\circ 7' 41,7''$. Par convention, les directions sont décrites dans la Galaxie par une latitude galactique b_G et une longitude galactique l_G , la direction du centre galactique ayant pour latitude galactique 0 et celle du pôle galactique Nord $+90^\circ$. Les longitudes galactiques croissent dans le sens trigonométrique. L'inclinaison du plan galactique sur le plan équatorial est de $62,87^\circ$. La répartition de matière dans la Galaxie est importante puisqu'elle détermine le champ gravitationnel en tout point de cette dernière. Le centre galactique est occupé par une répartition sphéroïdale de matière, le *bulbe*, d'environ un kiloparsec de rayon et de masse 10^{10} masses solaires. Le disque galactique a grossièrement une densité de la forme :

$$\rho = \rho_0 \exp(-z/H) \cdot \exp(-(r - R_0)/L); (r > 1\text{kpc})$$

où ρ_0 est la densité de matière au voisinage du Système solaire, proche de $0,1 M_\odot/\text{pc}^3$, r, z les coordonnées cylindriques du point dans la Galaxie, H et L sont des échelles de longueur qui, respectivement, valent approximativement 300 pc et 3 kpc. Il est possible de s'intéresser à la position et à la cinématique du Système solaire dans un repère inertiel lié à la Galaxie. Tout d'abord, dans un tel système, la majorité des étoiles proches du Soleil ont une orbite quasi circulaire, correspondant à la force de rappel, de module constant, qui pointe vers le centre galactique (orbite à force centrale). La vitesse linéaire de cette rotation est de 220 km/s, soit une période de révolution de 223 millions d'années ou une accélération centrifuge :

$$\omega^2 R_0 = 1,96 \times 10^{-10} \text{ m.s}^{-2}$$

Ce champ est négligé en mécanique céleste à l'intérieur du Système solaire. Puisque le Système solaire est en chute libre dans ce champ, c'est seulement sa variation à l'intérieur du Système solaire qui serait à considérer, variation qui est de l'ordre de 10^{-17}m.s^{-2} sur 100 unités astronomiques, ce qui est vraiment négligeable si on se rappelle que l'accélération due au Soleil au voisinage de la Terre est de $6,0 \times 10^{-3} \text{m.s}^{-2}$.

Le Système solaire se meut dans un fluide d'hydrogène et d'hélium de très faible densité, de l'ordre d'une particule par cm^3 , contenant aussi des poussières. Notre galaxie, dans son ensemble, forme probablement un système lié avec notre voisine M31, la galaxie d'Andromède, et les petites galaxies proches, comme les nuages de Magellan, les galaxies naines sphéroïdales et quelques autres irrégulières (système local). L'amas de galaxies le plus proche, en dehors du système local, est celui de Virgo ($l = 284$, $b = 74$) qui contient plus de 2000 galaxies, à une vingtaine de Mpc de nous. La densité typique de galaxies dans un amas est de quelques centaines de galaxies par Mpc^3 . Les amas ne sont pas répartis uniformément dans l'espace, mais sont concentrés le long de feuillettes, ou de filaments, appelés *grandes structures*, avec des régions quasiment vides entre ces concentrations.

La vitesse radiale du système local par rapport au rayonnement cosmologique pointe vers un point du ciel de coordonnées galactiques ($l = 276^\circ$, $b = 30^\circ$), parfois désigné comme *le grand attracteur*, imaginant que les fluctuations de densité causées par les grandes structures perturbent localement la cinématique des galaxies, entraînées vers les maxima de densité des grandes structures. Ces fluctuations compliquent la détermination de la constante de Hubble H_0 . On s'accorde maintenant sur une valeur, déterminée avec des sources très éloignées pour éviter le problème juste décrit, $H_0 = 72 \pm 4 \text{ km/s/Mpc}$. L'étude du rayonnement cosmologique par des vols en ballon et par le satellite WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) a permis de confirmer cette valeur de H_0 et de déterminer l'âge du début de l'expansion de l'Univers ($13,7 \pm 0,2 \text{ Gyr}$) et l'époque de la formation des premières étoiles massives qui ont réionisé l'Univers ($13,5 \pm 0,3 \text{ Gyr}$).

Voilà qui replace un peu le Système solaire dans l'espace-temps.

6.2. Tableaux récapitulatifs

Les deux tableaux suivants présentent des données relatives aux astres principaux du Système solaire et aux satellites des planètes.

- La masse est donnée pour le système planète-plus-satellites, la densité est donnée pour la planète seule ;
- L'albédo de Bond est le rapport du flux lumineux envoyé par l'astre au flux qu'il reçoit du Soleil.
- Les aplatissements des planètes n'ont pas été indiqués. Ils sont d'ailleurs faibles, sauf pour Jupiter (1/15) et Saturne (1/9,5) ;

– Pour les données relatives aux planètes, les éléments orbitaux sont rapportés à l'écliptique J2000 ; les tableaux donnent successivement :

- a le demi grand-axe de l'orbite,
- e l'excentricité
- i l'inclinaison de l'orbite,
- Ω la longitude du nœud ascendant,
- ϖ la longitude du périhélie,
- λ_0 la longitude moyenne,
- P_s la période de révolution sidérale,
- D_{equ} le diamètre équatorial,
- D_{max} le diamètre apparent maximal.

Données relatives aux principaux astres du Système solaire

Nom	a	e	i	Ω	ϖ	λ_0	P_S	D_{equ} (Terre=1)	D_{app} maximal
	au		°	°	°	°	jour		"
Mercure	0,3871	0,206	7,00	48,33	77,46	252,25	87,969	0,38	12,9
Vénus	0,7233	0,007	3,39	76,68	131,56	181,98	224,701	0,95	66,0
Terre	1,0000	0,017			102,94	100,47	365,256	1	
Mars	1,5237	0,093	1,85	49,56	336,06	355,43	686,980	0,53	26,0 ⁽¹⁾
Jupiter	5,2026	0,048	1,30	100,46	14,33	34,35	4332,59	11,21	49,5
Saturne	9,5549	0,056	2,49	113,67	93,06	50,07	10759,2	9,45	20,5
Uranus	19,2184	0,046	0,77	74,01	173,01	314,06	30688,5	4,01	4,3
Neptune	30,1104	0,009	1,77	131,78	48,12	304,35	60182,3	3,88	2,9
Pluton	39,5447	0,250	17,14	110,30	224,14	238,70	90469,7	0,19	0,1
Lune								0,27	33,48'
Soleil								109	32,53'

(1) En pratique 25,1.

Nom	Inverse de la masse (Soleil = 1)	Densité (eau = 1)	Pesanteur équatoriale (Terre = 1)	Durée de la rotation sidérale	Inclinaison de l'équateur sur l'orbite	Albédo de Bond	Symbole
				j (jours) h (heures)	°		
Mercure	6 023 600	5,4	0,38	58,6462 j	0	0,056	☿
Vénus	408 523,71	5,2	0,90	243,0185 j ⁽¹⁾	177,37	0,72	♀
Terre	332 946,05	5,5	1	23,9345 h	23,44	0,39	♁
Système Terre-Lune	328 900,56						
Lune		3,3	0,17	655,72 h	6,68	0,067	☾
Mars	3 098 708	3,9	0,38	24,6230 h	25,19	0,16	♂
Jupiter	1 047,3486	1,2	2,53	9,84 h à 9,93 h	3,13	0,70	♃
Saturne	3 497,90	0,6	1,07	10,656 h	26,73	0,75	♄
Uranus	22 902,94	1,2	0,90	17,240 h ⁽¹⁾	97,77	0,90	♅
Neptune	19 412,24	1,6	1,14	16,11 h	27,85	0,82	♆
Pluton	135 000 000	1,7	0,06	153,29 h ⁽¹⁾	122,53	0,145	♇
Soleil	1	1,4	27,96	600 h à 696 h	7,25		☉

(1) Rotation rétrograde.

Données relatives aux satellites des planètes et de Pluton

Nom	N°	Demi-grand axe de l'orbite (10 ³ km)	Excentricité de l'orbite	Inclinaison de l'orbite (degrés) ⁽¹⁾	Révolution sidérale (jours)	Diamètre (km)	Magnitude
TERRE							
Lune		383,398	0,0555	18,2 à 28,6	27,3217	3475	-12,7
MARS							
Phobos		9,38	0,0152	1,1	0,319	27/22/18	11,6
Deimos		23,46	0,0002	0,9 à 2,7	1,263	15/12/10	12,7
JUPITER							
Anneaux		122 à 129					
Métis	XVI	128	≤ 0,005	0,06	0,295	43	17,5
Adrastéïa	XV	129	≤ 0,005	≤ 0,1	0,298	20/16/14	18,9
Amalthée	V	181	0,003	0,36	0,498	250/146/128	14,1
Thébé	XIV	222	0,018	1,07	0,676	116/98/84	15,7
Io	I	422	0,004	0,036	1,771	3643	5,0
Europe	II	671	0,009	0,466	3,551	3124	5,3
Ganymède	III	1070	0,002	0,177	7,154	5265	4,6
Callisto	IV	1883	0,007	0,192	16,689	4818	5,7
Thémisto	XVIII	7398	0,206	45,38 ⁽²⁾	130	8	12,9 ⁽⁵⁾
Léda	XIII	11147	0,163	26,1 ⁽²⁾	240	10	20,0
Himalia	VI	11442	0,160	28,2 ⁽²⁾	250	170	14,8
Lysithéa	X	11702	0,118	37,3 ⁽²⁾	259	24	18,4
Elara	VII	11716	0,214	24,1 ⁽²⁾	259	80	16,8
Dia	LI	12623	0,22	28,55 ⁽²⁾	290	4	16,1
Carpo	XLVI	17056	0,30	55,2 ⁽³⁾	455	3,4	15,6 ⁽⁵⁾
Euporia	XXXIV	19456	0,13	145,7 ⁽³⁾	554	2,5	16,4 ⁽⁵⁾
S/2003 J18	LV	20220	0,10	146,4 ⁽³⁾	587		16,5 ⁽⁵⁾
Jocaste	XXIV	20424	0,39	150,4 ⁽³⁾	596	5,2	14,5 ⁽⁵⁾
S/2016 J1	LIV	20595	0,14	139,8 ⁽³⁾	604		16,8 ⁽⁵⁾
Thyoné	XXIX	20770	0,28	148,3 ⁽³⁾	612	3	15,7 ⁽⁵⁾
Mnémé	XL	20823	0,22	148,5 ⁽³⁾	614	2,5	16,3 ⁽⁵⁾
Harpalycé	XXII	20836	0,17	147,3 ⁽³⁾	614	4,3	15,2 ⁽⁵⁾
Hélicé	XLV	20923	0,16	156,1 ⁽³⁾	618	1,2	15,8 ⁽⁵⁾
Euanthé	XXXIII	20983	0,14	146,0 ⁽³⁾	621	2,5	16,3 ⁽⁵⁾

(1) Sauf indication contraire, inclinaison sur l'équateur de la planète. (2) Équateur céleste J2000.

(3) Écliptique J2000, et en général éléments osculateurs. (5) Magnitude absolue *H*.

Données relatives aux satellites des planètes et de Pluton
(suite)

Nom	N°	Demi-grand axe de l'orbite (10 ³ km)	Excentricité de l'orbite	Inclinaison de l'orbite (degrés) ⁽¹⁾	Révolution sidérale (jours)	Diamètre (km)	Magnitude
JUPITER (suite)							
Hermippé	XXX	21 048	0,25	149,8 ⁽³⁾	624	4	15,4 ⁽⁵⁾
Ananké	XII	21 078	0,268	147,6 ⁽²⁾	625	20	18,9
Praxidicé	XXVII	21 098	0,10	146,8 ⁽³⁾	625	6,8	14,8 ⁽⁵⁾
S/2003 J3	LX	21 143	0,25	148 ⁽³⁾	628		16,6 ⁽⁵⁾
S/2010 J2	LII	21 195	0,23	148,3 ⁽³⁾	630		17,3 ⁽⁵⁾
Orthosia	XXXV	21 263	0,24	142,0 ⁽³⁾	633	2	16,6 ⁽⁵⁾
Thelxinoé	XLII	21 317	0,24	151,0 ⁽³⁾	636	2	16,3 ⁽⁵⁾
Aetna	XXXI	22 274	0,31	164,3 ⁽³⁾	679	3	15,9 ⁽⁵⁾
Calé	XXXVII	22 301	0,33	164,8 ⁽³⁾	680	2	16,3 ⁽⁵⁾
Callichoré	XLIV	22 335	0,22	163,9 ⁽³⁾	682	1	16,8 ⁽⁵⁾
Taygète	XX	22 350	0,18	164,2 ⁽³⁾	683	5	15,4 ⁽⁵⁾
Chaldéné	XXI	22 452	0,27	166,6 ⁽³⁾	687	3,8	15,7 ⁽⁵⁾
Calycé	XXIII	22 623	0,38	165,1 ⁽³⁾	695	5	15,3 ⁽⁵⁾
S/2003 J15	LVIII	22 759	0,19	143,6 ⁽³⁾	701		16,7 ⁽⁵⁾
S/2010 J1	LI	22 892	0,27	165,7 ⁽³⁾	708		16,4 ⁽⁵⁾
Hersé	L	23 035	0,20	164,2 ⁽³⁾	714	2	16,5 ⁽⁵⁾
Carmé	XI	23 280	0,273	165,5 ⁽²⁾	726	30	18,0
S/2011 J2	LVI	23 401	0,33	148,8 ⁽³⁾	731		16,7 ⁽⁵⁾
Mégaclyté	XIX	23 464	0,60	151,8 ⁽³⁾	734	5,4	15,0 ⁽⁵⁾
Callirrhé	XVII	23 498	0,21	143,5 ⁽³⁾	768	8	14,0 ⁽⁵⁾
Cylléné	XLVIII	23 545	0,41	141,0 ⁽³⁾	738	2,5	16,2 ⁽⁵⁾
Pasiphaé	VIII	23 624	0,426	146,7 ⁽²⁾	749	36	17,0
S/2003 J5	LVII	23 668	0,22	163,1 ⁽²⁾	744		15,8 ⁽⁵⁾
Arché	XLIII	23 712	0,15	164,6 ⁽³⁾	746	3,5	16,2 ⁽⁵⁾
Pasithée	XXXVIII	23 780	0,28	165,6 ⁽³⁾	749	1,8	16,8 ⁽⁵⁾
Sinopé	IX	23 731	0,276	155,9 ⁽²⁾	753	28	18,3
Isonoé	XXVI	23 795	0,30	165,9 ⁽³⁾	750	3,8	15,9 ⁽⁵⁾
Eurydomé	XXXII	23 831	0,33	150,4 ⁽³⁾	752	2,5	16,2 ⁽⁵⁾
Aoidé	XLI	24 010	0,52	160,7 ⁽³⁾	760	1,3	15,7 ⁽⁵⁾
Érinomé	XXV	24 062	0,19	163,0 ⁽³⁾	763	3,2	16,0 ⁽⁵⁾
Spondé	XXXVI	24 356	0,48	155,1 ⁽³⁾	777	2	16,7 ⁽⁵⁾
Autonoé	XXVIII	24 413	0,46	152,1 ⁽³⁾	779	4	15,4 ⁽⁵⁾

(1) Sauf indication contraire, inclinaison sur l'équateur de la planète. (2) Équateur céleste J2000.

(3) Écliptique J2000, et en général éléments osculateurs. (5) Magnitude absolue *H*.

Données relatives aux satellites des planètes et de Pluton
(suite)

Nom	N°	Demi-grand axe de l'orbite (10 ³ km)	Excentricité de l'orbite	Inclinaison de l'orbite (1) (degrés)	Révolution sidérale (jours)	Diamètre (km)	Magnitude
JUPITER (suite et fin)							
S/2017 J1	LIX	24 441	0,31	148,2 (3)	781		16,6 (5)
Hégémoné	XXXIX	24 448	0,26	152,6 (3)	781	3	15,9 (5)
Eukéladé	XLVII	24 491	0,35	163,4 (3)	783	2,5	15,8 (5)
Coré	XLIX	24 974	0,22	140,9 (3)	806		16,7 (5)
S/2003 J2		30 291	0,19	153,52 (3)	1 077		16,6 (5)
S/2003 J4		23 571	0,30	147,2 (3)	739		16,6 (5)
S/2003 J9		23 858	0,28	165 (3)	753		16,9 (5)
S/2003 J10		22 731	0,34	163,8 (3)	700		16,7 (5)
S/2003 J12		17 740	0,44	142,7 (3)	483		17,0 (5)
S/2003 J16		20 744	0,32	151 (3)	610		16,3 (5)
S/2003 J19		22 697	0,26	166,7 (3)	699		16,6 (5)
S/2003 J23		22 740	0,39	148,8 (3)	700		16,7 (5)
S/2011 J1		22 402	0,23	163,3 (3)	685		16,7 (5)
S/2016 J2		18 928	0,22	34,0 (3)	532		16,9 (5)
S/2017 J2		23 241	0,24	166,4 (3)	724		16,4 (5)
S/2017 J3		20 640	0,15	147,9 (3)	606		16,5 (5)
S/2017 J4		11 495	0,18	28,2 (3)	252		16,2 (5)
S/2017 J5		23 170	0,28	164,3 (3)	720		16,5 (5)
S/2017 J6		22 395	0,56	155,2 (3)	685		16,4 (5)
S/2017 J7		20 572	0,21	143,4 (3)	603		16,6 (5)
S/2017 J8		23 174	0,31	164,8 (3)	721		17,0 (5)
S/2017 J9		21 430	0,23	152,7 (3)	641		16,1 (5)
S/2018 J1		11 454	0,09	30,6 (3)	250		15,9 (5)
SATURNE							
Anneaux (C, B, A)		74,5 à 136,8	0,000	0	0,24 à 0,60		
Pan	XVIII	134	0,000	0,0	0,575	20	
Daphnis	XXXV	137	0,000	0,0	0,594	7	
Atlas	XV	138	0,002	0,3	0,602	37/35/27	18
Prométhée	XVI	139	0,002	0,0	0,613	148/100/68	15
Pandore	XVII	142	0,004	0,0	0,629	110/88/62	15,5
Épiméthée	XI	151	0,009	0,3	0,694	138/110/110	15

(1) Sauf indication contraire, inclinaison sur l'équateur de la planète. (3) Écliptique J2000, et en général éléments osculateurs. (5) Magnitude absolue *H*.

Données relatives aux satellites des planètes et de Pluton
(suite)

Nom	N°	Demi-grand axe de l'orbite (10 ³ km)	Excentricité de l'orbite	Inclinaison de l'orbite (1) (degrés)	Révolution sidérale (jours)	Diamètre (km)	Magnitude
SATURNE (suite)							
Janus	X	151	0,007	0,1	0,695	194/190/154	14
Aegaeon	LIII	168	0,0002	0,001	0,808	0,25	27
Mimas	I	186	0,0194	1,6	0,942	418/392/383	12,9
Méthonné	XXXII	194	0,00	0,0	1,01	3	25
Anthé	XLIX	198	0,001	0,1	1,04	1	26
Palléné	XXXIII	211	0,00	0,0	1,14	4	25
Encelade	II	238	0,0050	0,03	1,37	513/495/489	11,7
Téthys	III	295	0,0002	1,1	1,888	1 060	10,3
Télésto	XIII	295	0,00	1,158	1,888	30/25/15	18
Calypso	XIV	295	0,00	1,473	1,888	30/16/16	18,5
Polydeuces	XXXIV	377	0,00	0	2,74	4	
Hélène	XII	377	0,005	0,212	2,739	32	17
Dioné	IV	378	0,0023	0	2,737	1 120	10,4
Rhéa	V	527	0,0003	0,5	4,518	1 528	9,7
Titan	VI	1 222	0,0291	0,3	15,945	5 150	8,3
Hypériorion	VII	1 481	0,1035	0,64	21,277	360/280/225	14,2
Japet	VIII	3 562	0,0283	18,5	79,331	1 436	11,1
Kiviuq	XXIV	11 319	0,17	48,4 (3)	449	14	12,5 (5)
Ijiraq	XXII	11 359	0,36	49,2 (3)	453	10	13,2 (5)
Phœbé	IX	12 893	0,18	173,7 (3)	546	230/220/210	16,5 (5)
Paaliaq	XX	14 985	0,46	45,9 (3)	686	18	11,9 (5)
Skathi	XXVII	15 472	0,21	148,7 (3)	719	6	14,2 (5)
Albiorix	XXVI	16 496	0,45	37,4 (3)	792	21	11,4 (5)
Bebhionn	XXXVII	16 950	0,34	41,0 (3)	821	6	15,0 (5)
Skoll	XLVII	17 610	0,42	155,6 (3)	869	6	15,4 (5)
Erriapo	XXVIII	17 808	0,61	34,5 (3)	887	8	13,6 (5)
Tarqq	LII	17 911	0,11	49,9 (3)	894		14,8 (5)
Tarvos	XXI	17 977	0,61	34,9 (3)	900	12	12,8 (5)
Siarnaq	XXIX	18 201	0,38	48,5 (3)	917	35	10,6 (5)
Hyrrokkin	XLIV	18 217	0,36	153,3 (3)	914	8	14,3 (5)
Mundilfari	XXV	18 413	0,21	169,8 (3)	933	5	14,5 (5)
Greip	LI	18 654	0,32	172,85 (3)	951		15,4 (5)

(1) Sauf indication contraire, inclinaison sur l'équateur de la planète. (3) Écliptique J2000, et en général éléments osculateurs. (5) Magnitude absolue *H*.

Données relatives aux satellites des planètes et de Pluton
(suite)

Nom	N°	Demi-grand axe de l'orbite (10 ³ km)	Excentricité de l'orbite	Inclinaison de l'orbite (1) ⁽¹⁾ (degrés)	Révolution sidérale (jours)	Diamètre (km)	Magnitude
SATURNE (suite)							
Bergelmir	XXXVIII	18 750	0,18	156,9 ⁽³⁾	949		15,1 ⁽⁵⁾
Jarnsaxa	L	19 013	0,19	163,2 ⁽³⁾	979		15,6 ⁽⁵⁾
Narvi	XXXI	19 140	0,33	135,8 ⁽³⁾	990	6	14,5 ⁽⁵⁾
Suttungr	XXIII	19 186	0,14	174,7 ⁽³⁾	993	6	14,3 ⁽⁵⁾
Aegir	XXXVI	19 350	0,24	167,0 ⁽³⁾	1 026	6	15,5 ⁽⁵⁾
Bestla	XXXIX	19 650	0,80	147,4 ⁽³⁾	1 051	7	14,7 ⁽⁵⁾
Farbauti	XL	19 800	0,24	157,6 ⁽³⁾	1 077	5	15,8 ⁽⁵⁾
Hati	XLIII	19 950	0,29	162,7 ⁽³⁾	1 081	6	15,3 ⁽⁵⁾
Thrymr	XXX	19 958	0,57	174,9 ⁽³⁾	1 052	6	14,3 ⁽⁵⁾
Fenrir	XLI	22 200	0,14	163,0 ⁽³⁾	1 271	4	15,9 ⁽⁵⁾
Fornjot	XLII	22 200	0,21	168,0 ⁽³⁾	1 355	6	15,4 ⁽⁵⁾
Surtur	XLVIII	22 290	0,37	166,9 ⁽³⁾	1 231	6	15,8 ⁽⁵⁾
Kari	XLV	22 350	0,34	148,4 ⁽³⁾	1 245	7	14,8 ⁽⁵⁾
Loge	XLVI	23 190	0,14	166,5 ⁽³⁾	1 315	6	15,3 ⁽⁵⁾
Ymir	XIX	23 305	0,37	172,7 ⁽³⁾	1 329	15	12,3 ⁽⁵⁾
S/2004 S7		19 800	0,58	165,5 ⁽³⁾	1 103	6	15,2 ⁽⁵⁾
S/2004 S12		19 650	0,40	164,0 ⁽³⁾	1 048	5	15,7 ⁽⁵⁾
S/2004 S13		18 450	0,27	167,4 ⁽³⁾	906	6	15,6 ⁽⁵⁾
S/2004 S17		18 600	0,26	166,9 ⁽³⁾	986	4	16,0 ⁽⁵⁾
S/2004 S20		19 211	0,20	163,1	990	4	25,0
S/2004 S21		23 810	0,31	154,6	1 365	3	25,4
S/2004 S22		20 380	0,26	177,4	1 080	3	25,3
S/2004 S23		21 427	0,40	177,7	1 164	4	24,8
S/2004 S24		23 231	0,05	36,8	1 318	3	25,2
S/2004 S25		20 545	0,46	173,3	1 095	3	25,2
S/2004 S26		26 738	0,15	171,3	1 624	4	25,0
S/2004 S27		19 777	0,12	167,1	1 033	4	24,5
S/2004 S28		21 791	0,13	171,0	1 197	4	24,9
S/2004 S29		17 471	0,47	44,4	859	4	24,9
S/2004 S30		20 424	0,11	156,3	1 084	4	25,4
S/2004 S31		17 403	0,24	48,1	854	3	24,9
S/2004 S32		21 564	0,26	158,5	1 175	4	25,0

(1) Sauf indication contraire, inclinaison sur l'équateur de la planète. (3) Écliptique J2000, et en général éléments osculateurs. (5) Magnitude absolue *H*.

Données relatives aux satellites des planètes et de Pluton
(suite)

Nom	N°	Demi-grand axe de l'orbite (10 ³ km)	Excentricité de l'orbite	Inclinaison de l'orbite (degrés) ⁽¹⁾	Révolution sidérale (jours)	Diamètre (km)	Magnitude
SATURNE (suite et fin)							
S/2004 S33		23 765	0,42	161,5	1362	4	25,0
S/2004 S34		24 359	0,27	165,7	1413	3	25,3
S/2004 S35		21 953	0,18	176,4	1208	4	24,6
S/2004 S36		23 698	0,67	147,6	1354	3	25,3
S/2004 S37		16 003	0,51	164,0	753	4	25,1
S/2004 S38		23 006	0,38	155,0	1296	4	25,1
S/2004 S39		22 790	0,08	167,6	1278	2	25,5
S/2006 S1		18 981	0,13	154,2 ⁽³⁾	970	6	15,5 ⁽⁵⁾
S/2006 S3		21 132	0,47	150,8 ⁽³⁾	1 142	6	15,6 ⁽⁵⁾
S/2007 S2		16 560	0,22	176,7 ⁽³⁾	800	6	15,3 ⁽⁵⁾
S/2007 S3		16 560	0,13	177,0 ⁽³⁾	1 100	5	15,7 ⁽⁵⁾
S/2009 S1		117	0,00	0	0,5	0,3	
URANUS							
Anneaux		42 à 51	0	0			
Cordélia	VI	50	0,000 47	0,14	0,335	26	24,2
Ophélie	VII	54	0,001	0,09	0,376	30	23,9
Bianca	VIII	59	0,000 88	0,16	0,435	42	23,1
Cressida	XIX	62	0,000 23	0,04	0,464	62	22,3
Desdémone	X	63	0,000 23	0,16	0,474	54	22,5
Juliette	XI	64	0,000 59	0,06	0,493	84	21,7
Portia	XII	66	0,000 17	0,09	0,513	108	21,1
Rosalinde	XIII	70	0,000 09	0,28	0,558	54	22,5
Belinda	XIV	75	0,000 11	0,03	0,624	66	22,1
Cupidon	XXXVII	75			0,618		
Perdita	XXV	76			0,638	20	
Puck	XV	86	0,000 05	0,31	0,762	154	20,4
Mab	XXVI	98			0,923		
Miranda	V	130	0,0013	4,34	1,413	481/468/466	16,5
Ariel	I	191	0,0012	0,04	2,520	1 158	14,4
Umbriel	II	266	0,0040	0,13	4,144	1 169	15,3
Titania	III	436	0,0014	0,08	8,706	1 578	13,9

(1) Sauf indication contraire, inclinaison sur l'équateur de la planète. (3) Écliptique J2000, et en général éléments osculateurs. (5) Magnitude absolue *H*.

Données relatives aux satellites des planètes et de Pluton
(suite et fin)

Nom	N°	Demi-grand axe de l'orbite (10 ³ km)	Excentricité de l'orbite	Inclinaison de l'orbite (1) ⁽¹⁾ (degrés)	Révolution sidérale (jours)	Diamètre (km)	Magnitude
URANUS (suite et fin)							
Obéron	IV	584	0,0016	0,07	13,463	1 523	14,2
Francisco	XXII	4 276	0,15	145,2 ⁽³⁾	267	22	12,9 ⁽⁵⁾
Caliban	XVI	7 170	0,16	139,8 ⁽³⁾	580	60	9,0 ⁽⁵⁾
Stéphano	XX	7 942	0,23	141,5 ⁽³⁾	676	32	11,6 ⁽⁵⁾
Trinculo	XXI	9 571	0,22	166,3 ⁽³⁾	760	18	12,7 ⁽⁵⁾
Sycorax	XVII	12 216	0,52	152,7 ⁽³⁾	1 289	150	7,1 ⁽⁵⁾
Marguerite	XXIII	14 345	0,66	56,6 ⁽³⁾	1 695	20	12,7 ⁽⁵⁾
Prospéro	XVIII	16 089	0,45	146,3 ⁽³⁾	1 948	50	10,5 ⁽⁵⁾
Sétébos	XIX	17 988	0,59	148,3 ⁽³⁾	2 303	47	10,7 ⁽⁵⁾
Ferdinand	XXIV	20 901	0,37	169,8 ⁽³⁾	2 823	21	12,5 ⁽⁵⁾
NEPTUNE							
Anneaux		55,1 à 62,9					
Naiade	III	48,2	0,000 33	4,74 ⁽⁴⁾	0,294	58	24,7
Thalassa	IV	50,1	0,000 16	0,21 ⁽⁴⁾	0,311	80	23,8
Despina	V	52,5	0,000 14	0,07 ⁽⁴⁾	0,335	148	22,6
Galatée	VI	62,0	0,000 12	0,05 ⁽⁴⁾	0,429	158	22,3
Larissa	VII	73,5	0,001 39	0,20 ⁽⁴⁾	0,555	208/192/178	22,0
Hippocampe	XIV	105,3	0,000	0,00 ⁽⁴⁾	0,950	18	26,5
Protée	VIII	117,6	0,000 44	0,04 ⁽⁴⁾	1,122	436/416/402	20,3
Triton	I	355	0,000 02	156,3	5,877	2 705	13,7
Néréide	II	5 513	0,751	6,68	360,135	340	18,7
Halimède	IX	15 728	0,57	111,8	1 881	61	9,8 ⁽⁵⁾
Sao	XI	22 422	0,29	52,7	2 915	40	11,0 ⁽⁵⁾
Laomédie	XII	23 571	0,42	39,6	3 167	40	10,7 ⁽⁵⁾
Psamathée	X	46 695	0,45	124,2	9 116	38	10,8 ⁽⁵⁾
Néso	XIII	48 387	0,50	139,3	9 737	60	10,4 ⁽⁵⁾
PLUTON							
Charon	I	19,6	0,0002	96,56 ⁽²⁾	6,387	1 186	16,8
Styx	II	42,4	0,0006		20,16	20	23,4
Nix	III	48,7	0,0000		24,85	70	23,0
Kerbéros	IV	57,7	0,0000		32,17	25	27,0
Hydra	V	64,7	0,0056		38,2	90	26,1

(1) Sauf indication contraire, inclinaison sur l'équateur de la planète. (2) Équateur céleste J2000. (3) Écliptique J2000, et en général éléments osculateurs. (4) Plan de Laplace du satellite. (5) Magnitude absolue *H*.

Chapitre troisième

L'EMPLOI DES ÉPHÉMÉRIDES DE POSITION

Ce chapitre donne des explications et des exemples relatifs à l'emploi des éphémérides des chapitres quatrième, cinquième, sixième, septième et neuvième.

1. INTERPOLATION DES TABLES

Une *éphéméride* est une table qui fournit, pour des dates particulières en principe équidistantes, les valeurs d'une ou de plusieurs fonctions qui décrivent l'évolution des positions des astres concernés, ou d'autres grandeurs relatives à ces astres. L'*interpolation* est la technique de calcul qui permet d'évaluer les valeurs de ces fonctions pour des dates intermédiaires autres que celles qui figurent dans l'éphéméride.

Le cas le plus simple est celui où la fonction considérée varie assez lentement, ou est donnée avec assez peu de précision pour qu'aucun calcul ne soit nécessaire. On se contente alors d'une *interpolation à vue* (par exemple, magnitude de la planète Jupiter : aucun calcul n'est nécessaire, quand on examine l'éphéméride du chapitre 4, pour estimer que sa valeur est $-2,2$ le 21 janvier 2023).

Plus souvent, on devra employer l'*interpolation linéaire* et procéder comme suit. Soit :

- t , l'instant pour lequel on veut calculer la fonction f ;
- t_1 , l'instant immédiatement inférieur ou égal à t et figurant dans l'éphéméride, la valeur correspondante de f étant f_1 ;
- t_2 , l'instant immédiatement supérieur à t et figurant dans l'éphéméride, la valeur correspondante de f étant f_2 .

Alors, on calculera f par la formule :

$$f = f_1 + n\Delta_1^1$$

où :

$$n = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \quad \text{et} \quad \Delta_1^1 = f_2 - f_1$$

s'appellent respectivement *facteur d'interpolation* et *différence première*.

Dans certains cas, l'interpolation linéaire fournit un résultat trop imprécis. Pour s'en rendre compte, on forme le tableau suivant :

t_0	f_0			
		Δ_0^1		
t_1	f_1		Δ_0^2	
		Δ_1^1		Δ_0^3
t_2	f_2		Δ_1^2	
		Δ_2^1		
t_3	f_3			
...	...			

où $t_0, t_1, t_2, t_3, \text{etc.}$ sont des instants qui figurent dans l'éphéméride, et $f_0, f_1, f_2, f_3, \text{etc.}$, les valeurs correspondantes de la fonction f données par cette éphéméride. Les quantités :

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

s'appellent respectivement *différences premières*, *différences secondes*, *différences troisièmes*, etc. L'interpolation linéaire est suffisante si les différences secondes sont inférieures à 4 unités du dernier ordre envisagé. Sinon (et à condition que les différences troisièmes n'excèdent pas 62 unités du dernier ordre envisagé, ce qui sera toujours le cas dans cet ouvrage), on emploie la *formule de Bessel* :

$$f = f_1 + n\Delta_1^1 - n(1-n)(\Delta_0^2 + \Delta_1^2)$$

où n est le même facteur d'interpolation que plus haut, et, compte tenu des expressions ci-dessus :

$$\Delta_0^2 + \Delta_1^2 = \Delta_2^1 - \Delta_0^1$$

On trouvera dans la suite divers exemples d'interpolation linéaire et d'interpolation par la formule de Bessel.

2. TEMPS SIDÉRAL ET ANGLE DE ROTATION DE LA TERRE

La plupart des applications qui utilisent des éphémérides de position des astres, pour une observation réalisée en un lieu donné de longitude λ comptée *positivement vers l'est*¹ et de latitude φ , suppose que l'on sache résoudre l'un des problèmes suivants :

- a) à une date donnée et pour un instant donné t (que l'on supposera ici exprimé en UT, ou que l'on convertira préalablement dans cette échelle), quel est le Temps sidéral local T (ou bien l'angle de rotation de la Terre local, ERA + λ , si l'on utilise l'origine CIO sur l'équateur) ?
- b) à une date donnée, à quel instant t (en UT) le Temps sidéral local (ou bien l'angle de rotation de la Terre local) prend-il une valeur donnée T (ou ERA _{λ}) ?

Notons d'abord que le Temps sidéral est un angle défini à 24 h près et que tout résultat extérieur à l'intervalle [0 h, 24 h[devra y être systématiquement ramené par addition ou soustraction d'un multiple convenable de 24 h. De même, l'angle de rotation de la Terre étant défini à 360° près, tout résultat extérieur à l'intervalle [0°, 360°] devra être systématiquement ramené par addition ou soustraction d'un multiple convenable de 360°.

2.1. Temps sidéral de Greenwich et angle de rotation de la Terre à 0 h UT²

Dans les deux problèmes cités, cette donnée est la première à déterminer. Elle s'obtient sans calcul, car elle est fournie dans l'éphéméride des positions du Soleil pour chaque jour de l'année. On l'appellera T_0 ou ERA₀.

2.2. Temps sidéral de Greenwich et angle de rotation de la Terre à un instant quelconque

Soit t l'instant de la journée (en UT) pour lequel on veut connaître le Temps sidéral T_1 de Greenwich (ou l'angle de rotation de la Terre ERA₁). On convertira l'intervalle de Temps universel t en un intervalle de Temps sidéral équivalent T_t au moyen de la formule de conversion du Temps universel en Temps sidéral (ou bien de Temps universel en angle de rotation de la Terre) qui se trouve dans le chapitre précédent. Alors :

$$\begin{aligned} T_1 &= T_0 + T_t \text{ (à 24 h près)} & \text{ERA}_1 &= \text{ERA} + \text{dERA}(t) \\ &= T_0 + 1,002\,737\,9 t & &= \text{ERA} + 360^\circ \times 1,002\,737\,8 t \end{aligned}$$

1. Souvent, les longitudes seront connues par leur valeur en degrés et fractions sexagésimales ou centésimales de degré. Il conviendra ici de toujours les convertir en heures et fractions sexagésimales d'heure. Ainsi, si l'on sait que la longitude de Paris est 2°20'14"E, on posera pour ce lieu : $\lambda = 0 \text{ h } 9 \text{ min } 21 \text{ s}$. Rappelons que :

$$1^\circ = 4 \text{ min} \quad 1' = 4 \text{ s} \quad 1'' = 0,067 \text{ s}$$

2. La notation abrégée UT (au lieu d'UTC) sera admise.

2.3. Temps sidéral et angle de rotation de la Terre local en un lieu et à un instant quelconques

Soit T ce Temps sidéral et ERA_λ l'angle local de rotation de la Terre. On a :

$$T = T_1 + \lambda = T_0 + T_t + \lambda \text{ (à 24 h près)}$$

$$ERA_\lambda = ERA + \lambda + dERA(t) \text{ (à } 360^\circ \text{ près)}$$

On prêtera attention au signe de λ (la longitude est comptée positivement vers l'est). On observera que ce résultat est indépendant de la latitude φ . Ceci résout le premier problème envisagé. Les exemples de calculs ci-dessous qui utilisent le Temps sidéral peuvent aisément être convertis pour utiliser l'ERA.

EXEMPLE 1

Déterminer le Temps sidéral local le 30 mars 2023 à 18 h 04 min 19 s (UT) à Paris ($\lambda = 9$ min 21 s). Nous trouvons, dans le chapitre 4, après interpolation linéaire, le Temps sidéral de Greenwich à 0 h UT :

$$T_0 = 12 \text{ h } 28 \text{ min } 30 \text{ s}$$

Les formules de conversion du Temps moyen en Temps sidéral indiquent que 18 h 04 min 19 s de Temps moyen correspondent à 18 h 07 min 17 s de Temps sidéral. D'où :

$$\begin{aligned} T_1 &= T_0 + T_t = 12 \text{ h } 28 \text{ min } 30 \text{ s} + 18 \text{ h } 07 \text{ min } 17 \text{ s} \\ &= 30 \text{ h } 35 \text{ min } 47 \text{ s} \end{aligned}$$

et :

$$\begin{aligned} T &= T_1 + \lambda = 30 \text{ h } 35 \text{ min } 47 \text{ s} + 9 \text{ min } 21 \text{ s} \\ &= 30 \text{ h } 45 \text{ min } 08 \text{ s à un multiple de 24 h près} \end{aligned}$$

d'où :

$$T = 6 \text{ h } 45 \text{ min } 08 \text{ s}$$

2.4. Problème inverse

Pour une date donnée, on veut savoir à quel instant t (en UT) le Temps sidéral local (ou bien l'angle de rotation de la Terre local) d'un lieu de longitude λ est égal à une valeur donnée T (ou bien ERA_λ). On calculera d'abord la valeur correspondante T_1 (ou bien ERA_1) pour Greenwich :

$$T_1 = T - \lambda ; ERA_1 = ERA_\lambda - \lambda$$

puis on cherchera dans l'éphéméride des positions du Soleil (de l'angle de rotation de la Terre) la valeur de T_0 (ERA_0) à la date envisagée, d'où :

$$T_t = T_1 - T_0 = T - \lambda - T_0 \text{ (à 24 h près)}$$

$$ERA_t = ERA_1 - ERA_0 = ERA_\lambda - \lambda - ERA_0$$

En convertissant cet intervalle de Temps sidéral (ou angle de rotation de la Terre) en un intervalle de Temps universel à l'aide de la formule de conversion (*voir* la sous-section « **3.2. Conversion entre mesures de durée et mesure d'angle de rotation de la Terre** ») du chapitre précédent (à ne pas confondre avec celle utilisée plus haut), on obtient l'instant t cherché.

EXEMPLE 2

À quel instant t (en UT), le 30 mars 2023, le Temps sidéral à Paris ($\lambda = 9 \text{ min } 21 \text{ s}$) est-il égal à 6 h 45 min 08 s (ascension droite de Sirius pour 2023)?

C'est le cas inverse de l'exemple précédent, on a :

$$\begin{aligned} T &= 6 \text{ h } 45 \text{ min } 08 \text{ s} \\ \lambda &= 9 \text{ min } 21 \text{ s} \end{aligned}$$

et :

$$T_0 = 12 \text{ h } 28 \text{ min } 30 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} \text{D'où}^1 : \quad T_t &= T - \lambda - T_0 \\ &= [(6 \text{ h } 45 \text{ min } 08 \text{ s} - 9 \text{ min } 21 \text{ s}) + 24 \text{ h}] - 12 \text{ h } 28 \text{ min } 30 \text{ s} \\ T_t &= 18 \text{ h } 07 \text{ min } 17 \text{ s} \end{aligned}$$

Et la formule de conversion du Temps sidéral en Temps moyen nous indique que 18 h 07 min 17 s de Temps sidéral correspondent à 18 h 04 min 19 s de Temps moyen, d'où :

$$t = 18 \text{ h } 04 \text{ min } 19 \text{ s (UT)}$$

3. PASSAGE D'UN ASTRE AU MÉRIDIEN D'UN LIEU

Soit un lieu défini par ses coordonnées astronomiques (λ, φ) et un astre de coordonnées équatoriales (α, δ). Cet astre passe au méridien (supérieur) du lieu chaque fois que le Temps sidéral local T (qui dépend de λ) est égal à l'ascension droite α . Le calcul des instants auxquels se produit ce phénomène ne dépend donc que de α et λ , mais non de δ et φ . L'utilisation de l'ascension droite intermédiaire à la place de l'ascension droite rapportée à l'équinoxe exige d'utiliser l'angle ERA à la place de T .

3.1. Cas d'une étoile

Le calcul de l'instant du passage au méridien d'une étoile d'ascension droite connue est particulièrement simple. Cette ascension droite varie en effet assez lentement pour qu'on puisse la considérer comme connue *a priori* à l'instant inconnu du phénomène. Il s'agit donc simplement de déterminer l'heure à laquelle on a :

$$T = \alpha$$

1. On rajoute 24 h pour une valeur de $T_t < 0$, et si elle est faible (entre 0 et 4 min), il peut y avoir un second passage.

C'est ce qui vient d'être expliqué dans le paragraphe précédent. Ainsi l'exemple donné peut-il être interprété comme le calcul de l'instant du passage au méridien de Paris de l'étoile Sirius, dont l'ascension droite est donnée dans le chapitre relatif aux étoiles à la date indiquée.

3.2. Cas d'un astre mobile

La situation est ici plus délicate, car on ne connaît pas la valeur de α à l'instant inconnu du phénomène. Les éphémérides du Soleil, de la Lune et des planètes ne donnent cette valeur que pour des instants arbitrairement choisis pour la commodité de la présentation des tableaux.

Si une précision médiocre est considérée comme suffisante, on peut faire le calcul comme dans le cas d'une étoile en attribuant à α la valeur qui correspond à un instant voisin de l'instant cherché. L'erreur commise sera voisine de la variation de α entre l'instant qui figure dans l'éphéméride de position et l'instant cherché.

Remarque – Si l'on ne souhaite pas une grande précision et si, comme c'est souvent le cas, on connaît l'instant t_0 (UT) du passage de l'astre au méridien de Paris, on peut utiliser la formule simplifiée :

$$t = t_0 - \lambda_p - \frac{\lambda_p^b}{24} \times \Delta t$$

où Δt est la variation journalière de l'heure du passage de l'astre au méridien de Paris, λ_p est la longitude par rapport au méridien de Paris et λ_p^b la valeur de λ_p en heures. Rappelons que $\lambda_p = \lambda - 9 \text{ min } 21 \text{ s}$.

EXEMPLE 3

Calculer l'heure (en UT) du passage de la Lune au méridien de São Paulo ($\lambda = -3 \text{ h } 06 \text{ min } 29 \text{ s}$; $\varphi = -23^\circ 39' 7''$), le 13 février 2023.

Nous nous contenterons de la valeur approchée de α :

$$\alpha' = \alpha_{13} = 14 \text{ h } 52 \text{ min } 32 \text{ s}$$

donnée pour le 13 février 2023 à 0 h UT par l'éphéméride de la Lune dans le chapitre 4.

En reprenant le calcul de l'instant t' pour lequel le Temps sidéral local (à São Paulo) est égal à α' , on a, comme dans le paragraphe précédent :

$$\begin{array}{r} T = 14 \text{ h } 52 \text{ min } 32 \text{ s} \\ - \lambda = 3 \text{ h } 06 \text{ min } 29 \text{ s} \\ \hline T - \lambda = 17 \text{ h } 59 \text{ min } 01 \text{ s} \end{array}$$

et :

$$T_{t'} = (T - \lambda) - T_0$$

T_0 étant le Temps sidéral de Greenwich à 0 h UT le 13 février 2023, sa valeur nous est donnée par interpolation linéaire de l'éphéméride du Soleil du chapitre 4 :

$$T_0 = 9 \text{ h } 31 \text{ min } 05 \text{ s}$$

d'où :

$$T_{t'} = 17 \text{ h } 59 \text{ min } 01 \text{ s} - 9 \text{ h } 31 \text{ min } 05 \text{ s} = 8 \text{ h } 27 \text{ min } 56 \text{ s}$$

En utilisant la formule de conversion du Temps sidéral en Temps moyen, on obtient :

$$t' = 8 \text{ h } 26 \text{ min } 33 \text{ s (UT)}$$

La précision de ce résultat dépend largement de l'intervalle de temps qui sépare ce moment de l'instant T_0 pour lequel la valeur de l'ascension droite est utilisée pour faire le calcul. Elle est nulle quand cet intervalle est nul et elle peut atteindre l'équivalent de la variation journalière de l'ascension droite de la Lune ($\alpha_{14} - \alpha_{13}$) c'est-à-dire, pour cette date :

$$15 \text{ h } 45 \text{ min } 56 \text{ s} - 14 \text{ h } 52 \text{ min } 32 \text{ s} = 53 \text{ min } 24 \text{ s}$$

quand cet intervalle est égal à 24 h. Pour la valeur de t' de cet exemple, on peut s'attendre à une erreur de l'ordre de 18 minutes.

On peut par ailleurs vouloir obtenir un résultat d'une précision compatible avec celle de l'éphéméride de l'ascension droite. On réalisera alors le calcul de la valeur approchée t' qui vient d'être présenté, puis on évaluera par interpolation la valeur améliorée α de l'ascension droite à l'instant t' , et on refera le même calcul en utilisant cette fois cette valeur meilleure de α . Ce nouveau calcul porte le nom d'*itération* et, dans les cas difficiles, il peut arriver qu'une seconde itération soit nécessaire.

EXEMPLE 4

Il s'agit toujours de calculer l'heure (en UT) du passage de la Lune au méridien de São Paulo le 13 février 2023, en obtenant un résultat d'une précision compatible avec celle de l'éphéméride de l'ascension droite de la Lune.

Pour ce faire, appliquons à la fonction α la formule de Bessel donnée dans la section « **1. Interpolation des tables** » et effectuons une première itération :

$$\alpha = \alpha_{13} + n\Delta_2^1 - \frac{1}{4}n(1-n)(\Delta_0^2 + \Delta_1^2)$$

Les différentes valeurs nécessaires de α nous sont données dans le chapitre 4 « **Le Soleil, la Lune, les planètes et Pluton** » :

	Δ^1	Δ^2
$\alpha_{12} = 14 \text{ h } 03 \text{ min } 12 \text{ s}$		
	$\Delta_1^1 = + 49 \text{ min } 20 \text{ s}$	
$\alpha_{13} = 14 \text{ h } 52 \text{ min } 32 \text{ s}$		$\Delta_1^2 = + 4 \text{ min } 04 \text{ s}$
	$\Delta_2^1 = + 53 \text{ min } 24 \text{ s}$	
$\alpha_{14} = 15 \text{ h } 45 \text{ min } 56 \text{ s}$		$\Delta_2^2 = + 4 \text{ min } 40 \text{ s}$
	$\Delta_3^1 = + 58 \text{ min } 04 \text{ s}$	
$\alpha_{15} = 16 \text{ h } 44 \text{ min } 00 \text{ s}$		

Le facteur d'interpolation n est ici la valeur de t' trouvée précédemment, exprimée en jours :

$$n = 8 \text{ h } 44 \text{ min } 00 \text{ s} = 0,35177$$

$$\alpha = 14 \text{ h } 52 \text{ min } 32 \text{ s} + 0,35177 \times 53 \text{ min } 24 \text{ s} - \frac{1}{4} \times 0,35177 \times 0,64823 \times (8 \text{ min } 44 \text{ s})$$

On trouve finalement :

$$\alpha = 15 \text{ h } 10 \text{ min } 49 \text{ s}$$

On prendra donc cette valeur de α pour calculer le passage comme pour l'exemple précédent :

$$\begin{array}{r} T = 15 \text{ h } 10 \text{ min } 49 \text{ s} \\ - \lambda = 3 \text{ h } 06 \text{ min } 29 \text{ s} \\ \hline T - \lambda = 18 \text{ h } 17 \text{ min } 18 \text{ s} \end{array}$$

et :

$$T_t = (T - \lambda) - T_0$$

T_0 étant le Temps sidéral de Greenwich à 0 h UT le 13 février 2023, donné plus haut.

D'où :

$$T_t = 8 \text{ h } 46 \text{ min } 13 \text{ s}$$

et la formule de conversion du Temps sidéral en Temps moyen nous donne :

$$t = 8 \text{ h } 44 \text{ min } 47 \text{ s (UT)}$$

Une itération supplémentaire donnerait encore une meilleure précision ; l'erreur étant encore ici de l'ordre d'une demi-minute.

Remarque – Si l'on avait appliqué la formule simplifiée donnée plus haut, on aurait trouvé avec :

$$t_0 = 5 \text{ h } 22,8 \text{ min} \quad \text{et} \quad t_1 = 6 \text{ h } 15,2 \text{ min}$$

(instants du passage de la Lune au méridien de Paris les 13 et 14 février 2023, chapitre 4).

$$\begin{aligned} \lambda_p &= -3 \text{ h } 06 \text{ min } 29 \text{ s} - 9 \text{ min } 21 \text{ s} \\ &= -3 \text{ h } 15 \text{ min } 50 \text{ s} \\ &= -3 \text{ h } 15,8 \text{ min} \end{aligned}$$

$$\frac{\lambda_p^b}{24} = -0,136$$

et :

$$\Delta t = t_1 - t_0 = 52,4 \text{ min}$$

(Δt étant la variation journalière de l'heure du passage de la Lune au méridien de Paris).

D'où :

$$\begin{aligned} T &= 5 \text{ h } 22,8 \text{ min} + 3 \text{ h } 15,8 \text{ min} + 0,136 \times 52,4 \text{ min} \\ &= 8 \text{ h } 45,8 \text{ min}. \end{aligned}$$

4. LEVER ET COUCHER DES ASTRES

Pour calculer l'instant du lever ou du coucher d'un astre dont on suppose connues les coordonnées équatoriales approchées α et δ au moment du phénomène considéré, on calcule d'abord l'angle horaire H au moment du lever ou du coucher par la formule :

$$(1) \quad \cos H = \frac{\sin h_0 - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

où φ est la latitude du lieu et h_0 un angle petit qui sera défini plus loin. Le Temps sidéral approché du lever est alors :

$$(2a) \quad T = \alpha - H$$

et celui du coucher :

$$(2b) \quad T = \alpha + H$$

On calcule ensuite, à partir de T , l'instant du phénomène en Temps universel comme on l'a expliqué dans les paragraphes précédents.

Si l'astre se déplace rapidement sur la sphère céleste (c'est le cas pour le Soleil, certaines planètes et surtout la Lune), on calcule pour l'instant trouvé des coordonnées α et δ plus exactes en interpolant les tables et l'on recalcule H puis T , par les formules (1) et (2), d'où l'instant du phénomène en UT. Pour la Lune, on est quelquefois amené à effectuer une itération supplémentaire.

Quant à h_0 , son expression générale est la suivante :

$$h_0 = P - R - \frac{1}{2}d - \eta_1 + \eta_2$$

P est la parallaxe. On la néglige pour tous les astres sauf pour la Lune pour laquelle $P = 57'$.

R est la réfraction à l'horizon. Les tables du présent volume utilisent la théorie de la réfraction de Radau qui conduit à $R = 36,6'$, mais l'on pourra utiliser la valeur $R = 34'$ adoptée dans les *Éphémérides nautiques* publiées par le Bureau des longitudes et dans d'autres publications étrangères.

$(1/2)d$ est le demi-diamètre apparent de l'astre. On l'introduit dans la formule quand on calcule le lever et le coucher du bord supérieur du Soleil et de la Lune et non pas le lever et le coucher du centre de l'astre. On prend, aussi bien pour le Soleil que pour la Lune, $(1/2)d = 16'$.

Si l'observateur est à une altitude A au-dessus du niveau de la mer, on introduit dans h_0 l'angle η_1 donné par $\cos \eta_1 = a/(a + A)$, où a est le rayon de la Terre. On prend $a = 6\,378\,140$ mètres. On peut utiliser la formule approchée :

$$\eta_1 = 1'56'' \sqrt{A}$$

A étant exprimé en mètres. Si l'on cherche le lever ou le coucher d'un astre en un lieu dont l'horizon est limité par des collines ou des montagnes d'altitude D situées à la distance l de l'observateur, on ajoutera à h_0 l'angle η_2 tel que :

$$\tan \eta_2 = \frac{D}{l}$$

On ne cherchera pas à obtenir les instants du lever ou du coucher des astres avec une précision supérieure à une minute, la valeur exacte de la réfraction à l'horizon au moment du phénomène étant trop mal connue.

EXEMPLE 5

5.1. Coucher à Bordeaux de l'étoile Sirius le 20 avril 2023.

Les coordonnées moyennes de l'étoile pour 2023 sont (chapitre 10) :

$$\alpha = 6 \text{ h } 45 \text{ min } 08 \text{ s} \quad \delta = -16^{\circ}43'26''$$

En faisant les corrections de précession pour le 20 avril (données à la fin de ce chapitre), on trouve :

$$\alpha = 6 \text{ h } 45 \text{ min } 09 \text{ s} \quad \delta = -16^{\circ}43'27''$$

Ici : $P = 0$, $(1/2)d = 0$, $\eta_1 = 0$, $\eta_2 = 0$;

d'où : $h_0 = -R = -34'$

Les coordonnées de Bordeaux sont :

$$\lambda = -2 \text{ min } 07 \text{ s} \quad \varphi = +44^{\circ}50'7''$$

On déduit de la formule (1) :

$$\cos H = 0,28419 \quad \text{d'où} \quad H = 73,4896^{\circ} = 4 \text{ h } 53 \text{ min } 57 \text{ s}$$

Et le Temps sidéral du coucher est :

$$T = \alpha + H = 11 \text{ h } 39 \text{ min } 06 \text{ s}$$

Le Temps sidéral de Greenwich est donc :

$$T_1 = T - \lambda = 11 \text{ h } 41 \text{ min } 13 \text{ s}$$

Le Temps sidéral de Greenwich à 0h le 20 avril 2023 est $T_0 = 13 \text{ h } 51 \text{ min } 18 \text{ s}$ (chapitre 4 et interpolation si nécessaire).

D'où : $T_t = T_1 - T_0 = 21 \text{ h } 49 \text{ min } 55 \text{ s}$

En convertissant cet intervalle de Temps sidéral en un intervalle de Temps moyen, on trouve que Sirius se couche à Bordeaux le 20 avril 2023 à :

$$t = 21 \text{ h } 46 \text{ min } 21 \text{ s (UT)}$$

5.2. Coucher du bord supérieur du Soleil à Paris le 26 janvier 2023. On prendra $R = 34'$.

On a donc :
$$h_0 = -R - \frac{1}{2}d = -50'$$

Les coordonnées de l'Observatoire de Paris sont :

$$\lambda = 9 \text{ min } 21 \text{ s} \quad \varphi = 48^\circ 50' 11''$$

Les coordonnées exactes du Soleil à 0 h le 26 janvier 2023 sont :

$$\alpha = 20 \text{ h } 32 \text{ min } 28 \text{ s} \quad \delta = -18^\circ 50,1'$$

On en déduit par la formule (1) :

$$H = 68,4816^\circ = 4 \text{ h } 33 \text{ min } 56 \text{ s}$$

D'où le Temps sidéral du coucher :

$$T = \alpha + H = 25 \text{ h } 06 \text{ min } 24 \text{ s}$$

À Greenwich $T_1 = T - \lambda = 24 \text{ h } 57 \text{ min } 03 \text{ s}$.

Le 26 janvier 2023 à 0 h, le Temps sidéral de Greenwich est (chapitre 4) :

$$T_0 = 8 \text{ h } 20 \text{ min } 07 \text{ s}$$

D'où :

$$T_t = T_1 - T_0 = 16 \text{ h } 36 \text{ min } 56 \text{ s}$$

Ce qui, exprimé en Temps moyen, donne pour heure approchée du coucher :

$$t = 16 \text{ h } 34 \text{ min } 12 \text{ s (UT)}$$

Calculons, en interpolant la table de l'éphéméride, les coordonnées du Soleil à cet instant ; on trouve :

$$\alpha = 20 \text{ h } 35 \text{ min } 20 \text{ s} \quad \delta = -18^\circ 39,6'$$

En recommençant les calculs à l'aide de la formule (1), on trouve :

$$H = 68,7195^\circ = 4 \text{ h } 34 \text{ min } 53 \text{ s}$$

D'où finalement $T_t = 16 \text{ h } 40 \text{ min } 45 \text{ s}$.

Ce qui donne pour le coucher $t = 16 \text{ h } 38 \text{ min } 01 \text{ s (UT)}$. On peut s'assurer qu'une itération supplémentaire conduirait au même résultat que l'on considère donc comme définitif.

Or, on trouve par la table de l'éphéméride et interpolation linéaire que le coucher du Soleil est à $16 \text{ h } 36 \text{ min } 30 \text{ s (UT)}$. La différence est due à ce que, dans la table, on donne le coucher du centre et que, de plus, la réfraction à l'horizon a été prise égale à $36,6'$.

4.1. Instant approché du lever ou du coucher d'un astre

La formule suivante donne les différences des angles horaires au lever ou au coucher d'un astre de déclinaison δ , entre un lieu donné de latitude φ et Paris (latitude φ_0) :

$$\Delta H = \pm 5,2 \times \frac{\varphi - \varphi_0}{1 - 0,03(\varphi - \varphi_0)} \tan (1,8\delta + 44')$$

où $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$ est exprimé en degrés et ΔH en minutes d'heure ; le signe $-$ correspond au lever, le signe $+$ au coucher.

La formule est valable, à 0,5 minute près, pour δ compris entre -30° et $+30^\circ$. Elle permet le calcul, en Temps universel, du lever ou du coucher du Soleil, en un lieu de latitude φ comprise entre $+42^\circ$ et $+54^\circ$. Il suffit d'ajouter au Temps universel du lever ou du coucher à Paris une correction égale à $L + \Delta H$, L étant la longitude du lieu par rapport au méridien de Paris (comptée de 0 h à 12 h, positivement vers l'ouest).

Pour la Lune¹, cette correction doit être multipliée par la valeur du jour lunaire pour la date considérée, rapportée au jour moyen. Le même mode de calcul s'applique aux planètes et aux étoiles ; la correction $L + \Delta H$ doit être multipliée par la valeur du jour défini par l'intervalle de deux passages consécutifs de l'astre au méridien, rapportée au jour moyen.

En ce qui concerne le Soleil, on trouve, à la page suivante, un graphique qui donne les valeurs de ΔH pour toutes les latitudes comprises entre $+42^\circ$ et $+54^\circ$, en fonction de la date.

4.2. Azimut d'un astre à son lever et à son coucher

L'azimut a d'un astre de déclinaison δ à son coucher en un lieu de latitude φ (α et λ ne jouent ici aucun rôle) est donné par :

$$\cos h_0 \cos a = \sin h_0 \tan \varphi - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

L'azimut au lever est l'opposé de l'azimut au coucher.

EXEMPLE 6

Déterminons l'azimut du Soleil à Paris le 26 janvier 2023 à son coucher.

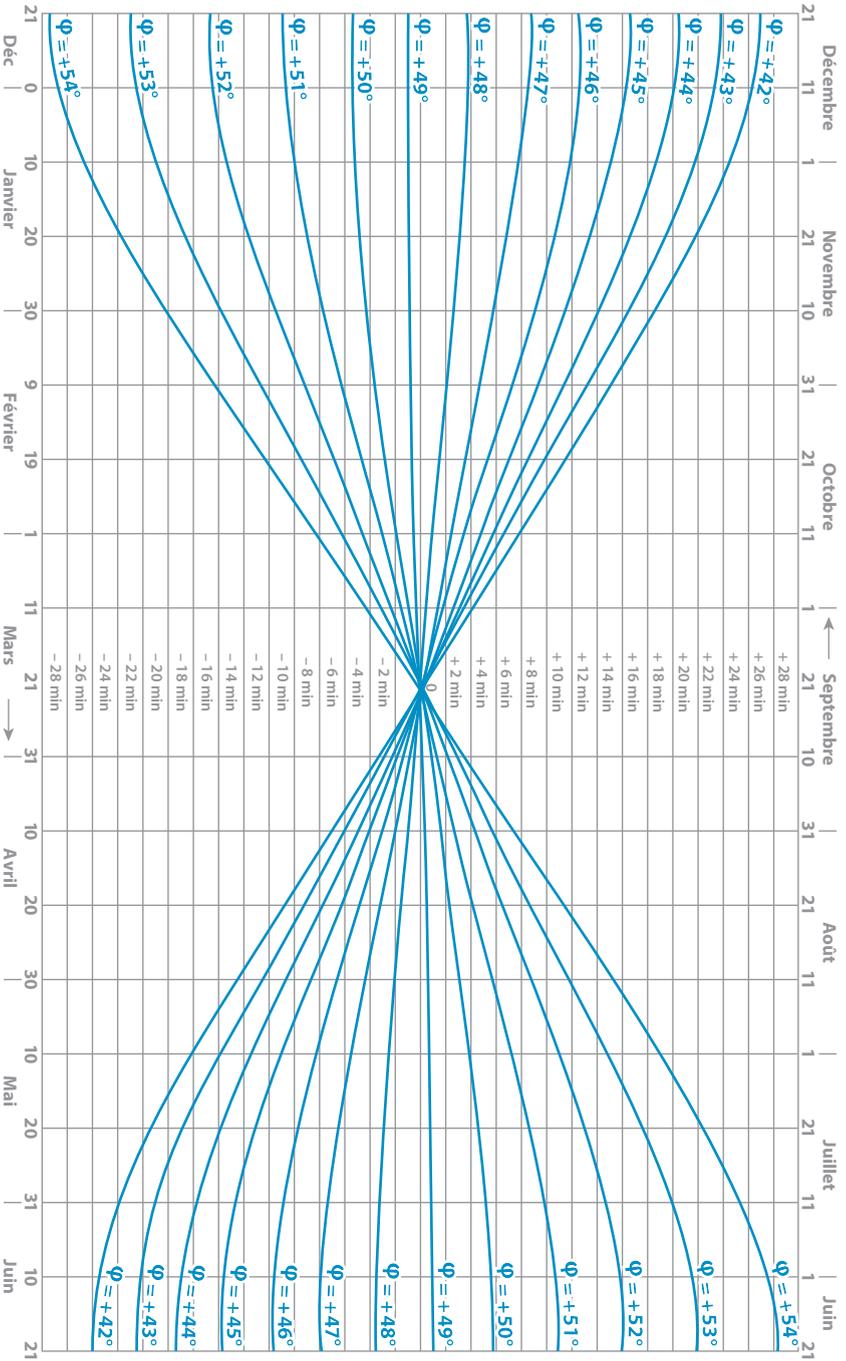
On a :

$$\cos h_0 \cos a = \sin h_0 \tan \varphi - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

$$\cos a = 0,4695 \text{ et } a \simeq 62,0^\circ$$

(a entre 180° et 360° pour un lever, entre 0° et 180° pour un coucher).

1. Pour la France métropolitaine, la déclinaison de la Lune peut être choisie égale à celle qui correspond au lever ou au coucher à Paris.



ΔH pour les couchers du Soleil en fonction de la latitude φ (pour les levers, changer de signe)

5. ÉCLAIREMENT DE LA TERRE PAR LE SOLEIL

5.1. Durée du jour

On appelle *jour*¹ l'intervalle de temps qui sépare le lever et le coucher du centre du Soleil en un lieu.

Le jour maximal a lieu au solstice d'été ; le jour minimal a lieu au solstice d'hiver.

Le tableau suivant donne les durées maximale et minimale du jour à différentes latitudes.

Latitude	Jour maximal		Jour minimal		Latitude	Jour maximal		Jour minimal		
°	h	min	h	min	°	'	h	min	h	min
0	12	5	12	5	50		16	18	8	0
10	12	40	11	30	55		17	17	7	5
20	13	18	10	53	60		18	45	5	45
30	14	2	10	10	65		21	43	3	22
40	14	58	9	16	66		24	0	2	30
45	15	33	8	42	67	7			0	0

Pour les grandes latitudes, le Soleil ne se couche pas (ou ne se lève pas) quand la somme (ou la différence) algébrique de sa déclinaison et de la latitude du lieu est au moins égale à 90° en valeur absolue. On a ainsi le *jour polaire* (ou la *nuit polaire*) dont les durées sont données dans le tableau ci-dessous.

Latitude boréale	Jour polaire	Nuit polaire	Latitude australe	Jour polaire	Nuit polaire
°	j	j	°	j	j
70	70	55	70	65	59
75	107	93	75	101	99
80	137	123	80	130	130
85	163	150	85	156	158
90	189	176	90	182	183

1. Ne pas confondre avec le jour, unité de temps égale à 24 heures.

5.2. Crépuscule

En astronomie, on appelle *crépuscule* la lueur, croissante avant le lever du Soleil, décroissante après son coucher, qui provient de l'éclairement des couches supérieures de l'atmosphère par les rayons de l'astre situé sous l'horizon, mais très voisin de celui-ci. Dans le langage courant, le crépuscule du matin est appelé *aube* ou *aurore*. Le crépuscule du soir, par exemple, commence au coucher du bord supérieur du Soleil et finit lorsque le centre du Soleil est abaissé de l'angle h au-dessous de l'horizon. On définit ainsi le *crépuscule civil* ($h = 6^\circ$), le *crépuscule nautique* ($h = 12^\circ$), et le *crépuscule astronomique* ($h = 18^\circ$). Pour connaître l'instant du début ou de la fin du crépuscule, on utilisera la formule (1) donnée dans le paragraphe concernant les levers et couchers :

$$\cos H = \frac{\sin h_0 - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

Dans cette formule, h_0 sera égal à -6° pour le crépuscule civil, -12° pour le crépuscule nautique et -18° pour le crépuscule astronomique; δ est la déclinaison du Soleil au moment du coucher ou du lever. On calcule ensuite, comme pour le lever ou le coucher :

$$T_t = \alpha \pm H - \lambda - T_0$$

où α est l'ascension droite du Soleil au lever ou au coucher, λ la longitude du lieu (comptée positivement vers l'est) et T_0 le Temps sidéral de Greenwich à 0 h du jour considéré; on utilise le signe $-$ pour un début de crépuscule, le signe $+$ pour une fin de crépuscule.

EXEMPLE 7

Fin du crépuscule civil à Paris le 26 janvier 2023.

On a vu à l'exemple 5.2 que le coucher du Soleil à Paris à cette date avait lieu à 16 h 38 min 01 s UT et que les coordonnées du Soleil à cet instant étaient :

$$\alpha = 20 \text{ h } 35 \text{ min } 20 \text{ s} \quad \delta = -18^\circ 39,6'$$

Par ailleurs, $h_0 = -6^\circ$ (crépuscule civil)

On a alors : $H = 77,3713^\circ = 5 \text{ h } 09 \text{ min } 29 \text{ s}$

On en déduit que $T_t = 17 \text{ h } 15 \text{ min } 21 \text{ s}$ et, en convertissant cet intervalle de Temps sidéral en Temps moyen, que la fin du crépuscule civil le 26 janvier 2023 a lieu à 17 h 12 min 31 s UT. Le crépuscule civil a donc duré :

$$17 \text{ h } 12 \text{ min } 31 \text{ s} - 16 \text{ h } 38 \text{ min } 01 \text{ s} = 34 \text{ min } 30 \text{ s}$$

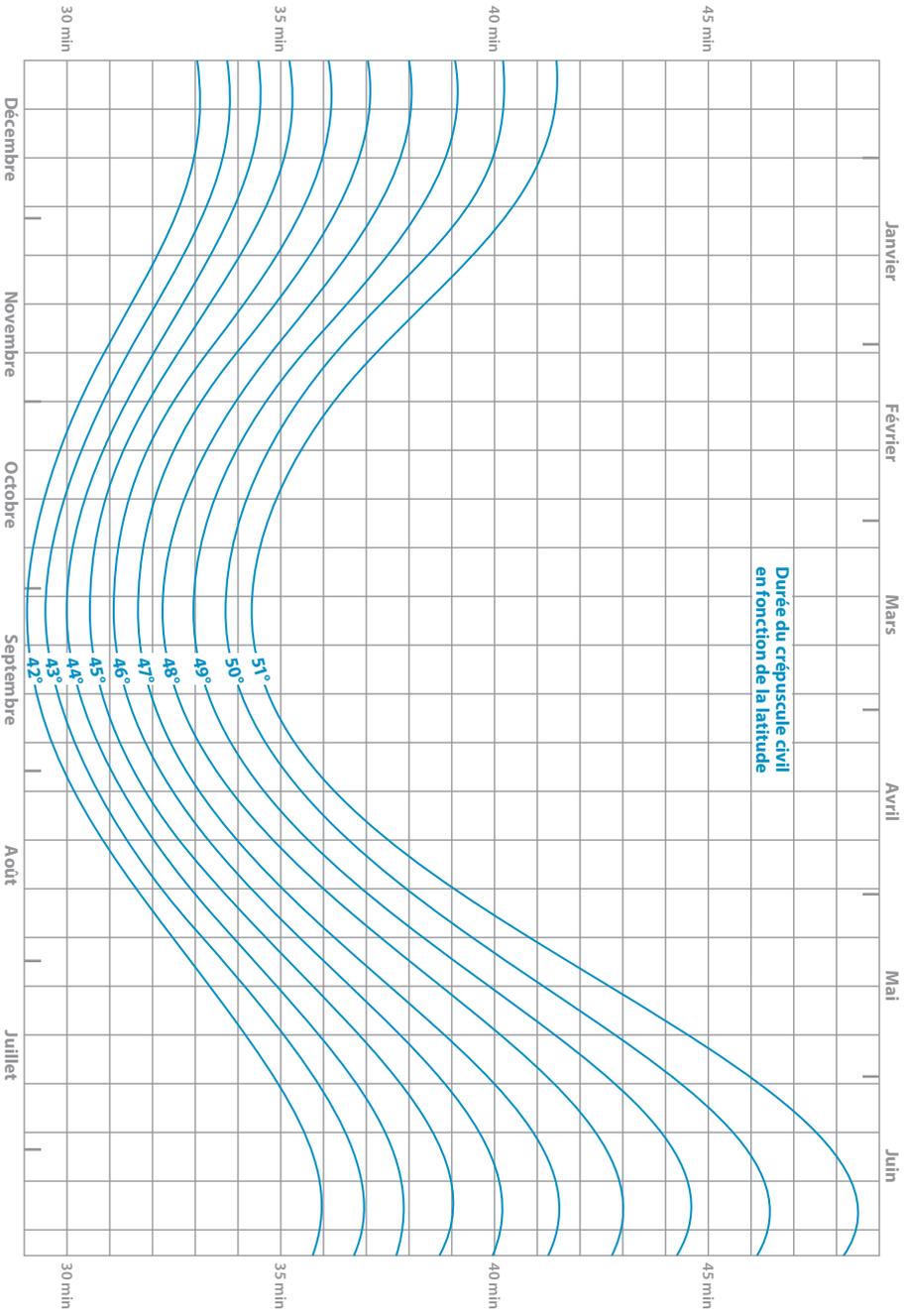
Au lieu d'effectuer le calcul ci-dessus, on peut, après avoir calculé le lever ou le coucher, calculer le début ou la fin du crépuscule en retranchant (pour un lever) ou en ajoutant (pour un coucher) la durée du crépuscule telle qu'on la trouve dans les tableaux ou les graphiques suivants.

Crépuscule civil – Il commence le soir au coucher du Soleil et finit au moment où le centre de cet astre est abaissé de 6° au-dessous de l'horizon. À ce moment, si le temps est clair, commencent à paraître les planètes et les étoiles de première grandeur. Le matin, les phénomènes sont inverses. Le Soleil ne s'abaisse pas de 6° au-dessous de l'horizon quand la somme algébrique de sa déclinaison et de la latitude du lieu est au moins égale à 84° en valeur absolue.

Le tableau ci-dessous fournit, pour les latitudes boréales de 0° à 60° , la durée, exprimée en minutes, du crépuscule civil. Le même tableau peut être utilisé pour les latitudes australes, à condition d'ajouter ou de retrancher 6 mois à la date. Le graphique de la page suivante donne directement cette durée pour les latitudes boréales de 42° à 51° , donc en particulier pour la France métropolitaine. Les traits verticaux délimitent les intervalles de temps de 8 jours.

Durée du crépuscule civil

Date	Latitude boréale													
	0°	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	
	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	
Janvier	1	24	24	25	28	30	33	35	40	42	46	50	54	60
	15	24	24	25	28	30	31	35	40	42	45	49	52	57
Février	1	22	23	24	26	28	31	34	38	40	42	45	47	52
	15	22	23	24	26	27	30	33	36	38	40	42	44	47
Mars	1	22	23	24	26	27	29	33	36	38	40	41	42	45
	15	22	22	23	25	26	28	32	36	37	39	40	42	44
Avril	1	22	23	23	25	27	30	33	36	38	39	41	43	45
	15	22	23	24	26	28	30	34	37	39	41	43	46	50
Mai	1	23	23	24	26	29	32	36	39	42	44	47	51	57
	15	23	24	25	27	30	32	37	42	45	48	53	59	67
Juin	1	23	24	25	27	31	33	39	44	48	53	61	70	85
	15	23	24	26	29	32	35	39	46	51	57	65	78	107
Juillet	1	23	23	25	28	31	34	38	45	49	55	64	76	102
	15	23	23	25	27	30	34	37	43	47	52	59	66	81
Août	1	23	23	24	27	29	32	35	40	43	46	49	56	63
	15	22	23	24	26	27	30	33	37	39	42	45	48	53
Septembre	1	22	23	24	25	27	29	32	35	37	38	41	44	46
	15	22	22	23	24	26	28	31	33	35	36	39	41	44
Octobre	1	22	22	23	25	26	27	31	33	34	36	38	40	42
	15	22	22	23	25	26	27	31	34	35	37	38	40	44
Novembre	1	22	22	24	25	26	29	32	35	36	38	40	42	47
	15	22	22	25	26	27	30	34	37	38	40	44	47	51
Décembre	1	23	23	25	27	29	32	34	39	40	43	47	51	56
	15	23	24	25	27	29	32	35	40	42	46	50	54	60



Crépuscule nautique – Il commence le soir au coucher du Soleil et finit au moment où le centre de cet astre est abaissé de 12° au-dessous de l'horizon. À ce moment, si le temps est clair, commencent à paraître dans le sextant les étoiles de deuxième grandeur, alors que la ligne d'horizon est encore visible. Le matin, les phénomènes sont inverses. Le Soleil ne s'abaisse pas de 12° au-dessous de l'horizon quand la somme algébrique de sa déclinaison et de la latitude du lieu est au moins égale à 78° en valeur absolue.

Le tableau ci-dessous fournit, pour les latitudes boréales de 0° à 60° , la durée, exprimée en minutes, du crépuscule nautique. Le même tableau peut être utilisé pour les latitudes australes, à condition d'ajouter ou de retrancher 6 mois à la date.

Durée du crépuscule nautique

Date	Latitude boréale													
	0°	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	
	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	
Janvier	1	50	50	53	57	62	67	72	82	86	92	99	106	116
	15	50	50	52	57	61	64	71	81	84	90	96	101	110
Février	1	47	48	50	55	58	63	69	76	81	84	89	95	102
	15	46	48	50	54	57	61	67	74	78	82	85	90	95
Mars	1	46	48	49	53	56	61	67	73	77	80	84	88	93
	15	46	47	48	52	55	60	66	73	76	80	84	88	94
Avril	1	46	47	49	53	57	62	69	76	79	83	87	93	99
	15	47	48	50	55	59	63	71	79	84	89	95	102	112
Mai	1	48	48	51	57	61	67	76	86	92	98	108	121	139
	15	49	50	53	59	64	70	80	94	102	113	129	158	(1)
Juin	1	49	51	54	60	66	74	87	105	117	138	(1)	(1)	(1)
	15	49	51	55	62	68	76	88	112	128	161	(1)	(1)	(1)
Juillet	1	49	50	54	61	67	75	88	110	125	156	(1)	(1)	(1)
	15	49	50	53	60	66	74	83	101	114	133	174	(1)	(1)
Août	1	48	49	52	58	63	69	77	91	99	109	122	146	(1)
	15	47	48	51	57	59	65	73	83	89	96	106	116	130
Septembre	1	46	48	50	54	58	62	68	77	80	85	91	98	105
	15	46	46	48	52	55	60	67	73	76	79	85	90	96
Octobre	1	46	46	48	53	55	59	65	70	74	77	81	86	91
	15	46	46	49	53	55	59	65	71	75	78	81	86	92
Novembre	1	47	47	50	53	56	61	67	73	76	80	84	89	97
	15	48	48	51	55	58	62	69	76	78	83	90	96	102
Décembre	1	49	49	52	57	61	65	71	80	83	88	95	102	111
	15	49	50	52	57	61	66	73	81	86	92	99	106	116

(1) Le Soleil n'est pas abaissé de 12° au-dessous de l'horizon.

Crépuscule astronomique – Il commence le soir au coucher du Soleil, et finit au moment où le centre de cet astre est abaissé de 18° au-dessous de l'horizon. À ce moment, si le temps est clair, apparaissent à l'œil nu les étoiles de sixième grandeur; il fait nuit. Le matin, les phénomènes sont inverses. Le Soleil ne s'abaisse pas de 18° au-dessous de l'horizon quand la somme algébrique de sa déclinaison et de la latitude du lieu est au moins égale à 72° en valeur absolue.

Le tableau ci-dessous fournit, pour les latitudes boréales de 0° à 60° , la durée du crépuscule astronomique. Le même tableau peut être utilisé pour les latitudes australes, à condition d'ajouter ou de retrancher 6 mois à la date.

Durée du crépuscule astronomique

Date	Latitude boréale													
	0°	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	
	1 h min	1 h min	1 h min	1 h min	1 h min	1 h min	1 h min	1 h min	1 h min	2 h min	2 h min	2 h min	2 h min	
Janvier	1	16	17	20	26	32	39	48	61	67	15	25	35	48
	15	15	16	19	26	31	37	46	58	64	12	21	30	41
Février	1	13	14	17	24	28	35	43	55	59	5	12	20	30
	15	12	12	16	23	27	33	41	52	57	2	10	17	24
Mars	1	10	11	15	21	25	32	40	50	56	0	5	14	22
	15	10	11	14	21	25	31	39	51	55	2	8	16	25
Avril	1	10	11	14	21	28	34	43	57	62	9	18	28	40
	15	11	12	17	24	31	39	51	66	74	24	37	54	79
Mai	1	12	14	18	28	24	45	60	82	94	52	84	(1)	(1)
	15	14	16	21	32	40	53	71	106	136	(1)	(1)	(1)	(1)
Juin	1	15	18	24	34	45	60	84	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	15	16	19	25	37	48	64	94	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Juillet	1	16	18	25	37	48	64	93	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	15	15	17	24	34	45	60	83	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Août	1	14	16	21	31	40	52	69	99	124	(1)	(1)	(1)	(1)
	15	12	14	19	28	34	44	58	78	90	47	(1)	(1)	(1)
Septembre	1	11	12	16	24	30	36	48	62	69	17	27	46	62
	15	10	11	15	21	26	33	43	55	65	8	13	25	37
Octobre	1	10	11	15	21	25	31	39	51	55	2	8	15	24
	15	10	11	15	21	25	31	39	49	54	0	6	13	21
Novembre	1	11	13	15	22	26	33	41	51	46	1	9	16	24
	15	13	14	17	24	29	36	44	55	60	5	14	23	32
Décembre	1	16	16	18	25	31	38	47	59	64	11	20	29	42
	15	16	17	20	26	32	39	49	62	68	16	25	35	49

(1) Le Soleil n'est pas abaissé de 18° au-dessous de l'horizon.

6. PASSAGE D'UN ASTRE AU PREMIER VERTICAL

Le premier vertical d'un lieu est, en ce lieu, le plan vertical orienté est-ouest. Les astres de l'hémisphère nord (céleste), dont la déclinaison δ est inférieure à la latitude φ (d'un lieu de l'hémisphère terrestre nord), traversent deux fois par jour ce premier vertical.

L'angle horaire H aux mêmes instants est donné par :

$$\cos H = \frac{\tan \delta}{\tan \varphi}$$

compte tenu des formules données dans le chapitre 2 en prenant comme valeur de $a = 90^\circ$ ou 270° .

On prend H positif s'il s'agit du passage ouest, négatif s'il s'agit du passage est. Si l'on transforme H au moyen de la formule de conversion du Temps sidéral en Temps moyen, on obtient le délai qui sépare les deux passages au premier vertical du passage au méridien. Appliqué au cas du Soleil, ce calcul permet de déterminer les conditions d'éclairement d'un mur orienté est-ouest.

EXEMPLE 8

Il s'agit de déterminer le passage du Soleil au premier vertical le 29 avril 2023 à Québec ($\varphi = 46,8^\circ$, $\lambda = 4\text{ h }44,9\text{ min}$). Il nous faut calculer le passage du Soleil au méridien de Québec par l'expression :

$$t_0 = \lambda_p - \frac{\lambda_p^b}{24} \cdot \Delta t$$

t_0 étant le passage du Soleil au méridien de Paris le 29 avril 2023 : 11 h 48,0 min (chapitre 4). Le passage à Québec est :

$$11\text{ h }48,0\text{ min} + (4\text{ h }44,9\text{ min} + 9,3\text{ min}) + 0,0\text{ min} \approx 16\text{ h }42\text{ min (UT)}$$

En interpolant la table de l'éphéméride, on trouve qu'à ce moment la déclinaison du Soleil a pour valeur : $\delta \approx 14,7^\circ$, d'où $\cos H = 0,242$ et $H = 5\text{ h }04\text{ min}$.

Le début de l'éclairement d'un mur orienté est-ouest a lieu à :

$$16\text{ h }42\text{ min} - 5\text{ h }04\text{ min} = 11\text{ h }38\text{ min (UT)}$$

et la fin de l'éclairement du mur à : $16\text{ h }42\text{ min} + 5\text{ h }04\text{ min} = 21\text{ h }46\text{ min (UT)}$

Si l'on voulait connaître la distance zénithale au moment du passage on aurait :

$$\sin z = \pm \cos \delta \sin H$$

(+ pour le passage ouest, – pour le passage est).

7. COORDONNÉES MOYENNES D'UNE ÉTOILE ET CALCULS APPROCHÉS

Soit P_α et P_δ les modifications *annuelles* de α et δ dues à la précession. Si t_0 et t_1 sont des époques du xx^e siècle, il suffira en général d'écrire :

$$P_\alpha = 3,075 \text{ s} + 1,336 \text{ s} \times \sin \alpha \tan \delta ; P_\delta = 20,04'' \cos \alpha$$

Et on aura, pour t_0 et t_1 exprimés en années juliennes :

$$\alpha_1 = \alpha_0 + P_\alpha (t_1 - t_0) \quad \delta_1 = \delta_0 + P_\delta (t_1 - t_0)$$

Il est commode de prendre pour t_0 l'instant du début de l'année en cours et pour t_1 l'instant pour lequel on calcule les coordonnées moyennes. Si *l'on se contente de dixièmes de seconde*, les tables **I** et **II** fournissent rapidement P_α et P_δ :

1. P_α s'obtient en ajoutant + 3,1 s au nombre algébrique V dont la table **I** fournit la valeur absolue, les arguments étant la valeur approchée α (ou $\alpha - 12$ h si $\alpha > 12$ h) et la valeur absolue approchée δ . Le signe de V s'obtient en suivant la règle indiquée dans le tableau explicatif ci-après.
2. P_δ est fourni par la table **II** dont l'argument est la valeur approchée α . À noter que si on utilise l'ascension droite intermédiaire (rapportée à la CIO), le facteur P_α se réduit à $P_{\alpha_i} = 1,336 \text{ s} \sin \alpha_i \tan \delta$ dont la valeur est fournie par la Table I.

TABLE I
Valeur absolue du terme variable V de la précession annuelle en ascension droite
 (en secondes d'heure)

α	$ \delta $																α					
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	64°	68°	70°	72°		74°	76°	78°	80°	
h min	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	h min
0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0
0 20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	11 40
0 40	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,3	11 20
1 0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6	2,0	2,6	11 0
1 20	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3	2,7	3,2	10 40
1 40	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3	2,7	3,2	3,2	10 20
2 0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,8	2,1	2,3	2,7	3,1	3,6	4,3	10 0
2 20	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7	3,1	3,6	4,3	5,0	9 40
2 40	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,6	3,0	3,4	4,0	4,9	5,7	9 20
3 0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	2,9	3,3	3,8	4,4	5,4	6,4	9 0
3 20	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	3,6	4,1	4,8	5,8	6,9	8 40
3 40	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,7	3,0	3,4	3,8	4,4	5,2	6,2	7,4	8 20
4 0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,2	3,6	4,0	4,6	5,4	6,6	7,9	8 0
4 20	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1	2,5	3,0	3,3	3,7	4,2	4,9	5,7	6,9	8,2	7 40
4 40	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2	2,6	3,1	3,5	3,9	4,4	5,0	5,9	7,1	8,4	7 20
5 0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2	2,6	3,2	3,5	4,0	4,5	5,2	6,1	7,3	8,6	7 0
5 20	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,3	3,6	4,0	4,6	5,3	6,2	7,5	8,8	6 40
5 40	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,3	3,7	4,1	4,6	5,3	6,3	7,5	8,8	6 20
6 0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,3	3,7	4,1	4,7	5,4	6,3	7,6	8,9	6 0

Usage des tables I et II

TABLE I

Argument horizontal = valeur absolue approchée δ
Argument vertical = valeur approchée α (ou $\alpha - 12\text{h}$)
Signe de V = signe de δ , si $\alpha < 12\text{h}$
 ou signe contraire de δ , si $\alpha > 12\text{h}$

TABLE II

Argument = valeur approchée α
Signe de P_δ = +, si l'argument α est pris à gauche
 = -, si l'argument α est pris à droite

Exemples :

- 1) $\alpha = 14\text{h } 20\text{ min}$; $\delta = +35^\circ$ On a : $P_\alpha = 3,1\text{ s} - 0,5\text{ s} = 2,6\text{ s}$
 $P_\delta = -16,4''$
- 2) $\alpha = 5\text{h } 40\text{ min}$; $\delta = -55^\circ$ On a : $P_\alpha = 3,1\text{ s} - 1,9\text{ s} = 1,2\text{ s}$
 $P_\delta = +1,8''$
- 3) $\alpha = 16\text{h } 00\text{ min}$; $\delta = -78^\circ$ On a : $P_\alpha = 3,1\text{ s} + 5,4\text{ s} = 8,5\text{ s}$
 $P_\delta = -10,0''$

TABLE II

**Précession annuelle P_δ en déclinaison
 (en secondes de degré)**

α		P_δ	α	
h min	h min	"	h min	h min
0 0	24 0	+ 20,0 -	12 0	12 0
0 20	23 40	20,0	12 20	11 40
0 40	23 20	19,7	12 40	11 20
1 0	23 0	+ 19,4 -	13 0	11 0
1 20	22 40	18,8	13 20	10 40
1 40	22 20	18,2	13 40	10 20
2 0	22 0	+ 17,4 -	14 0	10 0
2 20	21 40	16,4	14 20	9 40
2 40	21 20	15,3	14 40	9 20
3 0	21 0	+ 14,2 -	15 0	9 0
3 20	20 40	12,9	15 20	8 40
3 40	20 20	11,5	15 40	8 20
4 0	20 0	+ 10,0 -	16 0	8 0
4 20	19 40	8,5	16 20	7 40
4 40	19 20	6,9	16 40	7 20
5 0	19 0	+ 5,2 -	17 0	7 0
5 20	18 40	3,5	17 20	6 40
5 40	18 20	1,8	17 40	6 20
6 0	18 0	+ 0,0 -	18 0	6 0

Chapitre quatrième

LE SOLEIL, LA LUNE, LES PLANÈTES ET PLUTON

1. INTRODUCTION

Dans l'Antiquité, les Anciens ne dénombraient que cinq planètes (étymologiquement « astres errants »). En raison de leur déplacement sur la voûte céleste, appelée *sphère des fixes* en référence aux étoiles quasi immuables, ces corps célestes étaient considérés comme des étoiles particulières. Évoluant dans l'espace délimité par l'orbite terrestre, Mercure et Vénus sont des planètes dites *intérieures* : elles ne sont visibles qu'à l'aube et au crépuscule, parce qu'il n'est possible de les observer que lorsqu'elles sont proches du Soleil. Mars, Jupiter et Saturne sont quant à elles visibles toute la nuit, en fonction de leur période d'observabilité.

En 1781, en Grande-Bretagne, Sir William Herschel découvre une nouvelle planète qui fut nommée *Uranus*. Sa magnitude étant égale à 6, elle est presque observable à l'œil nu. Son lent mouvement et sa forte magnitude n'ont toutefois pas rendu possible sa découverte avant l'avènement de lunettes astronomiques suffisamment performantes.

En 1801, l'astéroïde (1) Cérès est découvert par l'astronome italien Giuseppe Piazzi. Premier corps de la région principale d'astéroïdes à être observé, il est alors considéré comme une nouvelle planète. Plusieurs années devront alors s'écouler avant que soit observée dans cette partie de l'espace, confinée entre les orbites de Mars et Jupiter, une véritable réserve d'objets : la *ceinture d'astéroïdes principale*.

En 1846, Neptune est découverte, ce qui augmente de sept à huit le nombre de planètes du Système solaire. Repérée grâce à la prédiction de sa position par les travaux de mécanique céleste d'Urbain Le Verrier, cette découverte résonne comme la victoire de la physique de Newton.

Enfin, en 1930, l'astronome américain Clyde Tombaugh découvre une neuvième planète qui fut nommée *Pluton*. Seule à être découverte depuis le Nouveau Continent, Pluton sera toutefois rangée dans la classe des planètes naines, lors de l'assemblée générale de l'UAI en 2006. Le motif invoqué est que la planète n'a pas balayé l'environnement gravitationnel qui l'entoure : Pluton évolue en effet au voisinage de Neptune.

Mais ce déclassement s'explique avant tout par la découverte, en 1992, d'une autre ceinture de petits corps qui évoluent au-delà de l'orbite de Neptune : la *ceinture de Kuiper*. Prédite par l'astronome néerlandais et américain Gerard Kuiper en 1951, cette région rend alors nécessaire une meilleure définition des conditions que doivent remplir les corps du Système solaire pour recevoir le nom de planète, sous peine de voir augmenter considérablement le nombre de « planètes » en quelques années.

Les éphémérides des planètes du Système solaire sont aujourd'hui essentiellement réalisées et maintenues par trois centres de recherche dans le monde : le Jet Propulsion Laboratory, situé sur la côte ouest des États-Unis, l'Institut d'astronomie appliquée de Saint-Petersbourg en Russie et l'IMCCE à l'Observatoire de Paris. Afin de garantir leur exactitude, ces éphémérides sont régulièrement mises à jour par l'introduction de nouvelles données, spatiales et sol, toujours plus précises. La relativité générale d'Albert Einstein a initialement vu le jour pour répondre aux écarts entre les mouvements prédits et observés de Mercure. De nos jours, l'étude du mouvement des planètes représente toujours un enjeu primordial pour la recherche en physique fondamentale.

2. SOLEIL ET LUNE

Ce chapitre donne les éléments suivants :

1. Les éphémérides des positions apparentes géocentriques (α , δ), des levers, des passages au méridien et des couchers à Paris du Soleil pour l'année courante ; des indications sur la période julienne, le Temps sidéral de Greenwich, les dates de commencement des saisons et celles des apogées et périégées. Les données relatives à la distance du Soleil à la Terre et à son demi-diamètre apparent sont fournies dans le chapitre 7 ;
2. Des éphémérides analogues pour la Lune, avec la parallaxe horizontale équatoriale (π), les dates des phases, celles des apogées et périégées pour l'année courante. Le diamètre apparent de la Lune ainsi que sa distance à la Terre se déduisent de cette parallaxe (*voir* chap. 2) ;
3. Les phases de la Lune pour l'année suivante ;
4. Les éphémérides de l'angle de rotation de la Terre (ERA) et de l'équation des origines.

Les levers et couchers des astres sont calculés pour leur centre ; ils correspondent à une hauteur sous l'horizon égale à la réfraction horizontale normale ($36,6'$) corrigée de la parallaxe horizontale du corps.

L'heure en usage se trouve dans le chapitre 2. Les tables sont données pour des temps exprimés en UTC. La différence TAI – UTC n'étant pas connue au moment de l'élaboration de cet ouvrage, elle est estimée pour l'année en cours (*voir* chap. 2). Des explications pour l'usage de ces éphémérides et des exemples sont donnés dans le chapitre 3.



Fig. 1 – La Lune photographiée avec le T60
de l’observatoire des Makes à La Réunion.

© F. Vachier/IMCCE

3. PLANÈTES

Pour les planètes du Système solaire et la planète naine Pluton¹, les tableaux suivants donnent :

1. La magnitude ;
2. Les instants des levers, des passages au méridien et des couchers à Paris (pour d’autres lieux, se référer au chapitre 3) ;
3. Les coordonnées équatoriales apparentes ;
4. La distance à la Terre et le diamètre apparent (pour Jupiter et Saturne, il s’agit du diamètre apparent équatorial) ;
5. Les longitudes héliocentriques moyennes de la date de ces planètes.

1. Depuis la résolution de l’UAI adoptée en 2006 portant sur la définition des planètes, Pluton est une planète naine, nous la conservons temporairement dans ce chapitre.

Les conditions de non-visibilité de ces planètes sont indiquées par des zones grisées. Attention toutefois, celles-ci peuvent varier en fonction des conditions d'observation. Pour Mars, Jupiter, Saturne et Uranus, des cartes du ciel indiquent les positions de ces planètes au cours de l'année.

Les tables sont données pour des temps exprimés en UTC.

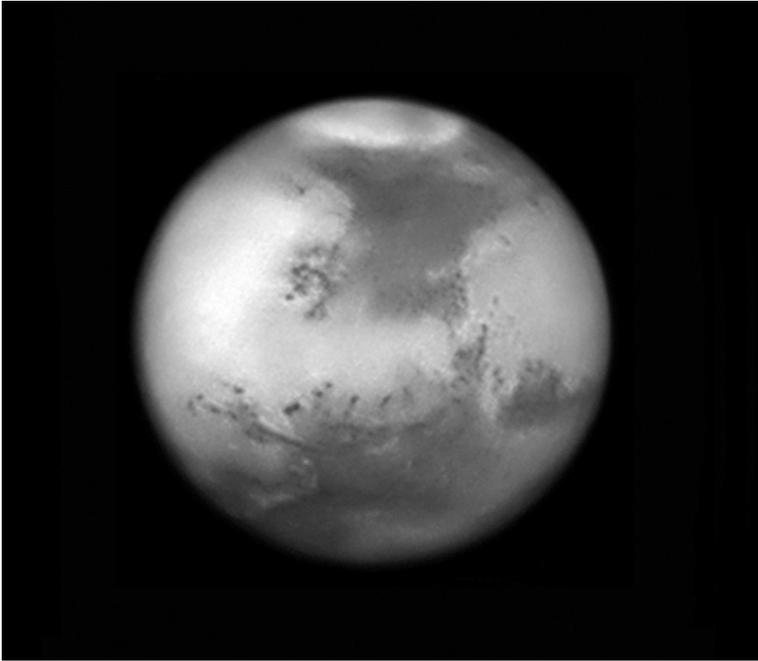


Fig. 2 – Mars le 2 février 2010.

© J.-L. Dauvergne, F. Colas, IMCCE/S2P, Observatoire Midi-Pyrénées

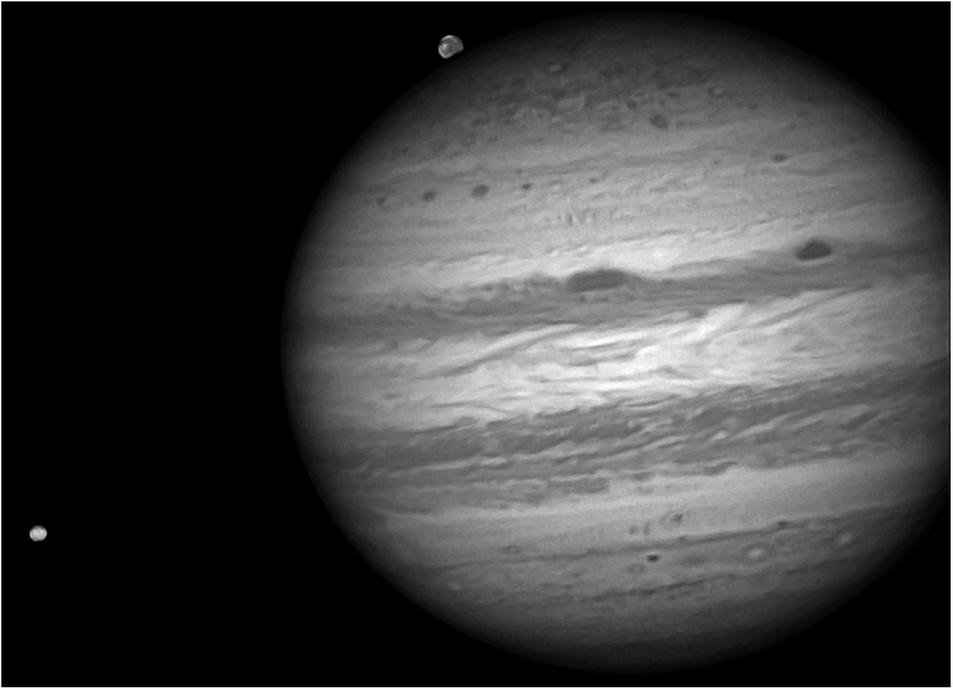


Fig. 3 – Jupiter le 13 octobre 2011.

© J.-L. Dauvergne, F. Colas, IMCCE/S2P, Observatoire Midi-Pyrénées

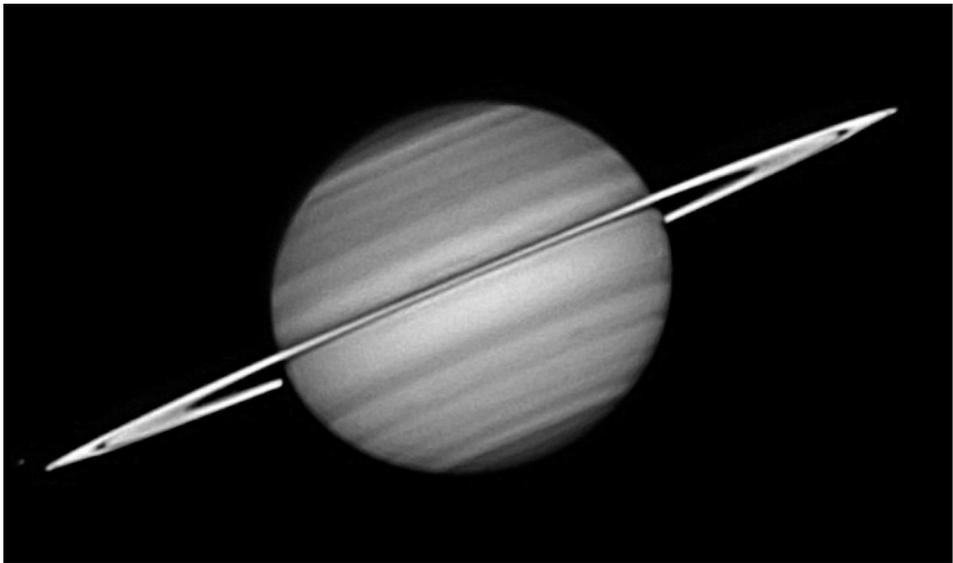


Fig. 4 – Saturne le 4 mars 2009.

© J.-L. Dauvergne, F. Colas, IMCCE/S2P, Observatoire Midi-Pyrénées

JANVIER 2023

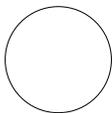
	M	S	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien Coucher								
	(1)	(1)		julienne	de	Greenwich	h	min	s	°	'	h	min	h	min	h	min		
				245															
Soleil	1	D	1	9946	6	41 33	18	44	45	-23	2,4	7	46	11	54,1	16	3		
	5	J	5	9950	6	57 20	19	2	22	-22	39,9	7	45	11	55,9	16	7		
	9	L	9	9954	7	13 6	19	19	52	-22	10,2	7	44	11	57,6	16	12		
	13	V	13	9958	7	28 52	19	37	14	-21	33,5	7	42	11	59,2	16	17		
	17	Ma	17	9962	7	44 38	19	54	26	-20	50,2	7	39	12	0,6	16	23		
	21	S	21	9966	8	0 24	20	11	28	-20	0,5	7	36	12	1,9	16	29		
	25	Me	25	9970	8	16 11	20	28	17	-19	4,9	7	31	12	2,9	16	35		
	29	D	29	9974	8	31 57	20	44	54	-18	3,6	7	27	12	3,7	16	41		
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher	α		δ	d	D									
	(1)					h	min	s	°	'	au	"							
 Mercure 	1	+1,3	8 25	12 47,3	17 10	19	41	39	-20	30	0,749	9,0							
	5	+3,9	7 49	12 14,8	16 40	19	26	8	-19	48	0,688	9,8							
	9	+4,6	7 10	11 36,6	16 3	19	3	38	-19	33	0,671	10,0							
	13	+2,0	6 37	11 2,9	15 29	18	44	31	-19	40	0,699	9,6							
	17	+0,7	6 15	10 39,3	15 3	18	35	21	-20	4	0,757	8,9							
	21	+0,1	6 4	10 25,6	14 47	18	36	26	-20	36	0,830	8,1							
	25	-0,1	6 0	10 19,5	14 38	18	45	24	-21	8	0,905	7,4							
	29	-0,2	6 2	10 18,6	14 36	18	59	50	-21	31	0,979	6,9							
 Vénus 	1	-3,9	8 54	13 8,8	17 24	19	58	57	-22	2	1,608	10,4							
	5	-3,9	8 53	13 14,1	17 35	20	20	4	-21	3	1,596	10,5							
	9	-3,9	8 52	13 19,1	17 47	20	40	51	-19	53	1,583	10,5							
	13	-3,9	8 49	13 23,7	17 59	21	1	17	-18	35	1,570	10,6							
	17	-3,9	8 45	13 28,0	18 11	21	21	23	-17	8	1,557	10,7							
	21	-3,9	8 41	13 31,9	18 23	21	41	8	-15	33	1,542	10,8							
	25	-3,9	8 36	13 35,5	18 36	22	0	32	-13	52	1,528	10,9							
	29	-3,9	8 31	13 38,8	18 48	22	19	36	-12	5	1,512	11,0							
 Mars 	1	-1,2	13 23	21 32,5	5 47	4	27	34	+24	35	0,638	14,7							
	11	-0,9	12 41	20 49,8	5 3	4	23	35	+24	28	0,704	13,3							
	21	-0,6	12 3	20 12,6	4 25	4	25	18	+24	30	0,781	12,0							
	31	-0,3	11 30	19 40,3	3 54	4	32	0	+24	39	0,867	10,8							
 Jupiter 	1	-2,4	11 13	17 13,0	23 13	0	6	26	-0	42	5,010	39,3							
	11	-2,3	10 36	16 38,6	22 41	0	11	15	-0	8	5,165	38,2							
	21	-2,2	10 0	16 5,0	22 10	0	16	57	+0	31	5,312	37,1							
	31	-2,2	9 23	15 32,1	21 41	0	23	25	+1	15	5,449	36,2							
 Saturne 	1	+0,9	9 57	14 47,7	19 39	21	40	46	-15	13	10,542	15,8							
	11	+0,9	9 20	14 12,4	19 5	21	44	50	-14	52	10,643	15,6							
	21	+0,9	8 43	13 37,4	18 32	21	49	10	-14	30	10,722	15,5							
	31	+0,9	8 6	13 2,6	17 59	21	53	42	-14	7	10,776	15,4							
 Uranus 	1	+5,7	12 37	19 56,9	3 21	2	51	10	+16	2	19,091	3,7							
	21	+5,7	11 18	18 37,5	2 1	2	50	20	+15	59	19,401	3,6							
 Neptune 	1	+7,9	10 57	16 42,1	22 27	23	35	42	-3	55	30,192	2,3							
	21	+7,9	9 39	15 25,0	21 11	23	37	14	-3	45	30,499	2,2							
 Pluton 	1	+14,4	8 59	13 7,9	17 17	20	0	52	-22	50	35,614	0,1							

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

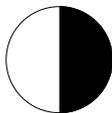
JANVIER 2023

	Jour	Jour lunaire	α		δ		π		Lever	Méridien	Coucher					
			h	min	s	°	'	''	h	min	h	min				
Lune	1	10	2	6	39	+12	3,2	56	18	12	30	19	52,1	2	17	
	2	11	2	54	36	+17	4,6	55	41	12	51	20	38,8	3	30	
	3	12	3	44	4	+21	17,3	55	10	13	16	21	27,5	4	42	
	4	13	4	35	20	+24	30,6	54	46	13	48	22	18,0	5	52	
	5	14	5	28	10	+26	35,0	54	26	14	30	23	9,5	6	56	
	6	PL	6	21	52	+27	24,0	54	12	15	21				7	50
	7	16	7	15	22	+26	55,7	54	2	16	21	0	0,8		8	35
	8	17	8	7	38	+25	13,6	53	57	17	27	0	50,8		9	9
	9	18	8	57	54	+22	25,1	53	58	18	36	1	38,5		9	36
	10	19	9	45	53	+18	40,7	54	4	19	45	2	23,8		9	56
	11	20	10	31	48	+14	11,4	54	17	20	53	3	6,8	10	14	
	12	21	11	16	10	+9	7,9	54	38	22	1	3	48,2	10	29	
	13	22	11	59	50	+3	40,5	55	7	23	10	4	29,0	10	43	
	14	23	12	43	46	-2	1,2	55	45			5	10,4	10	57	
	15	DQ	13	29	5	-7	46,5	56	30	0	22	5	53,5	11	12	
	16	25	14	17	0	-13	22,5	57	23	1	37	6	39,8	11	31	
	17	26	15	8	47	-18	32,4	58	20	2	57	7	30,7	11	54	
	18	27	16	5	27	-22	54,0	59	17	4	20	8	27,4	12	27	
	19	28	17	7	20	-26	0,6	60	11	5	42	9	29,7	13	13	
	20	29	18	13	30	-27	25,1	60	54	6	55	10	36,0	14	18	
	21	NL	19	21	35	-26	49,1	61	22	7	53	11	42,9	15	39	
	22	2	20	28	28	-24	11,7	61	30	8	35	12	46,9	17	9	
	23	3	21	31	44	-19	50,8	61	17	9	5	13	46,0	18	40	
	24	4	22	30	24	-14	16,1	60	45	9	27	14	40,1	20	7	
	25	5	23	24	46	-7	59,6	59	59	9	46	15	30,0	21	29	
	26	6	0	15	54	-1	29,3	59	4	10	2	16	17,2	22	48	
	27	7	1	5	1	+4	52,5	58	6	10	18	17	3,2			
	28	PQ	1	53	21	+10	48,9	57	10	10	35	17	49,1	0	5	
	29	9	2	41	55	+16	6,5	56	19	10	55	18	35,9	1	19	
	30	10	3	31	32	+20	34,1	55	35	11	19	19	24,3	2	33	
	31	11	4	22	36	+24	1,9	55	0	11	48	20	14,3	3	44	

Apogée : le 8 à 9 h – Périgée : le 21 à 21 h.



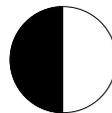
Pleine Lune
6/01 – 23 h 08 min



Dernier quartier
15/01 – 2 h 10 min



Nouvelle Lune
21/01 – 20 h 53 min



Premier quartier
28/01 – 15 h 19 min

FÉVRIER 2023

	M	S	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien Coucher						
	(1)	(1)		julienne (2)	h	min s (3)	h	min s	°	'	h	min	h	min	h	min	
				245													
Soleil	1	Me	32	9977	8	43 47	20	57 13	- 17	14,2	7	23	12	4,2	16	46	
	5	D	36	9981	8	59 33	21	13 26	- 16	4,2	7	17	12	4,6	16	53	
	9	J	40	9985	9	15 19	21	29 27	- 14	49,7	7	11	12	4,8	16	59	
	13	L	44	9989	9	31 5	21	45 15	- 13	31,3	7	4	12	4,8	17	6	
	17	V	48	9993	9	46 51	22	0 51	- 12	9,3	6	57	12	4,6	17	13	
	21	Ma	52	9997	10	2 38	22	16 17	- 10	44,1	6	50	12	4,2	17	19	
	25	S	56	2460001	10	18 24	22	31 31	- 9	16,3	6	42	12	3,7	17	26	

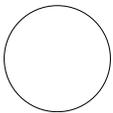
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher	α		δ	d	D				
	(1)	(1)	h	min	h	min	h	min s	°	'	au	"		
Mercure	2	-0,2	6	5	10	21,3	14	38	19	17 57	- 21	42	1,047	6,4
	6	-0,1	6	9	10	26,4	14	44	19	38 34	- 21	35	1,108	6,1
	10	-0,1	6	13	10	33,1	14	53	20	0 54	- 21	10	1,164	5,8
	14	-0,2	6	17	10	41,0	15	6	20	24 26	- 20	26	1,212	5,6
	18	-0,2	6	19	10	49,7	15	21	20	48 49	- 19	21	1,255	5,4
	22	-0,3	6	21	10	59,0	15	38	21	13 50	- 17	56	1,291	5,2
	26	-0,4	6	21	11	8,8	15	58	21	39 19	- 16	10	1,322	5,1
Vénus	2	-3,9	8	24	13	41,7	19	0	22	38 23	- 10	12	1,496	11,2
	6	-3,9	8	18	13	44,4	19	12	22	56 54	- 8	16	1,480	11,3
	10	-3,9	8	11	13	46,9	19	24	23	15 11	- 6	16	1,462	11,4
	14	-3,9	8	4	13	49,2	19	36	23	33 16	- 4	13	1,444	11,6
	18	-3,9	7	57	13	51,4	19	47	23	51 13	- 2	9	1,426	11,7
	22	-3,9	7	49	13	53,4	19	59	0	9 4	- 0	4	1,407	11,9
	26	-3,9	7	42	13	55,4	20	11	0	26 51	+ 2	2	1,387	12,0
Mars	10	-0,0	11	0	19	12,0	3	27	4	42 47	+ 24	54	0,959	9,8
	20	+0,2	10	33	18	46,9	3	3	4	56 51	+ 25	10	1,055	8,9
Jupiter	10	-2,2	8	48	14	59,9	21	12	0	30 31	+ 2	2	5,573	35,4
	20	-2,1	8	12	14	28,2	20	45	0	38 9	+ 2	53	5,682	34,7
Saturne	10	+0,8	7	29	12	27,9	17	26	21	58 20	- 13	43	10,806	15,4
	20	+0,8	6	53	11	53,3	16	54	22	3 1	- 13	18	10,810	15,4
Uranus	10	+5,8	10	0	17	19,5	0	43	2	50 53	+ 16	2	19,741	3,6
Neptune	10	+7,9	8	22	14	8,5	19	55	23	39 24	- 3	30	30,735	2,2
Pluton	1	+14,5	7	1	11	10,3	15	20	20	5 11	- 22	40	35,656	0,1

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

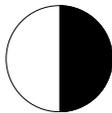
FÉVRIER 2023

	Jour	Jour lunaire	α		δ		π		Lever	Méridien	Coucher
			h	min s	°	'	'	"	h	min	h
Lune	1	12	5	15 6	+26	21,4	54	33	12 27	21 5,4	4 50
	2	13	6	8 31	+27	26,4	54	14	13 15	21 56,7	5 47
	3	14	7	1 58	+27	14,6	54	2	14 13	22 47,1	6 34
	4	15	7	54 28	+25	47,8	53	57	15 18	23 35,6	7 11
	5	PL	8	45 14	+23	12,3	53	58	16 26		7 40
	6	17	9	33 51	+19	37,7	54	4	17 35	0 21,7	8 2
	7	18	10	20 21	+15	14,8	54	14	18 44	1 5,5	8 20
	8	19	11	5 9	+10	15,2	54	30	19 53	1 47,4	8 36
	9	20	11	48 55	+ 4	50,0	54	51	21 1	2 28,3	8 50
	10	21	12	32 30	- 0	49,9	55	17	22 11	3 9,1	9 3
	11	22	13	16 54	- 6	33,4	55	50	23 24	3 51,0	9 18
	12	23	14	3 12	-12	8,3	56	28		4 35,1	9 35
	13	DQ	14	52 32	-17	19,9	57	12	0 40	5 22,8	9 55
	14	25	15	45 56	-21	50,2	58	0	2 0	6 15,2	10 22
	15	26	16	44 0	-25	17,2	58	50	3 20	7 12,9	11 1
	16	27	17	46 32	-27	17,0	59	39	4 35	8 15,2	11 54
	17	28	18	52 6	-27	28,9	60	22	5 38	9 20,2	13 6
	18	29	19	58 14	-25	43,3	60	54	6 26	10 24,6	14 31
	19	30	21	2 26	-22	6,3	61	11	7 1	11 25,9	16 2
	20	NL	22	3 7	-16	59,1	61	9	7 27	12 22,8	17 32
	21	2	22	59 55	-10	50,8	60	47	7 47	13 15,7	18 59
	22	3	23	53 25	- 4	12,1	60	9	8 5	14 5,5	20 22
	23	4	0	44 39	+ 2	29,7	59	19	8 21	14 53,5	21 43
	24	5	1	34 45	+ 8	52,0	58	23	8 38	15 41,0	23 1
	25	6	2	24 44	+14	37,2	57	25	8 57	16 29,0	
	26	7	3	15 24	+19	31,2	56	31	9 19	17 18,1	0 18
	27	PQ	4	7 13	+23	23,2	55	43	9 47	18 8,6	1 32
	28	9	5	0 14	+26	4,6	55	4	10 23	19 0,1	2 41

Apogée : le 4 à 9 h – Périgée : le 19 à 9 h.



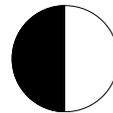
Pleine Lune
5/02 – 18 h 29 min



Dernier quartier
13/02 – 16 h 01 min



Nouvelle Lune
20/02 – 7 h 06 min



Premier quartier
27/02 – 8 h 06 min

MARS 2023

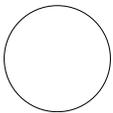
	M	S	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien	Coucher
	(1)	(1)		julienne (2)	h	min s (3)	h	min s	° ' "	h min	h min	h min
				246								
Soleil	1	Me	60	0005	10	34 10	22	46 37	- 7 46,2	6 35	12 3,0	17 32
	5	D	64	0009	10	49 56	23	1 34	- 6 14,4	6 27	12 2,2	17 38
	9	J	68	0013	11	5 43	23	16 23	- 4 41,3	6 19	12 1,2	17 45
	13	L	72	0017	11	21 29	23	31 7	- 3 7,1	6 10	12 0,2	17 51
	17	V	76	0021	11	37 15	23	45 47	- 1 32,4	6 2	11 59,0	17 57
	21	Ma	80	0025	11	53 1	0	0 24	+ 0 2,6	5 54	11 57,9	18 3
	25	S	84	0029	12	8 47	0	14 58	+ 1 37,3	5 45	11 56,7	18 9
	29	Me	88	0033	12	24 34	0	29 32	+ 3 11,4	5 37	11 55,5	18 15
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher	α		δ	d	D		
	(1)		h min	h min	h min	h min	s	° ' "	au	"		
 Mercure	2	-0,6	6 20	11 19,0	16 19	22	5 14	- 14 3	1,345	5,0		
	6	-0,8	6 19	11 29,6	16 42	22	31 35	- 11 35	1,361	4,9		
	10	-1,2	6 16	11 40,8	17 7	22	58 23	- 8 47	1,369	4,9		
	14	-1,6	6 13	11 52,4	17 34	23	25 43	- 5 39	1,366	4,9		
	18	-2,0	6 9	12 4,7	18 2	23	53 39	- 2 13	1,350	5,0		
	22	-1,8	6 5	12 17,4	18 32	0	22 5	+ 1 26	1,318	5,1		
	26	-1,5	6 1	12 30,3	19 2	0	50 43	+ 5 12	1,267	5,3		
	30	-1,2	5 56	12 42,5	19 32	1	18 51	+ 8 55	1,194	5,6		
 Vénus	2	-3,9	7 34	13 57,4	20 22	0	44 37	+ 4 7	1,366	12,2		
	6	-3,9	7 26	13 59,5	20 34	1	2 24	+ 6 10	1,345	12,4		
	10	-3,9	7 19	14 1,6	20 45	1	20 15	+ 8 12	1,323	12,6		
	14	-3,9	7 12	14 3,8	20 57	1	38 11	+ 10 10	1,301	12,8		
	18	-4,0	7 5	14 6,1	21 9	1	56 17	+ 12 5	1,278	13,1		
	22	-4,0	6 58	14 8,6	21 21	2	14 32	+ 13 55	1,254	13,3		
	26	-4,0	6 52	14 11,3	21 33	2	32 59	+ 15 41	1,230	13,6		
	30	-4,0	6 46	14 14,2	21 44	2	51 39	+ 17 20	1,205	13,9		
 Mars	2	+0,4	10 9	18 24,4	2 42	5	13 32	+ 25 25	1,154	8,1		
	12	+0,6	9 47	18 3,9	2 23	5	32 16	+ 25 34	1,254	7,5		
	22	+0,8	9 28	17 44,9	2 4	5	52 36	+ 25 36	1,355	6,9		
 Jupiter	2	-2,1	7 37	13 57,0	20 17	0	46 13	+ 3 46	5,775	34,1		
	12	-2,1	7 2	13 26,0	19 51	0	54 38	+ 4 40	5,849	33,7		
	22	-2,1	6 27	12 55,4	19 24	1	3 20	+ 5 35	5,904	33,4		
 Saturne	2	+0,9	6 16	11 18,6	16 21	22	7 40	- 12 54	10,788	15,4		
	12	+0,9	5 39	10 43,8	15 48	22	12 12	- 12 30	10,741	15,5		
	22	+0,9	5 2	10 8,8	15 15	22	16 34	- 12 7	10,670	15,6		
 Uranus	2	+5,8	8 42	16 2,8	23 23	2	52 47	+ 16 11	20,068	3,5		
	22	+5,8	7 25	14 47,2	22 9	2	55 50	+ 16 25	20,347	3,5		
 Neptune	2	+8,0	7 4	12 52,5	18 41	23	41 59	- 3 13	30,874	2,2		
	22	+8,0	5 47	11 36,6	17 26	23	44 46	- 2 55	30,901	2,2		
 Pluton	1	+14,4	5 13	9 23,7	13 34	20	8 44	- 22 33	35,462	0,1		

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

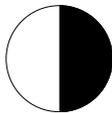
MARS 2023

	Jour	Jour lunaire	α		δ		π		Lever	Méridien	Coucher					
			h	min	s	°	'	"	h	min	h	min				
Lune	1	10	5	54	0	+27	29,8	54	34	11	8	19	51,8	3	43	
	2	11	6	47	47	+27	36,7	54	14	12	4	20	42,6	4	33	
	3	12	7	40	39	+26	27,2	54	4	13	7	21	31,8	5	13	
	4	13	8	31	53	+24	7,0	54	2	14	14	22	18,6	5	44	
	5	14	9	21	2	+20	44,6	54	7	15	24	23	3,2	6	8	
	6	15	10	8	8	+16	30,3	54	19	16	33	23	45,9	6	27	
	7	PL	10	53	30	+11	35,1	54	35	17	43				6	43
	8	17	11	37	44	+6	10,3	54	56	18	52	0	27,4		6	57
	9	18	12	21	38	+0	27,5	55	20	20	2	1	8,5		7	11
	10	19	13	6	5	-5	21,4	55	46	21	15	1	50,2		7	25
	11	20	13	52	4	-11	3,2	56	16	22	30	2	33,7		7	41
	12	21	14	40	35	-16	23,0	56	47	23	48	3	20,1		8	0
	13	22	15	32	33	-21	3,6	57	22			4	10,5		8	24
	14	23	16	28	34	-24	45,1	57	58	1	7	5	5,4		8	57
	15	DQ	17	28	33	-27	6,6	58	35	2	23	6	4,6		9	43
	16	25	18	31	29	-27	49,6	59	11	3	29	7	6,6		10	46
	17	26	19	35	30	-26	43,4	59	43	4	21	8	9,2		12	4
	18	27	20	38	25	-23	48,9	60	9	4	59	9	9,8		13	30
	19	28	21	38	41	-19	19,8	60	24	5	27	10	7,0		14	59
	20	29	22	35	43	-13	38,5	60	26	5	49	11	0,6		16	26
	21	NL	23	29	48	-7	11,6	60	13	6	7	11	51,4		17	51
	22	2	0	21	46	-0	26,0	59	46	6	24	12	40,3		19	13
	23	3	1	12	40	+6	13,6	59	6	6	41	13	28,7		20	34
	24	4	2	3	27	+12	25,3	58	19	6	59	14	17,5		21	54
	25	5	2	54	58	+17	50,8	57	27	7	19	15	7,4		23	12
	26	6	3	47	39	+22	15,5	56	36	7	45	15	58,7			
	27	7	4	41	35	+25	28,2	55	50	8	18	16	51,2		0	26
	28	8	5	36	19	+27	21,8	55	10	9	0	17	43,9		1	33
	29	PQ	6	31	1	+27	53,7	54	40	9	53	18	35,8		2	29
	30	10	7	24	46	+27	6,2	54	20	10	53	19	26,0		3	13
	31	11	8	16	45	+25	5,0	54	11	12	0	20	13,8		3	47

Apogée : le 3 à 18 h – Périgée : le 19 à 15 h – Apogée : le 31 à 11 h.



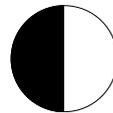
Pleine Lune
7/03 – 12 h 40 min



Dernier quartier
15/03 – 2 h 08 min



Nouvelle Lune
21/03 – 17 h 23 min



Premier quartier
29/03 – 2 h 32 min

AVRIL 2023

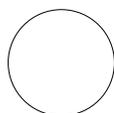
	M	S	A	Date	Temps sidéral			α	δ	Lever	Méridien Coucher		
	(1)	(1)		julienne (2)	de Greenwich (3)						h min	h min	h min
				246	h	min	s	h min s	° ' ,	h min	h min	h min	
Soleil	1	S	91	0036	12	36	23	0 40 28	+ 4 21,3	5 31	11 54,6	18 20	
	5	Me	95	0040	12	52	9	0 55 4	+ 5 53,4	5 22	11 53,4	18 26	
	9	D	99	0044	13	7	56	1 9 42	+ 7 23,8	5 14	11 52,3	18 31	
	13	J	103	0048	13	23	42	1 24 24	+ 8 52,3	5 6	11 51,2	18 37	
	17	L	107	0052	13	39	28	1 39 12	+ 10 18,4	4 58	11 50,3	18 43	
	21	V	111	0056	13	55	14	1 54 6	+ 11 41,8	4 50	11 49,4	18 49	
	25	Ma	115	0060	14	11	1	2 9 7	+ 13 2,1	4 43	11 48,7	18 55	
	29	S	119	0064	14	26	47	2 24 15	+ 14 19,0	4 36	11 48,0	19 1	
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher	α	δ	d	D				
	(1)		h min	h min	h min	h min s	° ' ,	au	"				
Mercure	3	-1,0	5 50	12 52,9	19 59	1 45 18	+ 12 19	1,104	6,1				
	7	-0,7	5 42	12 59,9	20 19	2 8 36	+ 15 10	1,002	6,7				
	11	-0,2	5 34	13 2,3	20 32	2 27 24	+ 17 20	0,898	7,5				
	15	+0,5	5 24	12 59,0	20 35	2 40 42	+ 18 43	0,800	8,4				
	19	+1,4	5 12	12 49,5	20 27	2 47 51	+ 19 16	0,715	9,4				
	23	+2,7	4 59	12 34,0	20 9	2 48 52	+ 19 0	0,646	10,4				
	27	+4,4	4 44	12 13,5	19 41	2 44 34	+ 17 58	0,596	11,3				
Vénus	3	-4,0	6 40	14 17,4	21 56	3 10 32	+ 18 52	1,179	14,2				
	7	-4,0	6 35	14 20,7	22 7	3 29 37	+ 20 17	1,152	14,5				
	11	-4,1	6 31	14 24,3	22 18	3 48 55	+ 21 34	1,125	14,8				
	15	-4,1	6 28	14 28,1	22 29	4 8 25	+ 22 43	1,098	15,2				
	19	-4,1	6 26	14 32,0	22 39	4 28 4	+ 23 42	1,070	15,6				
	23	-4,1	6 25	14 36,0	22 48	4 47 50	+ 24 31	1,041	16,0				
27	-4,1	6 25	14 40,1	22 56	5 7 41	+ 25 10	1,011	16,5					
Mars	1	+1,0	9 11	17 27,2	1 45	6 14 10	+ 25 28	1,454	6,4				
	11	+1,1	8 56	17 10,3	1 26	6 36 39	+ 25 8	1,551	6,0				
	21	+1,2	8 44	16 54,1	1 6	6 59 47	+ 24 36	1,646	5,7				
Jupiter	1	-2,0	5 52	12 24,9	18 58	1 12 13	+ 6 30	5,939	33,2				
	11	-2,1	5 17	11 54,5	18 32	1 21 12	+ 7 24	5,954	33,1				
	21	-2,0	4 43	11 24,2	18 6	1 30 14	+ 8 18	5,950	33,1				
Saturne	1	+0,9	4 25	9 33,5	14 42	22 20 42	- 11 45	10,577	15,7				
	11	+0,9	3 48	8 58,0	14 8	22 24 31	- 11 24	10,464	15,9				
	21	+0,9	3 11	8 22,1	13 33	22 27 58	- 11 6	10,333	16,1				
Uranus	11	+5,8	6 9	13 32,5	20 56	2 59 46	+ 16 42	20,547	3,4				
Neptune	11	+8,0	4 30	10 20,7	16 11	23 47 29	- 2 38	30,817	2,2				
Pluton	1	+14,4	3 14	7 24,6	11 35	20 11 32	- 22 29	35,052	0,1				

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

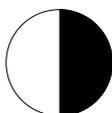
AVRIL 2023

	Jour	Jour lunaire	α			δ		π		Lever	Méridien	Coucher				
			h	min	s	°	'	"	h	min	h	min				
Lune	1	12	9	6	32	+ 21	59,0	54	11	13	9	20	59,1	4	13	
	2	13	9	54	9	+ 17	58,0	54	20	14	19	21	42,4	4	33	
	3	14	10	39	55	+ 13	12,6	54	37	15	29	22	24,3	4	50	
	4	15	11	24	30	+ 7	53,1	55	0	16	39	23	5,6	5	4	
	5	16	12	8	38	+ 2	10,6	55	28	17	49	23	47,5	5	18	
	6	PL	12	53	16	- 3	43,3	55	58	19	2				5	32
	7	18	13	39	20	- 9	34,9	56	29	20	18	0	30,9		5	47
	8	19	14	27	50	- 15	8,7	57	0	21	36	1	17,0		6	5
	9	20	15	19	38	- 20	6,3	57	29	22	57	2	6,8		6	27
	10	21	16	15	17	- 24	7,0	57	56			3	0,8		6	58
	11	22	17	14	42	- 26	49,6	58	21	0	15	3	59,1		7	40
	12	23	18	16	53	- 27	56,2	58	44	1	24	5	0,1		8	37
	13	DQ	19	20	1	- 27	16,4	59	3	2	19	6	1,7		9	49
	14	25	20	22	2	- 24	51,2	59	19	3	0	7	1,6		11	11
	15	26	21	21	27	- 20	52,4	59	30	3	31	7	58,2		12	37
	16	27	22	17	41	- 15	39,4	59	35	3	53	8	51,3		14	2
	17	28	23	11	1	- 9	34,8	59	32	4	12	9	41,5		15	26
	18	29	0	2	17	- 3	2,0	59	19	4	29	10	29,8		16	47
	19	30	0	52	29	+ 3	36,5	58	57	4	45	11	17,5		18	8
	20	NL	1	42	42	+ 9	59,2	58	26	5	1	12	5,7		19	28
	21	2	2	33	47	+ 15	46,3	57	48	5	21	12	55,2		20	48
	22	3	3	26	21	+ 20	40,1	57	7	5	44	13	46,5		22	5
	23	4	4	20	32	+ 24	25,7	56	24	6	14	14	39,4		23	17
	24	5	5	15	55	+ 26	52,5	55	44	6	52	15	33,1			
	25	6	6	11	38	+ 27	55,2	55	9	7	41	16	26,4		0	19
	26	7	7	6	33	+ 27	34,5	54	41	8	39	17	17,9		1	8
	27	PQ	7	59	40	+ 25	56,3	54	23	9	45	18	7,0		1	47
	28	9	8	50	24	+ 23	9,8	54	15	10	53	18	53,3		2	16
	29	10	9	38	39	+ 19	25,7	54	17	12	3	19	37,1		2	38
	30	11	10	24	47	+ 14	54,7	54	30	13	12	20	19,2		2	56

Périgée : le 16 à 2 h – Apogée : le 28 à 7 h.



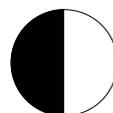
Pleine Lune
6/04 – 4 h 35 min



Dernier quartier
13/04 – 9 h 11 min



Nouvelle Lune
20/04 – 4 h 13 min



Premier quartier
27/04 – 21 h 20 min

MAI 2023

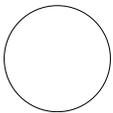
	M	S	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien Coucher							
	(1)	(1)		julienne	de Greenwich													
				(2)	(3)													
				246	h	min	s	h	min	s	°	'	h	min	h	min		
Soleil	1	L	121	0066	14	34	40	2	31	52	+ 14	56,0	4	32	11	47,8	19	4
	5	V	125	0070	14	50	26	2	47	12	+ 16	7,1	4	26	11	47,4	19	10
	9	Ma	129	0074	15	6	12	3	2	41	+ 17	13,8	4	20	11	47,1	19	16
	13	S	133	0078	15	21	59	3	18	20	+ 18	16,0	4	14	11	47,0	19	21
	17	Me	137	0082	15	37	45	3	34	8	+ 19	13,2	4	9	11	47,1	19	26
	21	D	141	0086	15	53	31	3	50	5	+ 20	5,3	4	4	11	47,2	19	31
	25	J	145	0090	16	9	17	4	6	10	+ 20	51,9	4	0	11	47,6	19	36
	29	L	149	0094	16	25	4	4	22	24	+ 21	32,7	3	56	11	48,1	19	41
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher		α		δ	d	D							
	(1)		h	min	h	min	h	min	s	°	'	au	"					
Mercure	1	+ 6,5	4	30	11	49,8	19	8	2	36	49	+ 16	21	0,567	11,9			
	5	+ 5,5	4	15	11	25,6	18	35	2	28	13	+ 14	28	0,559	12,0			
	9	+ 3,8	4	1	11	3,4	18	4	2	21	19	+ 12	43	0,571	11,8			
	13	+ 2,6	3	49	10	44,6	17	40	2	17	52	+ 11	25	0,598	11,3			
	17	+ 1,8	3	37	10	30,2	17	23	2	18	39	+ 10	44	0,639	10,5			
	21	+ 1,2	3	27	10	20,0	17	13	2	23	44	+ 10	42	0,690	9,8			
	25	+ 0,8	3	17	10	13,7	17	11	2	32	50	+ 11	15	0,749	9,0			
	29	+ 0,5	3	9	10	11,1	17	14	2	45	36	+ 12	17	0,815	8,3			
Vénus	1	- 4,2	6	25	14	44,1	23	3	5	27	30	+ 25	39	0,982	17,0			
	5	- 4,2	6	27	14	48,1	23	9	5	47	15	+ 25	57	0,951	17,5			
	9	- 4,2	6	30	14	51,8	23	13	6	6	50	+ 26	5	0,921	18,1			
	13	- 4,2	6	34	14	55,4	23	16	6	26	10	+ 26	2	0,889	18,8			
	17	- 4,3	6	39	14	58,6	23	18	6	45	12	+ 25	49	0,858	19,5			
	21	- 4,3	6	45	15	1,4	23	18	7	3	50	+ 25	27	0,826	20,2			
	25	- 4,3	6	51	15	3,7	23	16	7	21	59	+ 24	55	0,794	21,0			
	29	- 4,4	6	57	15	5,4	23	13	7	39	34	+ 24	14	0,762	21,9			
Mars	1	+ 1,3	8	33	16	38,2	0	45	7	23	21	+ 23	50	1,739	5,4			
	11	+ 1,4	8	24	16	22,6	0	24	7	47	8	+ 22	51	1,827	5,1			
	21	+ 1,5	8	15	16	7,1	0	1	8	11	0	+ 21	39	1,912	4,9			
	31	+ 1,6	8	8	15	51,5	23	34	8	34	51	+ 20	13	1,992	4,7			
Jupiter	1	- 2,0	4	8	10	53,9	17	40	1	39	15	+ 9	10	5,925	33,3			
	11	- 2,1	3	34	10	23,4	17	13	1	48	9	+ 10	1	5,881	33,5			
	21	- 2,1	2	59	9	52,7	16	46	1	56	53	+ 10	48	5,818	33,9			
	31	- 2,1	2	25	9	21,8	16	19	2	5	21	+ 11	33	5,738	34,4			
Saturne	1	+ 0,9	2	33	7	45,8	12	58	22	30	59	- 10	51	10,188	16,3			
	11	+ 0,9	1	56	7	9,0	12	22	22	33	32	- 10	38	10,032	16,6			
	21	+ 0,9	1	17	6	31,7	11	46	22	35	33	- 10	28	9,869	16,8			
	31	+ 0,9	0	39	5	53,8	11	8	22	36	59	- 10	22	9,702	17,1			
Uranus	1	+ 5,9	4	53	12	18,3	19	43	3	4	14	+ 17	1	20,649	3,4			
	21	+ 5,9	3	38	11	4,3	18	31	3	8	53	+ 17	20	20,644	3,4			
Neptune	1	+ 7,9	3	13	9	4,4	14	56	23	49	53	- 2	23	30,630	2,2			
	21	+ 7,9	1	55	7	47,7	13	40	23	51	47	- 2	12	30,363	2,2			
Pluton	1	+ 14,4	1	17	5	27,6	9	38	20	12	33	- 22	31	34,568	0,1			

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

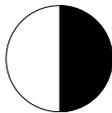
MAI 2023

	Jour	Jour lunaire	α			δ		π		Lever	Méridien	Coucher				
			h	min	s	°	'	"	h	min	h	min				
Lune	1	12	11	9	26	+ 9	46,8	54	51	14	21	21	0,5	3	11	
	2	13	11	53	26	+ 4	11,9	55	21	15	31	21	41,9	3	25	
	3	14	12	37	45	- 1	39,6	55	56	16	43	22	24,7	3	38	
	4	15	13	23	25	- 7	35,6	56	34	17	58	23	10,1	3	53	
	5	PL	14	11	29	- 13	21,1	57	13	19	17	23	59,2	4	10	
	6	17	15	2	59	- 18	37,7	57	50	20	39				4	30
	7	18	15	58	34	- 23	3,4	58	22	22	1	0	52,9		4	58
	8	19	16	58	18	- 26	14,2	58	48	23	15	1	51,1		5	36
	9	20	18	1	12	- 27	48,9	59	6			2	52,9		6	29
	10	21	19	5	18	- 27	34,7	59	17	0	16	3	55,6		7	38
	11	22	20	8	16	- 25	31,7	59	22	1	2	4	56,7		8	59
	12	DQ	21	8	19	- 21	52,4	59	20	1	35	5	54,2		10	24
	13	24	22	4	44	- 16	57,3	59	13	1	59	6	47,6		11	48
	14	25	22	57	47	- 11	9,2	59	2	2	19	7	37,5		13	10
	15	26	23	48	20	- 4	50,2	58	46	2	35	8	25,1		14	30
	16	27	0	37	31	+ 1	39,0	58	26	2	51	9	11,6		15	49
	17	28	1	26	29	+ 7	59,6	58	2	3	7	9	58,3		17	7
	18	29	2	16	15	+ 13	53,3	57	34	3	24	10	46,3		18	26
	19	NL	3	7	36	+ 19	2,8	57	2	3	46	11	36,2		19	44
	20	2	4	0	53	+ 23	11,9	56	29	4	12	12	28,3		20	58
	21	3	4	55	55	+ 26	7,2	55	55	4	47	13	22,0		22	5
	22	4	5	51	53	+ 27	39,9	55	23	5	31	14	16,0		23	1
	23	5	6	47	36	+ 27	47,5	54	55	6	26	15	8,8		23	44
	24	6	7	41	48	+ 26	33,9	54	33	7	30	15	59,3			
	25	7	8	33	36	+ 24	8,2	54	18	8	38	16	46,8		0	16
	26	8	9	22	43	+ 20	41,6	54	13	9	47	17	31,5		0	41
	27	PQ	10	9	20	+ 16	25,8	54	17	10	56	18	13,9		1	0
	28	10	10	54	3	+ 11	31,6	54	32	12	4	18	54,9		1	16
	29	11	11	37	42	+ 6	8,7	54	57	13	13	19	35,6		1	31
	30	12	12	21	16	+ 0	26,4	55	31	14	23	20	17,2		1	44
	31	13	13	5	52	- 5	25,1	56	12	15	36	21	0,9		1	58

Périgée : le 11 à 5 h – Apogée : le 26 à 2 h.



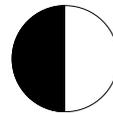
Pleine Lune
5/05 – 17 h 34 min



Dernier quartier
12/05 – 14 h 28 min



Nouvelle Lune
19/05 – 15 h 53 min



Premier quartier
27/05 – 15 h 22 min

JUIN 2023

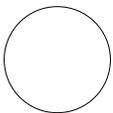
	M	S (1)	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien		Coucher					
				julienne (2)	de Greenwich (3)	h	min	s	h	min	s	°	'	h	min	h	min	
Soleil	1	J	152	0097	16	36	53	4	34	38	+ 21	59,4	3	54	11	48,5	19	44
	5	L	156	0101	16	52	39	4	51	3	+ 22	29,5	3	51	11	49,1	19	47
	9	V	160	0105	17	8	26	5	7	33	+ 22	53,5	3	50	11	49,9	19	50
	13	Ma	164	0109	17	24	12	5	24	8	+ 23	10,9	3	49	11	50,7	19	53
	17	S	168	0113	17	39	58	5	40	45	+ 23	21,9	3	48	11	51,5	19	55
	21	Me	172	0117	17	55	44	5	57	24	+ 23	26,2	3	49	11	52,4	19	56
	25	D	176	0121	18	11	31	6	14	3	+ 23	24,0	3	50	11	53,3	19	57
	29	J	180	0125	18	27	17	6	30	39	+ 23	15,1	3	52	11	54,1	19	56
				246														
	M	Magnitude (1)	Lever	Méridien	Coucher		α		δ	d	D							
			h	min	h	min	h	min	s	°	'	au	"					
Mercure	2	+ 0,2	3	3	10	11,9	17	22	3	1	48	+ 13	43	0,886	7,6			
	6	- 0,1	2	57	10	15,9	17	36	3	21	18	+ 15	27	0,960	7,0			
	10	- 0,3	2	54	10	23,4	17	54	3	44	8	+ 17	21	1,037	6,5			
	14	- 0,6	2	54	10	34,4	18	16	4	10	28	+ 19	20	1,114	6,0			
	18	- 0,9	2	58	10	49,0	18	42	4	40	26	+ 21	12	1,187	5,7			
	22	- 1,3	3	6	11	7,2	19	10	5	13	56	+ 22	48	1,250	5,4			
	26	- 1,7	3	19	11	28,2	19	38	5	50	24	+ 23	56	1,297	5,2			
	30	- 2,3	3	39	11	50,8	20	2	6	28	33	+ 24	24	1,323	5,1			
Vénus	2	- 4,4	7	3	15	6,4	23	9	7	56	30	+ 23	26	0,730	22,9			
	6	- 4,4	7	10	15	6,8	23	3	8	12	43	+ 22	30	0,697	23,9			
	10	- 4,5	7	15	15	6,3	22	56	8	28	10	+ 21	28	0,665	25,1			
	14	- 4,5	7	21	15	5,0	22	48	8	42	45	+ 20	21	0,632	26,4			
	18	- 4,6	7	26	15	2,7	22	39	8	56	25	+ 19	9	0,600	27,8			
	22	- 4,6	7	29	14	59,5	22	28	9	9	4	+ 17	55	0,568	29,4			
	26	- 4,6	7	32	14	55,0	22	17	9	20	37	+ 16	37	0,537	31,1			
	30	- 4,7	7	33	14	49,4	22	4	9	30	55	+ 15	19	0,506	33,0			
Mars	10	+ 1,6	8	2	15	35,8	23	9	8	58	35	+ 18	35	2,068	4,5			
	20	+ 1,7	7	56	15	20,0	22	43	9	22	10	+ 16	46	2,139	4,4			
	30	+ 1,7	7	51	15	4,0	22	17	9	45	35	+ 14	46	2,204	4,2			
Jupiter	10	- 2,1	1	50	8	50,6	15	51	2	13	29	+ 12	15	5,642	34,9			
	20	- 2,2	1	15	8	18,9	15	23	2	21	11	+ 12	53	5,531	35,6			
	30	- 2,2	0	40	7	46,7	14	53	2	28	21	+ 13	27	5,407	36,5			
Saturne	10	+ 0,8	0	0	5	15,3	10	30	22	37	50	- 10	19	9,537	17,4			
	20	+ 0,8	23	17	4	36,2	9	51	22	38	4	- 10	20	9,377	17,7			
	30	+ 0,7	22	38	3	56,4	9	11	22	37	40	- 10	25	9,228	18,0			
Uranus	10	+ 5,8	2	22	9	50,1	17	18	3	13	21	+ 17	37	20,534	3,4			
	30	+ 5,8	1	6	8	35,4	16	5	3	17	17	+ 17	53	20,331	3,5			
Neptune	10	+ 7,9	0	37	6	30,2	12	23	23	53	1	- 2	5	30,045	2,3			
	30	+ 7,9	23	15	5	12,0	11	5	23	53	28	- 2	3	29,710	2,3			
Pluton	1	+ 14,4	23	11	3	25,0	7	35	20	11	45	- 22	38	34,117	0,1			

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

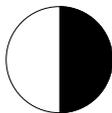
JUIN 2023

	Jour	Jour lunaire	α			δ		π		Lever	Méridien	Coucher				
			h	min	s	°	'	"	h	min	h	min				
Lune	1	14	13	52	37	-11	13,4	56	58	16	53	21	48,1	2	13	
	2	15	14	42	42	-16	42,2	57	46	18	14	22	40,1	2	32	
	3	16	15	37	6	-21	30,7	58	32	19	37	23	37,3	2	56	
	4	PL	16	36	15	-25	13,7	59	12	20	57				3	30
	5	18	17	39	35	-27	25,3	59	42	22	6	0	39,2	4	18	
	6	19	18	45	13	-27	46,4	60	0	22	59	1	43,7	5	23	
	7	20	19	50	29	-26	11,3	60	6	23	37	2	47,6	6	42	
	8	21	20	52	57	-22	50,5	59	59			3	48,0	8	9	
	9	22	21	51	24	-18	6,1	59	43	0	4	4	43,9	9	36	
	10	DQ	22	45	48	-12	24,0	59	20	0	25	5	35,3	10	59	
	11	24	23	36	59	-	6	9,2	58	52	0	42	6	23,5	12	19
	12	25	0	26	8	+	0	16,9	58	21	0	58	7	9,8	13	37
	13	26	1	14	31	+	6	35,8	57	50	1	14	7	55,7	14	55
	14	27	2	3	15	+	12	31,0	57	18	1	30	8	42,3	16	12
	15	28	2	53	18	+	17	46,9	56	47	1	50	9	30,7	17	29
	16	29	3	45	15	+	22	8,5	56	16	2	14	10	21,2	18	44
	17	30	4	39	11	+	25	22,4	55	47	2	45	11	13,8	19	53
	18	NL	5	34	32	+	27	18,0	55	20	3	25	12	7,5	20	52
	19	2	6	30	13	+	27	49,9	54	55	4	17	13	0,8	21	40
	20	3	7	24	57	+	26	59,2	54	34	5	17	13	52,3	22	16
	21	4	8	17	36	+	24	53,1	54	18	6	24	14	41,0	22	44
	22	5	9	7	34	+	21	42,7	54	8	7	33	15	26,7	23	5
	23	6	9	54	49	+	17	40,2	54	6	8	42	16	9,7	23	22
	24	7	10	39	48	+	12	57,6	54	12	9	50	16	50,7	23	36
	25	8	11	23	16	+	7	45,5	54	28	10	58	17	30,8	23	50
	26	PQ	12	6	9	+	2	13,2	54	54	12	6	18	11,1		
	27	10	12	49	30	-	3	29,9	55	30	13	16	18	52,9	0	3
	28	11	13	34	29	-	9	13,6	56	14	14	29	19	37,4	0	17
	29	12	14	22	20	-	14	44,8	57	5	15	47	20	26,2	0	34
	30	13	15	14	12	-	19	46,1	58	0	17	9	21	20,4	0	55

Périgée : le 6 à 23 h – Apogée : le 22 à 19 h.



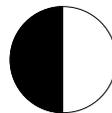
Pleine Lune
4/06 – 3 h 42 min



Dernier quartier
10/06 – 19 h 31 min



Nouvelle Lune
18/06 – 4 h 37 min



Premier quartier
26/06 – 7 h 50 min

JUILLET 2023

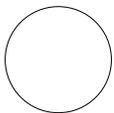
	M	S (1)	A	Date		Temps sidéral		α		δ		Lever	Méridien	Coucher	
				juulienne (2)	de Greenwich (3)	h	min	s	h	min	s	°	'	h	min
Soleil	1	S	182	0127	18 35	10	6 38	56	+ 23	8,2	3 53	11 54,5	19 56		
	5	Me	186	0131	18 50	56	6 55	27	+ 22	49,6	3 56	11 55,2	19 55		
	9	D	190	0135	19 6	42	7 11	52	+ 22	24,7	3 59	11 55,9	19 52		
	13	J	194	0139	19 22	29	7 28	11	+ 21	53,5	4 3	11 56,4	19 50		
	17	L	198	0143	19 38	15	7 44	23	+ 21	16,4	4 7	11 56,8	19 46		
	21	V	202	0147	19 54	1	8 0	27	+ 20	33,5	4 11	11 57,1	19 42		
	25	Ma	206	0151	20 9	47	8 16	21	+ 19	45,0	4 16	11 57,2	19 38		
	29	S	210	0155	20 25	34	8 32	6	+ 18	51,3	4 21	11 57,2	19 32		
	M (1)	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher	α	δ	d	D						
			h min	h min	h min	h min s	° '	au	"						
Mercur	4	-1,9	4 3	12 13,1	20 22	7 6 41	+ 24 7	1,327	5,1						
	8	-1,4	4 31	12 33,6	20 35	7 43 13	+ 23 9	1,311	5,1						
	12	-1,0	4 59	12 51,5	20 43	8 17 11	+ 21 36	1,279	5,3						
	16	-0,6	5 25	13 6,4	20 45	8 48 13	+ 19 37	1,237	5,4						
	20	-0,4	5 50	13 18,3	20 44	9 16 17	+ 17 21	1,188	5,7						
	24	-0,2	6 13	13 27,5	20 40	9 41 33	+ 14 55	1,136	5,9						
	28	-0,1	6 32	13 34,0	20 34	10 4 10	+ 12 24	1,080	6,2						
Vénus	4	-4,7	7 33	14 42,3	21 51	9 39 50	+ 14 1	0,476	35,0						
	8	-4,7	7 31	14 33,7	21 36	9 47 13	+ 12 45	0,447	37,3						
	12	-4,7	7 27	14 23,3	21 19	9 52 54	+ 11 32	0,420	39,8						
	16	-4,7	7 20	14 11,1	21 1	9 56 41	+ 10 24	0,393	42,4						
	20	-4,6	7 11	13 56,7	20 42	9 58 22	+ 9 22	0,369	45,2						
	24	-4,6	6 58	13 40,0	20 21	9 57 46	+ 8 30	0,347	48,1						
	28	-4,5	6 43	13 21,0	19 59	9 54 45	+ 7 48	0,328	50,9						
Mars	10	+1,7	7 45	14 47,8	21 50	10 8 50	+ 12 37	2,264	4,1						
	20	+1,8	7 40	14 31,6	21 22	10 31 58	+ 10 20	2,319	4,0						
	30	+1,8	7 36	14 15,2	20 54	10 55 1	+ 7 56	2,367	4,0						
Jupiter	10	-2,3	0 5	7 13,9	14 23	2 34 53	+ 13 57	5,272	37,4						
	20	-2,3	23 25	6 40,3	13 52	2 40 39	+ 14 23	5,128	38,4						
	30	-2,4	22 49	6 5,8	13 19	2 45 33	+ 14 43	4,979	39,6						
Saturne	10	+0,7	21 58	3 16,1	8 30	22 36 41	- 10 33	9,093	18,3						
	20	+0,6	21 18	2 35,3	7 48	22 35 8	- 10 45	8,976	18,5						
	30	+0,6	20 38	1 53,9	7 6	22 33 5	- 10 58	8,882	18,7						
Uranus	20	+5,8	23 45	7 19,8	14 51	3 20 23	+ 18 4	20,053	3,5						
Neptune	20	+7,9	21 56	3 53,1	9 46	23 53 8	- 2 6	29,395	2,3						
Pluton	1	+14,3	21 12	1 24,8	5 34	20 9 32	- 22 49	33,847	0,1						

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

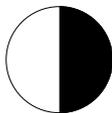
JUILLET 2023

	Jour	Jour lunaire	α			δ		π		Lever	Méridien	Coucher			
			h	min	s	°	'	''	h	min	h	min			
Lune	1	14	16	11	1	-23	55,0	58	54	18	31	22	20,2	1	24
	2	15	17	12	50	-26	44,9	59	43	19	47	23	24,5	2	4
	3	PL	18	18	29	-27	50,6	60	21	20	48			3	2
	4	17	19	25	28	-26	57,1	60	46	21	33	0	30,4	4	17
	5	18	20	30	49	-24	6,5	60	53	22	5	1	34,5	5	44
	6	19	21	32	29	-19	37,8	60	43	22	29	2	34,2	7	15
	7	20	22	29	47	-13	59,0	60	19	22	48	3	29,0	8	42
	8	21	23	23	12	-7	39,6	59	44	23	4	4	19,7	10	6
	9	22	0	13	51	-1	5,6	59	3	23	20	5	7,5	11	26
	10	DQ	1	3	0	+5	21,9	58	18	23	36	5	54,0	12	45
	11	24	1	51	54	+11	25,4	57	34	23	55	6	40,6	14	2
	12	25	2	41	35	+16	49,9	56	53			7	28,2	15	19
	13	26	3	32	47	+21	21,7	56	15	0	17	8	17,7	16	34
	14	27	4	25	49	+24	48,7	55	42	0	46	9	9,2	17	44
	15	28	5	20	22	+27	0,6	55	13	1	23	10	2,1	18	46
	16	29	6	15	36	+27	51,1	54	49	2	10	10	55,2	19	37
	17	NL	7	10	19	+27	19,4	54	29	3	8	11	47,1	20	17
	18	2	8	3	22	+25	30,7	54	14	4	13	12	36,7	20	47
	19	3	8	53	57	+22	34,5	54	3	5	22	13	23,3	21	9
	20	4	9	41	50	+18	43,1	53	59	6	31	14	7,1	21	27
	21	5	10	27	17	+14	8,8	54	0	7	39	14	48,6	21	42
	22	6	11	10	53	+9	3,4	54	9	8	47	15	28,6	21	56
	23	7	11	53	28	+3	37,2	54	25	9	54	16	8,1	22	9
	24	8	12	36	1	-2	0,2	54	51	11	2	16	48,4	22	22
	25	PQ	13	19	34	-7	39,1	55	25	12	12	17	30,6	22	37
	26	10	14	5	18	-13	8,3	56	8	13	26	18	16,2	22	56
	27	11	14	54	25	-18	13,8	56	59	14	44	19	6,5	23	20
	28	12	15	47	57	-22	37,2	57	55	16	5	20	2,3	23	53
	29	13	16	46	33	-25	55,5	58	53	17	23	21	3,5		
	30	14	17	49	49	-27	43,1	59	48	18	31	22	8,4	0	41
	31	15	18	56	4	-27	38,9	60	34	19	24	23	13,9	1	48

Périgée : le 4 à 22 h – Apogée : le 20 à 7 h.



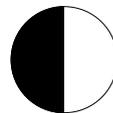
Pleine Lune
3/07 – 11 h 39 min



Dernier quartier
10/07 – 1 h 48 min



Nouvelle Lune
17/07 – 18 h 32 min



Premier quartier
25/07 – 22 h 07 min

AOÛT 2023

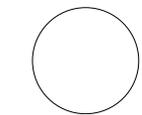
	M	S	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien Coucher							
	(1)	(1)		julienne	de Greenwich													
				246	h	min	s	h	min	s	°	'	h	min	h	min	h	min
Soleil	1	Ma	213	0158	20	37	23	8	43	48	+ 18	7,8	4	25	11	57,0	19	28
	5	S	217	0162	20	53	9	8	59	16	+ 17	5,7	4	30	11	56,7	19	22
	9	Me	221	0166	21	8	56	9	14	34	+ 15	59,1	4	36	11	56,2	19	16
	13	D	225	0170	21	24	42	9	29	43	+ 14	48,5	4	42	11	55,6	19	9
	17	J	229	0174	21	40	28	9	44	43	+ 13	34,0	4	47	11	54,8	19	2
	21	L	233	0178	21	56	14	9	59	35	+ 12	16,1	4	53	11	53,9	18	54
	25	V	237	0182	22	12	1	10	14	20	+ 10	55,1	4	58	11	52,8	18	46
	29	Ma	241	0186	22	27	47	10	28	57	+ 9	31,3	5	4	11	51,7	18	38
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher		α		δ	d	D							
	(1)		h	min	h	min	h	min	s	°	'	au	"					
Mercure	1	+ 0,0	6	49	13	38,0	20	25	10	24	18	+ 9	52	1,023	6,6			
	5	+ 0,1	7	2	13	39,5	20	15	10	41	56	+ 7	25	0,965	7,0			
	9	+ 0,2	7	12	13	38,4	20	3	10	56	59	+ 5	7	0,907	7,4			
	13	+ 0,4	7	18	13	34,4	19	50	11	9	10	+ 3	2	0,849	7,9			
	17	+ 0,5	7	18	13	27,0	19	35	11	18	4	+ 1	18	0,792	8,5			
	21	+ 0,8	7	13	13	15,6	19	18	11	23	0	+ 0	2	0,738	9,1			
	25	+ 1,4	7	0	12	59,4	18	59	11	23	14	- 0	35	0,690	9,8			
	29	+ 2,2	6	37	12	37,9	18	39	11	18	12	- 0	23	0,652	10,3			
Vénus	1	- 4,3	6	24	12	59,6	19	35	9	49	22	+ 7	19	0,312	53,5			
	5	- 4,1	6	1	12	36,2	19	11	9	41	51	+ 7	5	0,300	55,7			
	9	- 4,1	5	37	12	11,2	18	46	9	32	45	+ 7	5	0,292	57,2			
	13	- 4,1	5	10	11	45,6	18	22	9	22	51	+ 7	19	0,289	57,8			
	17	- 4,1	4	42	11	20,3	17	59	9	13	4	+ 7	44	0,290	57,5			
	21	- 4,2	4	15	10	56,1	17	37	9	4	20	+ 8	17	0,297	56,3			
	25	- 4,3	3	50	10	33,7	17	18	8	57	24	+ 8	55	0,307	54,4			
	29	- 4,5	3	27	10	13,6	17	1	8	52	48	+ 9	32	0,321	51,9			
Mars	9	+ 1,8	7	31	13	58,8	20	26	11	18	3	+ 5	26	2,411	3,9			
	19	+ 1,8	7	27	13	42,5	19	58	11	41	10	+ 2	52	2,448	3,8			
	29	+ 1,8	7	22	13	26,4	19	30	12	4	28	+ 0	15	2,479	3,8			
Jupiter	9	- 2,4	22	12	5	30,3	12	45	2	49	26	+ 14	59	4,827	40,8			
	19	- 2,5	21	35	4	53,7	12	9	2	52	13	+ 15	9	4,676	42,2			
	29	- 2,6	20	57	4	15,9	11	31	2	53	45	+ 15	14	4,529	43,5			
Saturne	9	+ 0,5	19	58	1	12,2	6	23	22	30	40	- 11	14	8,814	18,9			
	19	+ 0,5	19	17	0	30,2	5	39	22	27	57	- 11	31	8,774	18,9			
	29	+ 0,4	18	36	23	43,8	4	56	22	25	7	- 11	48	8,763	19,0			
Uranus	9	+ 5,8	22	28	6	3,1	13	34	3	22	22	+ 18	12	19,729	3,6			
	29	+ 5,7	21	10	4	45,1	12	17	3	23	3	+ 18	14	19,392	3,6			
Neptune	9	+ 7,8	20	37	2	33,4	8	26	23	52	5	- 2	14	29,136	2,3			
	29	+ 7,8	19	17	1	13,1	7	5	23	50	27	- 2	25	28,964	2,4			
Pluton	1	+ 14,3	19	8	23	15,9	3	27	20	6	31	- 23	1	33,820	0,1			

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

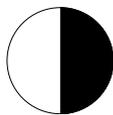
AOÛT 2023

	Jour	Jour lunaire	α			δ		π		Lever	Méridien	Coucher			
			h	min	s	°	'	'	"	h	min	h	min		
Lune	1	PL	20	2	35	-25	34,3	61	7	20	2	3	11		
	2		21	6	46	-21	38,1	61	21	20	30	0	16,8	4	42
	3		22	7	6	-16	14,3	61	16	20	51	1	15,3	6	14
	4		23	3	28	-9	53,7	60	52	21	9	2	9,4	7	43
	5		23	56	36	-3	7,1	60	13	21	25	3	0,1	9	7
	6		0	47	42	+3	38,8	59	24	21	42	3	48,6	10	29
	7		1	37	57	+10	2,3	58	31	21	59	4	36,5	11	49
	8	DQ	2	28	29	+15	46,1	57	37	22	21	5	24,8	13	8
	9		3	20	4	+20	35,8	56	47	22	47	6	14,4	14	25
	10		4	13	7	+24	19,6	56	2	23	22	7	5,7	15	37
	11		5	7	31	+26	48,1	55	24			7	58,3	16	42
	12		6	2	36	+27	55,5	54	53	0	6	8	51,3	17	36
	13		6	57	19	+27	40,6	54	30	1	1	9	43,5	18	18
	14		7	50	35	+26	7,6	54	12	2	4	10	33,6	18	51
	15		8	41	35	+23	24,8	54	1	3	12	11	21,0	19	15
	16	NL	9	30	0	+19	43,7	53	56	4	21	12	5,6	19	34
	17		10	15	57	+15	16,5	53	56	5	30	12	47,7	19	50
	18		10	59	56	+10	15,1	54	2	6	38	13	28,0	20	3
	19		11	42	39	+4	50,9	54	13	7	45	14	7,5	20	16
	20		12	24	59	-0	45,8	54	30	8	53	14	47,2	20	29
	21		13	7	53	-6	24,6	54	55	10	1	15	28,2	20	43
	22		13	52	23	-11	54,7	55	26	11	13	16	11,7	20	59
	23		14	39	34	-17	3,3	56	5	12	28	16	58,9	21	20
	24	PQ	15	30	27	-21	34,9	56	50	13	46	17	50,8	21	49
	25		16	25	48	-25	10,2	57	42	15	3	18	47,9	22	29
	26		17	25	42	-27	27,3	58	36	16	14	19	49,4	23	25
	27		18	29	13	-28	5,1	59	30	17	12	20	53,2		
	28		19	34	20	-26	49,5	60	19	17	56	21	56,4	0	39
	29		20	38	38	-23	39,9	60	57	18	28	22	56,8	2	5
	30		21	40	17	-18	50,6	61	19	18	52	23	53,3	3	38
	31	PL	22	38	33	-12	46,8	61	22	19	11			5	9

Périgée : le 2 à 6 h – Apogée : le 16 à 12 h – Périgée : le 30 à 16 h.



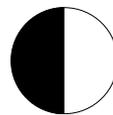
Plaine Lune
1/08 – 18 h 32 min



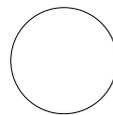
Dernier quartier
8/08 – 10 h 28 min



Nouvelle Lune
16/08 – 9 h 38 min



Premier quartier
24/08 – 9 h 57 min



Plaine Lune
31/08 – 1 h 36 min

SEPTEMBRE 2023

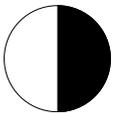
	M	S	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien Coucher	
	(1)	(1)		julienne (2)	de Greenwich (3)		h min s	h min s	° ' "	h min	h min	h min
Soleil	1	V	244	0189	22 39 36		10 39 51	+ 8 26,9	5 8	11 50,7	18 32	
	5	Ma	248	0193	22 55 23		10 54 19	+ 6 59,2	5 14	11 49,4	18 24	
	9	S	252	0197	23 11 9		11 8 44	+ 5 29,6	5 20	11 48,1	18 16	
	13	Me	256	0201	23 26 55		11 23 6	+ 3 58,5	5 25	11 46,7	18 7	
	17	D	260	0205	23 42 41		11 37 27	+ 2 26,3	5 31	11 45,2	17 59	
	21	J	264	0209	23 58 28		11 51 48	+ 0 53,3	5 37	11 43,8	17 50	
	25	L	268	0213	0 14 14		12 6 10	- 0 40,1	5 42	11 42,4	17 42	
	29	V	272	0217	0 30 0		12 20 34	- 2 13,5	5 48	11 41,1	17 33	
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher	α		δ	d	D		
	(1)		h min	h min	h min	h min s	° ' "	au	"			
Mercure	2	+ 3,7	6 6	12 11,8	18 19	11 8 13	+ 0 45	0,630	10,7			
	6	+ 5,4	5 28	11 43,2	17 59	10 55 20	+ 2 42	0,633	10,6			
	10	+ 4,0	4 50	11 16,1	17 43	10 43 32	+ 5 1	0,666	10,1			
	14	+ 1,9	4 20	10 55,1	17 31	10 37 18	+ 7 1	0,731	9,2			
	18	+ 0,4	4 2	10 42,6	17 24	10 39 34	+ 8 9	0,823	8,2			
	22	- 0,4	3 58	10 38,9	17 20	10 50 39	+ 8 8	0,932	7,2			
	26	- 0,8	4 6	10 41,9	17 17	11 8 52	+ 7 1	1,045	6,4			
	30	- 1,0	4 22	10 49,3	17 15	11 31 36	+ 5 2	1,149	5,9			
Vénus	2	- 4,6	3 6	9 56,2	16 46	8 50 45	+ 10 7	0,339	49,2			
	6	- 4,7	2 49	9 41,2	16 34	8 51 17	+ 10 37	0,359	46,4			
	10	- 4,7	2 34	9 28,7	16 23	8 54 15	+ 11 1	0,382	43,7			
	14	- 4,8	2 22	9 18,3	16 14	8 59 24	+ 11 17	0,406	41,1			
	18	- 4,8	2 13	9 9,8	16 7	9 6 29	+ 11 25	0,432	38,6			
	22	- 4,7	2 6	9 2,9	16 0	9 15 12	+ 11 25	0,459	36,4			
	26	- 4,7	2 1	8 57,3	15 53	9 25 20	+ 11 15	0,487	34,3			
	30	- 4,7	1 58	8 53,0	15 47	9 36 39	+ 10 57	0,516	32,4			
Mars	8	+ 1,7	7 19	13 10,6	19 2	12 28 0	- 2 24	2,505	3,7			
	18	+ 1,7	7 15	12 55,1	18 34	12 51 56	- 5 3	2,525	3,7			
	28	+ 1,7	7 12	12 40,2	18 7	13 16 21	- 7 39	2,538	3,7			
Jupiter	8	- 2,7	20 18	3 36,8	10 52	2 54 0	+ 15 13	4,391	44,9			
	18	- 2,7	19 38	2 56,4	10 11	2 52 55	+ 15 7	4,267	46,2			
	28	- 2,8	18 57	2 14,7	9 28	2 50 33	+ 14 55	4,160	47,4			
Saturne	8	+ 0,5	17 55	23 1,7	4 12	22 22 17	- 12 5	8,783	18,9			
	18	+ 0,5	17 15	22 19,7	3 29	22 19 36	- 12 20	8,832	18,8			
	28	+ 0,6	16 34	21 38,1	2 46	22 17 13	- 12 34	8,909	18,7			
Uranus	18	+ 5,7	19 51	3 25,8	10 57	3 22 24	+ 18 11	19,080	3,7			
Neptune	18	+ 7,8	17 58	23 48,5	5 43	23 48 30	- 2 38	28,902	2,4			
Pluton	1	+ 14,4	17 5	21 11,3	1 22	20 3 48	- 23 11	34,063	0,1			

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

SEPTEMBRE 2023

	Jour	Jour lunaire	α			δ		π		Lever	Méridien	Coucher	
			h	min	s	°	'	'	"	h	min	h	min
Lune	1	17	23	33	44	- 5	59,0	61	6	19	28	0 46,4	6 37
	2	18	0	26	45	+ 1	2,7	60	31	19	45	1 37,1	8 3
	3	19	1	18	41	+ 7	51,4	59	43	20	3	2 26,7	9 27
	4	20	2	10	38	+ 14	4,5	58	47	20	23	3 16,5	10 49
	5	21	3	3	25	+ 19	23,9	57	49	20	48	4 7,2	12 10
	6	DQ	3	57	26	+ 23	35,4	56	53	21	20	4 59,3	13 26
	7	23	4	52	39	+ 26	28,7	56	3	22	1	5 52,7	14 35
	8	24	5	48	25	+ 27	57,9	55	21	22	53	6 46,5	15 34
	9	25	6	43	45	+ 28	2,4	54	48	23	54	7 39,4	16 20
	10	26	7	37	36	+ 26	46,2	54	23			8 30,3	16 55
	11	27	8	29	10	+ 24	18,0	54	7	1	1	9 18,6	17 21
	12	28	9	18	8	+ 20	48,6	53	59	2	11	10 3,9	17 41
	13	29	10	4	36	+ 16	29,9	53	58	3	20	10 46,7	17 57
	14	30	10	49	1	+ 11	33,5	54	4	4	29	11 27,6	18 11
	15	NL	11	32	5	+ 6	10,8	54	14	5	36	12 7,4	18 24
	16	2	12	14	36	+ 0	32,5	54	29	6	44	12 47,1	18 37
	17	3	12	57	27	- 5	10,3	54	49	7	53	13 27,7	18 50
	18	4	13	41	36	- 10	46,2	55	13	9	4	14 10,4	19 6
	19	5	14	28	1	- 16	2,1	55	42	10	17	14 56,1	19 25
	20	6	15	17	36	- 20	43,1	56	15	11	34	15 45,8	19 50
	21	7	16	11	3	- 24	31,7	56	53	12	51	16 40,0	20 24
	22	PQ	17	8	33	- 27	8,5	57	35	14	3	17 38,4	21 13
	23	9	18	9	28	- 28	14,8	58	19	15	4	18 39,5	22 17
	24	10	19	12	15	- 27	36,9	59	4	15	52	19 40,9	23 37
	25	11	20	14	55	- 25	10,7	59	47	16	27	20 40,5	
	26	12	21	15	46	- 21	3,8	60	22	16	53	21 37,2	1 5
	27	13	22	13	55	- 15	34,1	60	47	17	14	22 30,9	2 35
	28	14	23	9	23	- 9	6,1	60	56	17	31	23 22,3	4 3
	29	PL	0	2	54	- 2	7,2	60	47	17	48		5 30
	30	16	0	55	27	+ 4	54,9	60	22	18	5	0 12,6	6 56

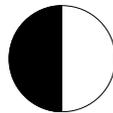
Apogée : le 12 à 16 h – Périgée : le 28 à 1 h.



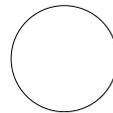
Dernier quartier
6/09 – 22 h 21 min



Nouvelle Lune
15/09 – 1 h 40 min



Premier quartier
22/09 – 19 h 32 min



Pleine Lune
29/09 – 9 h 58 min

OCTOBRE 2023

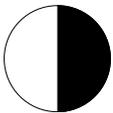
	M	S	A	Date	Temps sidéral		α	δ	Lever	Méridien Coucher			
	(1)	(1)		julienne	de Greenwich								
				246	h min	s	h min	s	°	'	h min	h min	h min
Soleil	1	D	274	0219	0	37 53	12 27 47	- 3	0,0	5 51	11 40,4	17 29	
	5	J	278	0223	0	53 39	12 42 17	- 4	32,8	5 57	11 39,1	17 21	
	9	L	282	0227	1	9 26	12 56 53	- 6	4,8	6 3	11 38,0	17 12	
	13	V	286	0231	1	25 12	13 11 37	- 7	35,4	6 9	11 36,9	17 4	
	17	Ma	290	0235	1	40 58	13 26 28	- 9	4,5	6 15	11 36,1	16 56	
	21	S	294	0239	1	56 44	13 41 29	- 10	31,4	6 21	11 35,3	16 49	
	25	Me	298	0243	2	12 30	13 56 40	- 11	55,8	6 27	11 34,8	16 41	
	29	D	302	0247	2	28 17	14 12 2	- 13	17,3	6 34	11 34,4	16 34	
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher	α	δ	d	D				
	(1)		h min	h min	h min	h min	s	°	'	au	"		
Mercure	4	- 1,1	4 44	10 58,6	17 12	11 56 35	+ 2 27	1,237	5,4				
	8	- 1,2	5 7	11 8,6	17 8	12 22 17	- 0 27	1,306	5,2				
	12	- 1,3	5 31	11 18,5	17 4	12 47 57	- 3 27	1,359	5,0				
	16	- 1,5	5 54	11 28,0	17 0	13 13 18	- 6 27	1,396	4,8				
	20	- 1,6	6 17	11 37,3	16 56	13 38 18	- 9 21	1,420	4,7				
	24	- 1,3	6 40	11 46,2	16 52	14 3 3	- 12 6	1,432	4,7				
	28	- 1,0	7 1	11 55,1	16 48	14 27 41	- 14 40	1,435	4,7				
Vénus	4	- 4,7	1 57	8 49,6	15 42	9 48 58	+ 10 30	0,545	30,6				
	8	- 4,6	1 57	8 47,1	15 36	10 2 7	+ 9 54	0,574	29,1				
	12	- 4,6	1 59	8 45,2	15 31	10 15 58	+ 9 10	0,604	27,6				
	16	- 4,6	2 2	8 43,9	15 25	10 30 22	+ 8 18	0,634	26,3				
	20	- 4,5	2 6	8 43,0	15 20	10 45 13	+ 7 18	0,664	25,1				
	24	- 4,5	2 10	8 42,5	15 14	11 0 28	+ 6 12	0,694	24,0				
	28	- 4,5	2 16	8 42,3	15 8	11 16 2	+ 4 59	0,725	23,0				
Mars	8	+ 1,6	7 10	12 25,8	17 41	13 41 22	- 10 12	2,547	3,7				
	18	+ 1,6	7 8	12 12,2	17 15	14 7 6	- 12 39	2,550	3,7				
	28	+ 1,5	7 7	11 59,3	16 51	14 33 38	- 14 58	2,547	3,7				
Jupiter	8	- 2,8	18 16	1 31,9	8 44	2 47 1	+ 14 38	4,075	48,4				
	18	- 2,9	17 34	0 48,2	7 58	2 42 34	+ 14 17	4,016	49,1				
	28	- 2,9	16 51	0 3,8	7 12	2 37 29	+ 13 53	3,986	49,5				
Saturne	8	+ 0,6	15 54	20 56,9	2 4	22 15 16	- 12 44	9,011	18,4				
	18	+ 0,7	15 14	20 16,2	1 23	22 13 51	- 12 51	9,135	18,2				
	28	+ 0,7	14 34	19 36,1	0 42	22 13 2	- 12 55	9,276	17,9				
Uranus	8	+ 5,7	18 31	2 5,3	9 36	3 20 29	+ 18 4	18,830	3,7				
	28	+ 5,6	17 10	0 43,8	8 13	3 17 38	+ 17 53	18,673	3,8				
Neptune	8	+ 7,8	16 38	22 27,9	4 22	23 46 30	- 2 51	28,958	2,4				
	28	+ 7,8	15 19	21 7,6	3 0	23 44 47	- 3 2	29,127	2,3				
Pluton	1	+ 14,4	15 6	19 12,0	23 18	20 2 23	- 23 16	34,500	0,1				

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

OCTOBRE 2023

	Jour	Jour lunaire	α		δ		π	Lever	Méridien	Coucher
			h	min s	°	'	'	"	h	min
Lune	1	17	1 48	6	+11 34,1	59 42	18 24	1 3,0	8 20	
	2	18	2 41	41	+17 27,5	58 52	18 47	1 54,5	9 44	
	3	19	3 36	42	+22 15,9	57 57	19 16	2 47,6	11 6	
	4	20	4 33	7	+25 44,9	57 2	19 55	3 42,2	12 21	
	5	21	5 30	15	+27 46,0	56 11	20 44	4 37,5	13 26	
	6	DQ	6 27	0	+28 17,3	55 27	21 43	5 32,1	14 17	
	7	23	7 22	11	+27 23,2	54 51	22 49	6 24,6	14 56	
	8	24	8 14	55	+25 12,8	54 26	23 58	7 14,2	15 25	
	9	25	9 4	47	+21 57,9	54 11		8 0,7	15 47	
	10	26	9 51	55	+17 50,7	54 5	1 8	8 44,3	16 5	
	11	27	10 36	49	+13 2,8	54 8	2 17	9 25,8	16 19	
	12	28	11 20	11	+ 7 45,1	54 18	3 25	10 5,9	16 32	
	13	29	12 2	53	+ 2 7,9	54 35	4 33	10 45,7	16 45	
	14	NL	12 45	50	- 3 38,1	54 56	5 42	11 26,3	16 58	
	15	2	13 29	57	- 9 21,2	55 20	6 53	12 8,6	17 13	
	16	3	14 16	13	-14 48,1	55 47	8 6	12 53,8	17 31	
	17	4	15 5	30	-19 42,9	56 16	9 23	13 42,7	17 54	
	18	5	15 58	27	-23 47,8	56 45	10 41	14 35,9	18 25	
	19	6	16 55	12	-26 43,3	57 16	11 55	15 33,0	19 8	
	20	7	17 55	8	-28 11,4	57 47	12 59	16 32,7	20 7	
	21	8	18 56	46	-27 59,2	58 18	13 50	17 32,9	21 21	
	22	PQ	19 58	15	-26 3,0	58 49	14 28	18 31,5	22 44	
	23	10	20 57	57	-22 29,3	59 18	14 56	19 27,2		
	24	11	21 55	0	-17 32,9	59 42	15 17	20 20,0	0 10	
	25	12	22 49	27	-11 34,1	59 59	15 35	21 10,5	1 36	
	26	13	23 41	57	- 4 55,4	60 6	15 52	21 59,8	3 1	
	27	14	0 33	32	+ 1 59,3	60 1	16 8	22 49,2	4 25	
	28	PL	1 25	17	+ 8 45,9	59 43	16 26	23 39,9	5 49	
	29	16	2 18	12	+15 0,8	59 13	16 46		7 14	
	30	17	3 12	57	+20 21,5	58 34	17 13	0 32,6	8 38	
	31	18	4 9	39	+24 28,9	57 47	17 47	1 27,4	9 58	

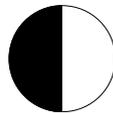
Apogée : le 10 à 4 h – Périgée : le 26 à 3 h.



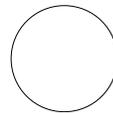
Dernier quartier
6/10 – 13 h 48 min



Nouvelle Lune
14/10 – 17 h 55 min



Premier quartier
22/10 – 3 h 29 min



Pleine Lune
28/10 – 20 h 24 min

NOVEMBRE 2023

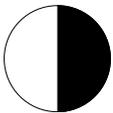
	M	S (1)	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien Coucher	
				julienne (2)	de Greenwich (3)		h min s		° ' "	h min	h min	h min
Soleil	1	Me	305	0250	2 40	6	14 23	42	- 14 16,3	6 38	11 34,2	16 29
	5	D	309	0254	2 55	52	14 39	26	- 15 31,7	6 45	11 34,2	16 23
	9	J	313	0258	3 11	39	14 55	23	- 16 43,0	6 51	11 34,4	16 17
	13	L	317	0262	3 27	25	15 11	35	- 17 49,8	6 57	11 34,9	16 12
	17	V	321	0266	3 43	11	15 27	59	- 18 51,7	7 4	11 35,6	16 7
	21	Ma	325	0270	3 58	57	15 44	38	- 19 48,2	7 10	11 36,4	16 3
	25	S	329	0274	4 14	44	16 1	28	- 20 38,9	7 16	11 37,5	15 59
	29	Me	333	0278	4 30	30	16 18	31	- 21 23,5	7 21	11 38,8	15 56
	M	Magnitude (1)	Lever	Méridien	Coucher		α		δ	d	D	
			h min	h min	h min		h min s		° ' "	au	"	
Mercure	1	-0,8	7 22	12 4,0	16 44		14 52 19		- 17 2	1,428	4,7	
	5	-0,6	7 43	12 13,0	16 42		15 17 4		- 19 10	1,413	4,8	
	9	-0,5	8 3	12 22,2	16 41		15 41 59		- 21 3	1,389	4,8	
	13	-0,5	8 21	12 31,6	16 41		16 7 6		- 22 40	1,356	5,0	
	17	-0,4	8 39	12 41,0	16 43		16 32 18		- 23 58	1,315	5,1	
	21	-0,4	8 54	12 50,4	16 46		16 57 26		- 24 57	1,264	5,3	
	25	-0,4	9 7	12 59,2	16 51		17 22 7		- 25 36	1,202	5,6	
	29	-0,5	9 16	13 6,8	16 57		17 45 43		- 25 52	1,131	6,0	
Vénus	1	-4,4	2 22	8 42,5	15 2		11 31 53		+ 3 41	0,755	22,1	
	5	-4,4	2 29	8 42,8	14 56		11 47 59		+ 2 18	0,785	21,3	
	9	-4,4	2 36	8 43,4	14 50		12 4 19		+ 0 50	0,815	20,5	
	13	-4,3	2 44	8 44,2	14 44		12 20 52		- 0 41	0,844	19,8	
	17	-4,3	2 52	8 45,2	14 38		12 37 37		- 2 15	0,874	19,1	
	21	-4,3	3 0	8 46,4	14 31		12 54 34		- 3 50	0,903	18,5	
	25	-4,3	3 9	8 47,8	14 25		13 11 45		- 5 27	0,932	17,9	
	29	-4,2	3 19	8 49,5	14 20		13 29 10		- 7 4	0,960	17,4	
Mars	7	+1,5	7 6	11 47,4	16 28		15 1 3		- 17 7	2,540	3,7	
	17	+1,4	7 6	11 36,4	16 7		15 29 25		- 19 3	2,528	3,7	
	27	+1,4	7 5	11 26,3	15 47		15 58 45		- 20 44	2,511	3,7	
Jupiter	7	-2,9	16 9	23 14,7	6 25		2 32 10		+ 13 29	3,986	49,5	
	17	-2,9	15 26	22 30,3	5 39		2 27 1		+ 13 5	4,018	49,1	
	27	-2,8	14 44	21 46,5	4 53		2 22 26		+ 12 44	4,079	48,3	
Saturne	7	+0,8	13 54	18 56,6	0 3		22 12 51		- 12 54	9,430	17,6	
	17	+0,8	13 15	18 17,9	23 21		22 13 20		- 12 50	9,593	17,3	
	27	+0,8	12 36	17 39,7	22 43		22 14 29		- 12 43	9,758	17,0	
Uranus	17	+5,6	15 49	23 17,8	6 50		3 14 20		+ 17 41	18,633	3,8	
Neptune	17	+7,8	13 59	19 47,8	1 40		23 43 38		- 3 9	29,389	2,3	
Pluton	1	+14,4	13 4	17 10,5	21 17		20 2 45		- 23 15	35,045	0,1	

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

NOVEMBRE 2023

Lune	Jour	Jour lunaire	α			δ		π		Lever	Méridien	Coucher			
			h	min	s	°	'	'	"	h	min	h	min		
1	19		5	7	44	+27	9,1	56	59	18	32	2	23,7	11	10
2	20		6	6	1	+28	15,8	56	12	19	28	3	20,1	12	9
3	21		7	3	2	+27	51,0	55	30	20	33	4	14,9	12	54
4	22		7	57	33	+26	3,6	54	56	21	43	5	6,6	13	27
5	DQ		8	48	55	+23	6,5	54	31	22	53	5	54,9	13	51
6	24		9	37	9	+19	13,4	54	16			6	39,8	14	11
7	25		10	22	43	+14	36,9	54	12	0	2	7	22,0	14	26
8	26		11	6	24	+9	28,3	54	18	1	10	8	2,4	14	40
9	27		11	49	6	+3	57,3	54	33	2	18	8	42,1	14	52
10	28		12	31	49	-1	46,4	54	55	3	26	9	22,2	15	5
11	29		13	15	34	-7	32,3	55	24	4	37	10	4,0	15	19
12	30		14	1	25	-13	7,9	55	56	5	50	10	48,4	15	36
13	NL		14	50	19	-18	17,6	56	30	7	7	11	36,6	15	57
14	2		15	43	3	-22	42,7	57	3	8	26	12	29,4	16	26
15	3		16	39	51	-26	2,0	57	34	9	43	13	26,4	17	6
16	4		17	40	10	-27	55,1	58	2	10	53	14	26,6	18	1
17	5		18	42	26	-28	7,1	58	25	11	48	15	27,5	19	11
18	6		19	44	33	-26	33,1	58	44	12	30	16	26,8	20	32
19	7		20	44	37	-23	20,1	58	59	13	0	17	23,0	21	56
20	PQ		21	41	39	-18	44,2	59	9	13	23	18	15,6	23	21
21	9		22	35	35	-13	5,8	59	16	13	41	19	5,3		
22	10		23	27	7	-6	46,3	59	18	13	58	19	53,3	0	44
23	11		0	17	20	-0	6,9	59	14	14	13	20	40,9	2	5
24	12		1	7	26	+6	32,0	59	4	14	29	21	29,4	3	26
25	13		1	58	32	+12	49,6	58	47	14	48	22	20,0	4	48
26	14		2	51	33	+18	25,3	58	22	15	12	23	13,3	6	11
27	PL		3	46	56	+22	58,9	57	51	15	42			7	32
28	16		4	44	28	+26	12,9	57	15	16	22	0	8,9	8	49
29	17		5	43	9	+27	55,9	56	37	17	14	1	5,8	9	54
30	18		6	41	24	+28	4,6	55	58	18	16	2	2,2	10	46

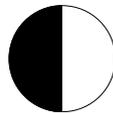
Apogée : le 6 à 22 h – Périgée : le 21 à 21 h.



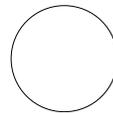
Dernier quartier
5/11 – 8 h 37 min



Nouvelle Lune
13/11 – 9 h 27 min



Premier quartier
20/11 – 10 h 50 min



Pleine Lune
27/11 – 9 h 16 min

DÉCEMBRE 2023

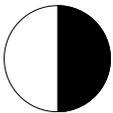
	M	S	A	Date	Temps sidéral		α		δ	Lever	Méridien Coucher							
	(1)	(1)		julienne	de Greenwich													
				(2)	(3)													
				246	h	min	s	h	min	s	°	'	h	min	h	min	h	min
Soleil	1	V	335	0280	4	38	23	16	27	6	- 21	43,3	7	24	11	39,6	15	55
	5	Ma	339	0284	4	54	9	16	44	25	- 22	18,1	7	29	11	41,1	15	53
	9	S	343	0288	5	9	55	17	1	54	- 22	46,0	7	33	11	42,8	15	52
	13	Me	347	0292	5	25	42	17	19	30	- 23	6,7	7	37	11	44,7	15	52
	17	D	351	0296	5	41	28	17	37	11	- 23	20,1	7	40	11	46,6	15	53
	21	J	355	0300	5	57	14	17	54	55	- 23	26,0	7	43	11	48,6	15	54
	25	L	359	0304	6	13	0	18	12	41	- 23	24,4	7	45	11	50,6	15	57
	29	V	363	0308	6	28	47	18	30	25	- 23	15,2	7	45	11	52,5	16	0
	M	Magnitude	Lever	Méridien	Coucher		α		δ	d	D							
	(1)		h min	h min	h min		h min s		° ' "	au	"							
Mercure	3	-0,5	9 21	13 12,0	17 3	18 7 8	- 25 45	1,049	6,4									
	7	-0,4	9 19	13 13,0	17 8	18 24 37	- 25 17	0,957	7,0									
	11	-0,1	9 8	13 6,9	17 6	18 35 24	- 24 30	0,861	7,8									
	15	+0,8	8 45	12 50,0	16 55	18 35 54	- 23 30	0,771	8,7									
	19	+2,9	8 9	12 20,4	16 32	18 23 34	- 22 22	0,702	9,6									
	23	+5,6	7 25	11 42,3	16 0	18 1 33	- 21 14	0,676	10,0									
	27	+2,6	6 44	11 6,1	15 29	17 40 8	- 20 24	0,699	9,6									
	31	+0,8	6 16	10 39,9	15 4	17 28 17	- 20 8	0,759	8,9									
Vénus	3	-4,2	3 28	8 51,4	14 14	13 46 50	- 8 41	0,989	16,9									
	7	-4,2	3 38	8 53,6	14 9	14 4 46	- 10 16	1,016	16,4									
	11	-4,1	3 48	8 56,1	14 4	14 22 59	- 11 49	1,044	16,0									
	15	-4,1	3 58	8 58,9	13 59	14 41 31	- 13 19	1,071	15,6									
	19	-4,1	4 8	9 2,0	13 55	15 0 21	- 14 45	1,098	15,2									
	23	-4,1	4 19	9 5,4	13 52	15 19 30	- 16 6	1,124	14,8									
	27	-4,1	4 29	9 9,1	13 49	15 38 59	- 17 21	1,150	14,5									
	31	-4,0	4 39	9 13,2	13 47	15 58 48	- 18 30	1,176	14,2									
Mars	7	+1,4	7 4	11 17,2	15 30	16 29 2	- 22 6	2,491	3,8									
	17	+1,4	7 2	11 9,0	15 16	17 0 11	- 23 8	2,466	3,8									
	27	+1,4	6 58	11 1,5	15 5	17 32 4	- 23 47	2,439	3,8									
Jupiter	7	-2,8	14 2	21 3,6	4 9	2 18 44	+ 12 28	4,167	47,3									
	17	-2,7	13 21	20 21,9	3 26	2 16 10	+ 12 18	4,279	46,1									
	27	-2,6	12 41	19 41,4	2 46	2 14 53	+ 12 15	4,410	44,7									
Saturne	7	+0,9	11 58	17 2,2	22 7	22 16 15	- 12 32	9,922	16,8									
	17	+0,9	11 20	16 25,3	21 31	22 18 36	- 12 17	10,080	16,5									
	27	+0,9	10 42	15 48,9	20 56	22 21 30	- 12 0	10,226	16,3									
Uranus	7	+5,6	14 29	21 56,0	5 27	3 11 7	+ 17 28	18,716	3,8									
	27	+5,7	13 8	20 34,9	4 5	3 8 33	+ 17 19	18,912	3,7									
Neptune	7	+7,9	12 41	18 28,8	0 21	23 43 13	- 3 11	29,713	2,3									
	27	+7,9	11 22	17 10,6	22 59	23 43 39	- 3 7	30,058	2,3									
Pluton	1	+14,5	11 8	15 14,7	19 22	20 4 54	- 23 9	35,527	0,1									

(1) Jour : M du mois, S de la semaine, A de l'année. (2) À 12 h UTC. (3) À 0 h UTC.

DÉCEMBRE 2023

	Jour	Jour lunaire	α			δ		π		Lever	Méridien	Coucher			
			h	min	s	°	'	"	h	min	h	min			
Lune	1	19	7	37	40	+26	44,8	55	22	19	25	2	56,1	11	25
	2	20	8	30	50	+24	8,7	54	52	20	36	3	46,6	11	53
	3	21	9	20	34	+20	31,1	54	30	21	46	4	33,3	12	14
	4	22	10	7	11	+16	6,7	54	17	22	55	5	16,7	12	31
	5	DQ	10	51	24	+11	8,0	54	14			5	57,6	12	45
	6	24	11	34	7	+5	45,5	54	21	0	2	6	37,2	12	58
	7	25	12	16	23	+0	8,6	54	39	1	9	7	16,7	13	11
	8	26	12	59	17	-5	33,8	55	7	2	18	7	57,2	13	24
	9	27	13	43	57	-11	11,0	55	42	3	29	8	40,0	13	39
	10	28	14	31	31	-16	29,7	56	23	4	44	9	26,5	13	58
	11	29	15	22	59	-21	12,8	57	7	6	3	10	17,6	14	24
	12	NL	16	18	57	-24	58,8	57	49	7	23	11	13,7	14	59
	13	2	17	19	16	-27	24,4	58	28	8	37	12	14,2	15	49
	14	3	18	22	34	-28	9,3	58	59	9	40	13	16,9	16	56
	15	4	19	26	35	-27	3,4	59	21	10	28	14	18,8	18	16
	16	5	20	28	54	-24	10,3	59	34	11	3	15	17,6	19	43
	17	6	21	27	56	-19	46,6	59	36	11	28	16	12,2	21	9
	18	7	22	23	17	-14	15,6	59	31	11	48	17	3,1	22	33
	19	PQ	23	15	29	-8	1,6	59	18	12	4	17	51,3	23	54
	20	9	0	5	38	-1	27,4	59	2	12	20	18	38,3		
	21	10	0	54	58	+5	6,9	58	41	12	35	19	25,4	1	13
	22	11	1	44	45	+11	22,7	58	19	12	53	20	14,0	2	33
	23	12	2	36	1	+17	1,9	57	54	13	14	21	4,9	3	54
	24	13	3	29	30	+21	46,9	57	27	13	41	21	58,6	5	14
	25	14	4	25	22	+25	20,9	56	59	14	16	22	54,2	6	31
	26	15	5	23	1	+27	30,4	56	29	15	3	23	50,5	7	40
	27	PL	6	21	8	+28	8,4	55	59	16	1			8	37
	28	17	7	18	6	+27	15,9	55	29	17	9	0	45,6	9	21
	29	18	8	12	30	+25	2,1	55	2	18	19	1	37,7	9	53
	30	19	9	3	38	+21	41,1	54	39	19	31	2	26,2	10	17
	31	20	9	51	27	+17	28,1	54	21	20	40	3	11,0	10	35

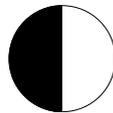
Apogée : le 4 à 19 h – Périgée : le 16 à 19 h.



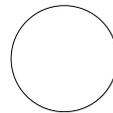
Dernier quartier
5/12 – 5 h 49 min



Nouvelle Lune
12/12 – 23 h 32 min



Premier quartier
19/12 – 18 h 39 min



Pleine Lune
27/12 – 0 h 33 min

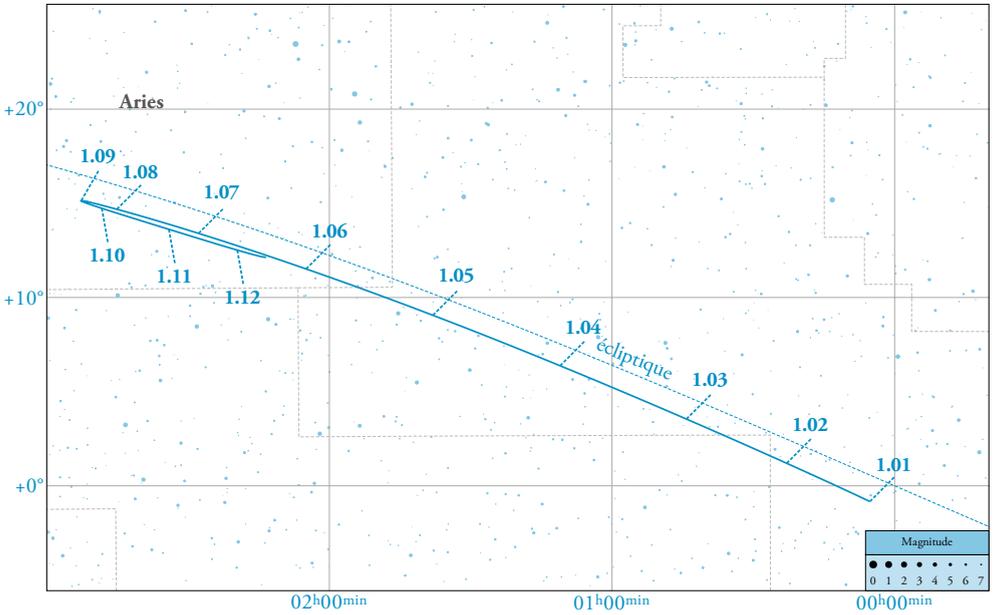
Positions des planètes au premier jour de chaque mois de l'année 2023

MARS

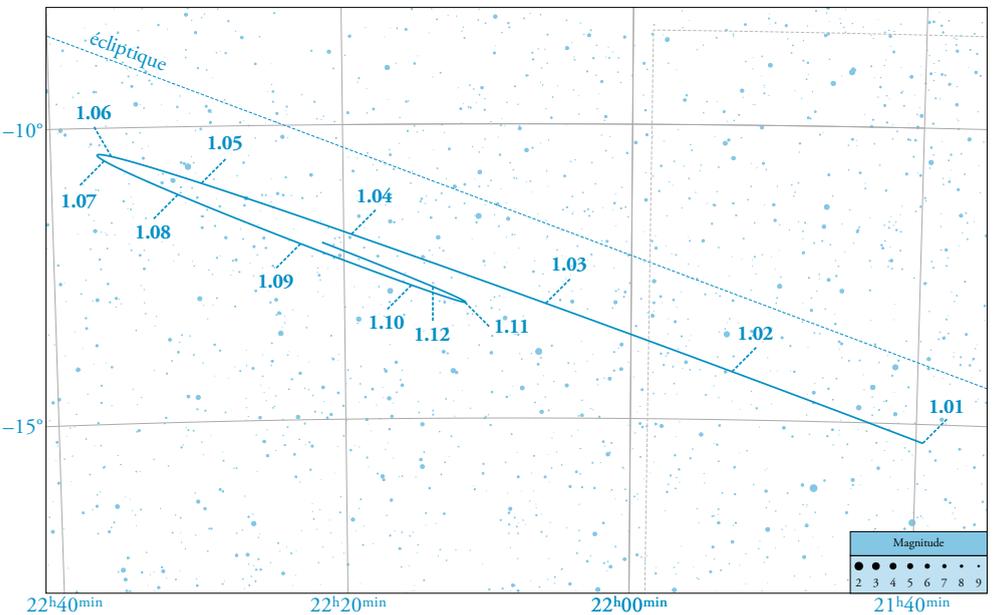


Positions des planètes au premier jour de chaque mois de l'année 2023

JUPITER

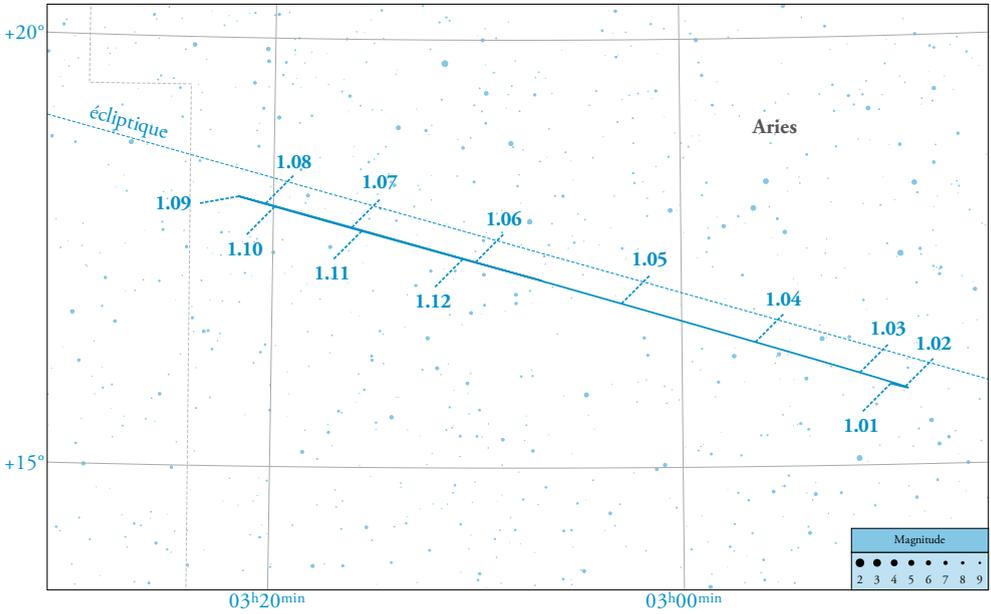


SATURNE



Positions des planètes au premier jour de chaque mois de l'année 2023

URANUS



Phases de la Lune – 2024

Janvier	DQ le 4 à 3 h 30 min	Juillet	NL le 5 à 22 h 57 min
	NL le 11 à 11 h 57 min		PQ le 13 à 22 h 49 min
	PQ le 18 à 3 h 53 min		PL le 21 à 10 h 17 min
	PL le 25 à 17 h 54 min		DQ le 28 à 2 h 52 min
Février	DQ le 2 à 23 h 18 min	Août	NL le 4 à 11 h 13 min
	NL le 9 à 22 h 59 min		PQ le 12 à 15 h 19 min
	PQ le 16 à 15 h 01 min		PL le 19 à 18 h 26 min
	PL le 24 à 12 h 30 min		DQ le 26 à 9 h 26 min
Mars	DQ le 3 à 15 h 23 min	Septembre	NL le 3 à 1 h 56 min
	NL le 10 à 9 h 00 min		PQ le 11 à 6 h 06 min
	PQ le 17 à 4 h 11 min		PL le 18 à 2 h 34 min
	PL le 25 à 7 h 00 min		DQ le 24 à 18 h 50 min
Avril	DQ le 2 à 3 h 15 min	Octobre	NL le 2 à 18 h 49 min
	NL le 8 à 18 h 21 min		PQ le 10 à 18 h 55 min
	PQ le 15 à 19 h 13 min		PL le 17 à 11 h 26 min
	PL le 23 à 23 h 49 min		DQ le 24 à 8 h 03 min
Mai	DQ le 1 à 11 h 27 min	Novembre	NL le 1 à 12 h 47 min
	NL le 8 à 3 h 22 min		PQ le 9 à 5 h 55 min
	PQ le 15 à 11 h 48 min		PL le 15 à 21 h 29 min
	PL le 23 à 13 h 53 min		DQ le 23 à 1 h 28 min
Juin	DQ le 30 à 17 h 13 min	Décembre	NL le 1 à 6 h 21 min
	NL le 6 à 12 h 38 min		PQ le 8 à 15 h 27 min
	PQ le 14 à 5 h 18 min		PL le 15 à 9 h 02 min
	PL le 22 à 1 h 08 min		DQ le 22 à 22 h 18 min
DQ le 28 à 21 h 53 min	NL le 30 à 22 h 27 min		

Angle de rotation de la Terre – 2023

Janvier				Février					
Jour du mois	Temps sidéral de Greenwich à 0 h UTC			Angle de rotation de la Terre ERA			Équation des origines \mathcal{E}_0		
	h	min	s	°	'	"	'	"	
1	6	41	33	100	5	48	-17	31	
2	6	45	30	101	4	56	-17	31	
3	6	49	26	102	4	4	-17	31	
4	6	53	23	103	3	13	-17	32	
5	6	57	20	104	2	21	-17	32	
6	7	1	16	105	1	29	-17	32	
7	7	5	13	106	0	37	-17	32	
8	7	9	9	106	59	45	-17	33	
9	7	13	6	107	58	54	-17	33	
10	7	17	2	108	58	2	-17	33	
11	7	20	59	109	57	10	-17	33	
12	7	24	55	110	56	18	-17	33	
13	7	28	52	111	55	26	-17	33	
14	7	32	49	112	54	35	-17	33	
15	7	36	45	113	53	43	-17	33	
16	7	40	42	114	52	51	-17	34	
17	7	44	38	115	51	59	-17	34	
18	7	48	35	116	51	7	-17	34	
19	7	52	31	117	50	16	-17	34	
20	7	56	28	118	49	24	-17	35	
21	8	0	24	119	48	32	-17	35	
22	8	4	21	120	47	40	-17	35	
23	8	8	18	121	46	48	-17	35	
24	8	12	14	122	45	57	-17	35	
25	8	16	11	123	45	5	-17	36	
26	8	20	7	124	44	13	-17	36	
27	8	24	4	125	43	21	-17	36	
28	8	28	0	126	42	29	-17	36	
29	8	31	57	127	41	38	-17	36	
30	8	35	53	128	40	46	-17	36	
31	8	39	50	129	39	54	-17	36	

Angle de rotation de la Terre – 2023

Mars				Avril				
Jour du mois	Temps sidéral de Greenwich à 0 h UTC			Angle de rotation de la Terre ERA			Équation des origines \mathcal{E}_0	
	h	min	s	°	'	"	'	"
1	10	34	10	158	14	52	-17	40
2	10	38	7	159	14	0	-17	40
3	10	42	3	160	13	8	-17	40
4	10	46	0	161	12	17	-17	40
5	10	49	56	162	11	25	-17	41
6	10	53	53	163	10	33	-17	41
7	10	57	49	164	9	41	-17	41
8	11	1	46	165	8	49	-17	41
9	11	5	43	166	7	58	-17	41
10	11	9	39	167	7	6	-17	41
11	11	13	36	168	6	14	-17	41
12	11	17	32	169	5	22	-17	41
13	11	21	29	170	4	30	-17	41
14	11	25	25	171	3	39	-17	41
15	11	29	22	172	2	47	-17	41
16	11	33	18	173	1	55	-17	41
17	11	37	15	174	1	3	-17	42
18	11	41	12	175	0	11	-17	42
19	11	45	8	175	59	20	-17	42
20	11	49	5	176	58	28	-17	42
21	11	53	1	177	57	36	-17	42
22	11	56	58	178	56	44	-17	42
23	12	0	54	179	55	52	-17	42
24	12	4	51	180	55	1	-17	42
25	12	8	47	181	54	9	-17	42
26	12	12	44	182	53	17	-17	42
27	12	16	41	183	52	25	-17	42
28	12	20	37	184	51	33	-17	43
29	12	24	34	185	50	42	-17	43
30	12	28	30	186	49	50	-17	43
31	12	32	27	187	48	58	-17	43

Angle de rotation de la Terre – 2023

Mai				Juin					
Jour du mois	Temps sidéral de Greenwich à 0 h UTC			Angle de rotation de la Terre ERA			Équation des origines \mathcal{E}_0		
	h	min	s	°	'	"	'	"	
1	14	34	40	218	22	12	-17	46	
2	14	38	36	219	21	21	-17	46	
3	14	42	33	220	20	29	-17	46	
4	14	46	30	221	19	37	-17	47	
5	14	50	26	222	18	45	-17	47	
6	14	54	23	223	17	53	-17	47	
7	14	58	19	224	17	2	-17	47	
8	15	2	16	225	16	10	-17	47	
9	15	6	12	226	15	18	-17	47	
10	15	10	9	227	14	26	-17	48	
11	15	14	5	228	13	34	-17	48	
12	15	18	2	229	12	43	-17	48	
13	15	21	59	230	11	51	-17	48	
14	15	25	55	231	10	59	-17	48	
15	15	29	52	232	10	7	-17	48	
16	15	33	48	233	9	15	-17	48	
17	15	37	45	234	8	24	-17	48	
18	15	41	41	235	7	32	-17	49	
19	15	45	38	236	6	40	-17	49	
20	15	49	34	237	5	48	-17	49	
21	15	53	31	238	4	57	-17	49	
22	15	57	28	239	4	5	-17	49	
23	16	1	24	240	3	13	-17	50	
24	16	5	21	241	2	21	-17	50	
25	16	9	17	242	1	29	-17	50	
26	16	13	14	243	0	38	-17	50	
27	16	17	10	243	59	46	-17	50	
28	16	21	7	244	58	54	-17	50	
29	16	25	4	245	58	2	-17	51	
30	16	29	0	246	57	10	-17	51	
31	16	32	57	247	56	19	-17	51	

Angle de rotation de la Terre – 2023

Juillet				Août					
Jour du mois	Temps sidéral à 0 h UTC			Angle de rotation de la Terre ERA			Équation des origines \mathcal{E}_0		
	h	min	s	°	'	"	'	"	
1	18	35	10	278	29	33	-17	56	
2	18	39	6	279	28	41	-17	56	
3	18	43	3	280	27	49	-17	57	
4	18	47	0	281	26	57	-17	57	
5	18	50	56	282	26	6	-17	57	
6	18	54	53	283	25	14	-17	57	
7	18	58	49	284	24	22	-17	57	
8	19	2	46	285	23	30	-17	58	
9	19	6	42	286	22	39	-17	58	
10	19	10	39	287	21	47	-17	58	
11	19	14	36	288	20	55	-17	58	
12	19	18	32	289	20	3	-17	58	
13	19	22	29	290	19	11	-17	58	
14	19	26	25	291	18	20	-17	58	
15	19	30	22	292	17	28	-17	59	
16	19	34	18	293	16	36	-17	59	
17	19	38	15	294	15	44	-17	59	
18	19	42	11	295	14	52	-17	59	
19	19	46	8	296	14	1	-17	59	
20	19	50	5	297	13	9	-18	0	
21	19	54	1	298	12	17	-18	0	
22	19	57	58	299	11	25	-18	0	
23	20	1	54	300	10	33	-18	0	
24	20	5	51	301	9	42	-18	0	
25	20	9	47	302	8	50	-18	0	
26	20	13	44	303	7	58	-18	0	
27	20	17	40	304	7	6	-18	0	
28	20	21	37	305	6	14	-18	0	
29	20	25	34	306	5	23	-18	1	
30	20	29	30	307	4	31	-18	1	
31	20	33	27	308	3	39	-18	1	
1	20	37	23	309	2	47	-18	1	
2	20	41	20	310	1	55	-18	2	
3	20	45	16	311	1	4	-18	2	
4	20	49	13	312	0	12	-18	2	
5	20	53	9	312	59	20	-18	2	
6	20	57	6	313	58	28	-18	2	
7	21	1	3	314	57	36	-18	2	
8	21	4	59	315	56	45	-18	2	
9	21	8	56	316	55	53	-18	2	
10	21	12	52	317	55	1	-18	2	
11	21	16	49	318	54	9	-18	3	
12	21	20	45	319	53	17	-18	3	
13	21	24	42	320	52	26	-18	3	
14	21	28	38	321	51	34	-18	3	
15	21	32	35	322	50	42	-18	3	
16	21	36	32	323	49	50	-18	3	
17	21	40	28	324	48	58	-18	4	
18	21	44	25	325	48	7	-18	4	
19	21	48	21	326	47	15	-18	4	
20	21	52	18	327	46	23	-18	4	
21	21	56	14	328	45	31	-18	4	
22	22	0	11	329	44	40	-18	4	
23	22	4	7	330	43	48	-18	4	
24	22	8	4	331	42	56	-18	4	
25	22	12	1	332	42	4	-18	4	
26	22	15	57	333	41	12	-18	4	
27	22	19	54	334	40	21	-18	5	
28	22	23	50	335	39	29	-18	5	
29	22	27	47	336	38	37	-18	5	
30	22	31	43	337	37	45	-18	5	
31	22	35	40	338	36	53	-18	5	

Angle de rotation de la Terre – 2023

Septembre				Octobre													
Jour du mois	Temps sidéral de Greenwich à 0 h UTC			Angle de rotation de la Terre ERA			Équation des origines \mathcal{E}_0		Jour du mois	Temps sidéral de Greenwich à 0 h UTC			Angle de rotation de la Terre ERA			Équation des origines \mathcal{E}_0	
	h	min	s	°	'	''	'	''		h	min	s	°	'	''	'	''
1	22	39	36	339	36	2	-18	5	1	0	37	53	9	10	8	-18	8
2	22	43	33	340	35	10	-18	5	2	0	41	50	10	9	16	-18	8
3	22	47	30	341	34	18	-18	5	3	0	45	46	11	8	24	-18	8
4	22	51	26	342	33	26	-18	5	4	0	49	43	12	7	32	-18	8
5	22	55	23	343	32	34	-18	5	5	0	53	39	13	6	40	-18	9
6	22	59	19	344	31	43	-18	6	6	0	57	36	14	5	49	-18	9
7	23	3	16	345	30	51	-18	6	7	1	1	32	15	4	57	-18	9
8	23	7	12	346	29	59	-18	6	8	1	5	29	16	4	5	-18	9
9	23	11	9	347	29	7	-18	6	9	1	9	26	17	3	13	-18	9
10	23	15	5	348	28	15	-18	6	10	1	13	22	18	2	22	-18	9
11	23	19	2	349	27	24	-18	6	11	1	17	19	19	1	30	-18	9
12	23	22	59	350	26	32	-18	7	12	1	21	15	20	0	38	-18	9
13	23	26	55	351	25	40	-18	7	13	1	25	12	20	59	46	-18	9
14	23	30	52	352	24	48	-18	7	14	1	29	8	21	58	54	-18	9
15	23	34	48	353	23	56	-18	7	15	1	33	5	22	58	3	-18	9
16	23	38	45	354	23	5	-18	7	16	1	37	1	23	57	11	-18	9
17	23	42	41	355	22	13	-18	7	17	1	40	58	24	56	19	-18	10
18	23	46	38	356	21	21	-18	7	18	1	44	54	25	55	27	-18	10
19	23	50	34	357	20	29	-18	7	19	1	48	51	26	54	35	-18	10
20	23	54	31	358	19	37	-18	7	20	1	52	48	27	53	44	-18	10
21	23	58	28	359	18	46	-18	7	21	1	56	44	28	52	52	-18	10
22	0	2	24	0	17	54	-18	7	22	2	0	41	29	52	0	-18	11
23	0	6	21	1	17	2	-18	7	23	2	4	37	30	51	8	-18	11
24	0	10	17	2	16	10	-18	8	24	2	8	34	31	50	16	-18	11
25	0	14	14	3	15	18	-18	8	25	2	12	30	32	49	25	-18	11
26	0	18	10	4	14	27	-18	8	26	2	16	27	33	48	33	-18	11
27	0	22	7	5	13	35	-18	8	27	2	20	23	34	47	41	-18	11
28	0	26	3	6	12	43	-18	8	28	2	24	20	35	46	49	-18	11
29	0	30	0	7	11	51	-18	8	29	2	28	17	36	45	57	-18	11
30	0	33	56	8	10	59	-18	8	30	2	32	13	37	45	6	-18	11
									31	2	36	10	38	44	14	-18	11

Longitudes héliocentriques moyennes de la date – 2023

Mercure				Vénus							
	°		°		°		°				
Janvier	1	66,0	Juillet	5	122,0	Janvier	1	320,8	Juillet	5	258,0
	6	97,5		10	149,0		6	328,8		10	266,0
	11	127,3		15	172,1		11	336,7		15	273,9
	16	153,6		20	191,8		16	344,6		20	281,8
	21	176,0		25	209,0		21	352,5		25	289,7
	26	195,2		30	224,5		26	0,5		30	297,6
31	212,0			31	8,4						
Février	5	227,3	Août	4	238,9	Février	5	16,4	Août	4	305,5
	10	241,6		9	252,8		10	24,4		9	313,4
	15	255,4		14	266,5		15	32,4		14	321,3
	20	269,1		19	280,6		20	40,4		19	329,2
	25	283,3		24	295,4		25	48,4		24	337,2
				29	311,6					29	345,1
Mars	2	298,4	Septembre	3	329,6	Mars	2	56,4	Septembre	3	353,0
	7	314,8		8	350,3		7	64,4		8	1,0
	12	333,3		13	14,4		12	72,5		13	8,9
	17	354,6		18	42,2		17	80,6		18	16,9
	22	19,3		23	72,9		22	88,6		23	24,9
	27	47,7		28	104,3		27	96,7		28	32,9
Avril	1	78,8	Octobre	3	133,4	Avril	1	104,8	Octobre	3	40,9
	6	110,0		8	158,8		6	112,9		8	48,9
	11	138,5		13	180,4		11	121,0		13	56,9
	16	163,1		18	199,0		16	129,1		18	64,9
	21	184,1		23	215,5		21	137,3		23	73,0
	26	202,3		28	230,5		26	145,4		28	81,0
Mai	1	218,4	Novembre	2	244,6	Mai	1	153,5	Novembre	2	89,1
	6	233,2		7	258,4		6	161,6		7	97,2
	11	247,2		12	272,2		11	169,8		12	105,3
	16	260,9		17	286,5		16	177,9		17	113,4
	21	274,8		22	301,8		21	186,0		22	121,5
	26	289,3		27	318,6		26	194,0		27	129,6
31	304,8			31	202,1						
Juin	5	322,0	Décembre	2	337,7	Juin	5	210,1	Décembre	2	137,8
	10	341,5		7	359,7		10	218,2		7	145,9
	15	4,2		12	25,2		15	226,2		12	154,0
	20	30,4		17	54,4		20	234,2		17	162,1
	25	60,2		22	85,7		25	242,1		22	170,2
	30	91,6		27	116,5		30	250,1		27	178,4

Longitudes héliocentriques moyennes de la date – 2023

Mars

	°		°		
Janvier	1	88,1	Juillet	10	174,0
	11	93,0		20	178,5
	21	97,8		30	182,9
	31	102,6			
Février	10	107,3	Août	9	187,4
	20	112,0		19	191,9
				29	196,4
Mars	2	116,6	Septembre	8	201,0
	12	121,1		18	205,7
	22	125,7		28	210,4
Avril	1	130,1	Octobre	8	215,2
	11	134,6		18	220,0
	21	139,0		28	224,9
Mai	1	143,4	Novembre	7	229,9
	11	147,8		17	235,0
	21	152,2		27	240,1
	31	156,5			
Juin	10	160,9	Décembre	7	245,4
	20	165,3		17	250,7
	30	169,6		27	256,2

		Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Janvier	1	12,5	326,3	47,5	354,7
	21	14,3	326,9	47,7	354,8
Février	10	16,2	327,5	47,9	354,9
Mars	2	18,0	328,2	48,2	355,0
	22	19,8	328,8	48,4	355,2
Avril	11	21,7	329,4	48,6	355,3
Mai	1	23,5	330,1	48,8	355,4
	21	25,3	330,7	49,1	355,5
Juin	10	27,2	331,3	49,3	355,7
	30	29,0	332,0	49,5	355,8
Juillet	20	30,8	332,6	49,7	355,9
Août	9	32,7	333,2	50,0	356,0
	29	34,5	333,9	50,2	356,1
Septembre	18	36,3	334,5	50,4	356,3
Octobre	8	38,1	335,2	50,6	356,4
	28	39,9	335,8	50,9	356,5
Novembre	17	41,8	336,4	51,1	356,6
Décembre	7	43,6	337,1	51,3	356,7
	27	45,4	337,7	51,5	356,9

Chapitre cinquième

LES SATELLITES

1. LES SATELLITES NATURELS DES PLANÈTES

Les satellites naturels des planètes occupent une place à part au sein des objets du Système solaire. Simple caillou qui orbite autour d'une planète ou petite planète (Ganymède a une taille proche de celle de Mars) qui orbite autour d'une planète géante, chacun présente un problème spécifique. Les satellites les plus connus, les plus intéressants à tous points de vue et les plus étudiés sont assurément les satellites galiléens de Jupiter. Ils font partie des systèmes de gros satellites de glace des planètes géantes et sont l'objet d'une exploration poussée du sol comme de l'espace depuis leur découverte, laquelle a marqué un tournant dans la science astronomique.

1.1. La découverte des satellites galiléens

La lunette d'approche existe depuis plusieurs années déjà quand Galilée a l'idée, en août 1609, de l'utiliser, de l'améliorer, puis de la diriger vers le ciel. Sa surprise est totale : le ciel n'est pas seulement rempli de petits points lumineux, les « étoiles », mais aussi d'une multitude d'objets divers que l'on ne peut distinguer à l'œil nu. Bien qu'il ait probablement observé Jupiter dès 1609, il lui faudra encore améliorer sa lunette pour voir les satellites. Ce n'est que le 7 janvier 1610 qu'il les découvre et comprend qu'ils tournent autour de Jupiter. Mais il lui a fallu un certain temps avant de se rendre compte de ce dont il s'agit vraiment. Dès le 7 janvier, les quatre satellites sont visibles, mais Io et Europe, très près l'un de l'autre, ne peuvent être distingués par Galilée. Le 8 janvier, les quatre satellites sont aussi visibles, mais Galilée n'en voit que trois. Cette fois-ci, Callisto est trop éloigné de Jupiter, Galilée ne le voit pas, et surtout, il ne cherche que trois étoiles comme la veille... Il s'imagine d'abord que ces trois points brillants sont des étoiles, mais il a la surprise de voir que le mouvement de ces étoiles par rapport à Jupiter n'est pas expliqué par le mouvement de la planète elle-même. Il a ainsi dû admettre que ces astres se déplaçaient par eux-mêmes.

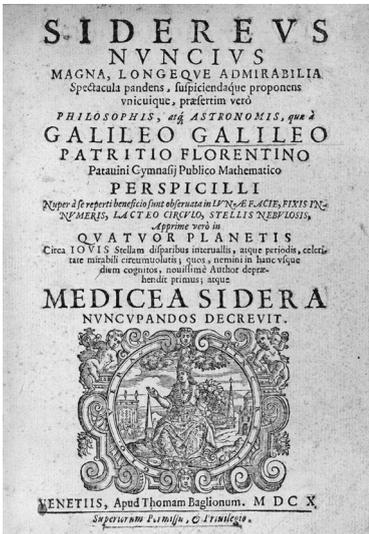
Le 7 janvier 1610, durant la première heure suivant le coucher du Soleil, alors que j'explorais le ciel avec ma lunette, Jupiter se présenta à moi ; et parce que j'avais construit un instrument puissant, je pus apercevoir trois petites étoiles à

côté de lui. Bien que je les considérais comme des étoiles, je fus très étonné parce qu'elles semblaient exactement alignées sur une ligne parallèle à l'écliptique et parce qu'elles étaient beaucoup plus belles que les autres étoiles de même magnitude. Leurs positions étaient comme cela :

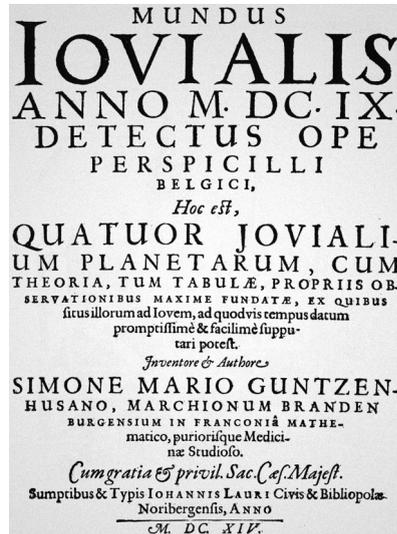
Ori. * * ○ * Occ.

La première observation de Galilée.

Quand comprend-il vraiment que les quatre étoiles tournent autour de Jupiter? Il a d'abord pensé que ces petites étoiles faisaient un va-et-vient rectiligne de part et d'autre de Jupiter avant d'imaginer leur révolution autour de la planète sur des orbites quasi circulaires. Il publie sa découverte dans son *Sidereus Nuncius* en avril 1610, mais il lui faudra beaucoup plus d'observations pour déterminer les périodes des satellites, les identifier et prévoir leurs positions. C'est en avril 1611 qu'il obtient des périodes convenables et peut effectuer des prédictions de positions (du moins de configurations des satellites).



Page de titre du *Sidereus Nuncius* de Galilée, 1610.



Page de titre du *Mundus Jovialis* de Simon Marius, 1614.

Il devient alors possible de prévoir les positions des satellites autour de Jupiter grâce à une modélisation de leur mouvement. Chose étonnante, Galilée utilise un système géocentrique pour décrire ce mouvement et non un système héliocentrique plus judicieux : la force de l'habitude!

Galilée appelle ces étoiles les *astres de Médicis* ou *astres médicéens* (*Medicea Sidera*) en l'honneur du prince de Médicis (cette appellation est encore en usage en Italie). Il leur donne les noms suivants : Princippharus, Victripharus, Cosmipharus et Ferdinandipharus. Les noms Io, Europe, Ganymède et Callisto sont donnés par Simon Marius en 1614

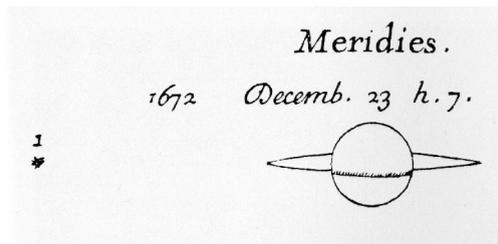
dans son *Mundus Jovialis*. Le terme de « satellites », qui vient du latin *satelles*, *satellitibus* signifiant « garde » ou « escorte », est donné par Kepler et Ozanam.

Cette découverte de Galilée allait bouleverser notre connaissance du Système solaire : les astres découverts tournent autour de Jupiter comme Mercure et Vénus autour du Soleil... On a ainsi un exemple de mouvement qui ne se fait pas autour de la Terre, laquelle n'est donc plus une exception, car Jupiter aussi possède désormais des lunes qui le suivent dans son mouvement autour du Soleil.

1.2. Les satellites des planètes géantes

Après sa découverte des satellites de Jupiter, Galilée tente d'observer les autres planètes, mais ne voit rien, car sa lunette ne le permet pas : il croit ainsi que seul Jupiter a des satellites. Ce n'est pas le cas et l'amélioration des lunettes permet à Huygens de découvrir Titan (Saturne) en 1655, puis à Cassini de voir Téthys, Dioné, Rhéa et Japet (Saturne) entre 1671 et 1684. Mimas et Encelade, plus petits et plus proches de Saturne, sont découverts par Herschel en 1789. Hypérion et Phœbé, plus lointains, ne sont vus qu'en 1848 par Bond et Lassell et en 1898 par Pickering, respectivement. L'avènement des grands télescopes et des sondes spatiales dans les années 1980 permet de découvrir de nombreux petits satellites, soit entre Mimas et l'anneau, soit très loin de la planète. Les satellites d'Uranus sont découverts en 1787 (Titania et Obéron) par Herschel, en 1851 par Lassell (Ariel et Umbriel), puis en 1948 par Kuiper (Miranda). Là encore, ce sont les grands télescopes et la sonde Voyager qui découvrent les petits satellites proches ou lointains. Le satellite de Neptune, Triton, est découvert en même temps que Neptune, en 1846, du fait de sa taille importante et de sa proximité avec Neptune.

Les études dynamiques de ces systèmes de satellites n'ont jamais été aussi développées que pour les satellites galiléens du fait de l'utilisation de ces derniers pour la détermination des longitudes. Par la suite, l'intérêt pour le système complexe des galiléens a aiguisé la concurrence entre laboratoires pour l'exploration de ces corps qui étaient l'une des premières cibles des sondes spatiales.



Découverte de Rhéa par Cassini en 1672.

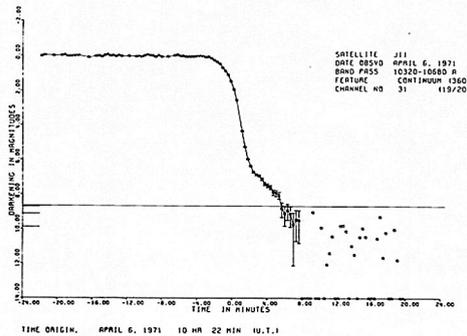
Tous ces phénomènes entre Jupiter et ses satellites ont été observés visuellement pendant des dizaines d'années et le grand nombre d'éclipses observées a constitué la base

des premières éphémérides. Dès la fin du XIX^e siècle, l'observation des éclipses devient photométrique, c'est-à-dire que la baisse et l'augmentation d'éclat au cours d'un début ou d'une fin d'éclipse ne sont plus seulement évaluées selon des critères propres à chaque observateur, mais mesurées par comparaison avec un modèle d'observation d'éclipse ou par rapport à des références photométriques bien calibrées, ce qui augmente la précision astrométrique : la datation est faite à mieux qu'une minute de temps, soit 1 000 km environ. Ensuite apparaissent les enregistreurs photo-électriques qui, malgré le progrès qu'ils apportent, sont très peu utilisés : ils arrivent lorsque cesse l'intérêt des astronomes quant à ce type d'observation pour des raisons de précision, l'atmosphère de Jupiter réfractant les rayons du Soleil et déformant le cône d'ombre derrière la planète. Sa modélisation exacte n'est pas possible et cela dégrade la précision en position des satellites. Pour obtenir une précision meilleure, il faudra se tourner vers d'autres types d'observations, comme la photographie.

I) 1800. 7. janvier. 1^h 45. 32. En Prague

	A	B	C	F	G	H
1800.	16. 29. 53. 9.	1574. 50. 6.	1526. 5. 180.	1569. 9. 14. 35. 97.		
1800. 02.	7. 25. 47. 8.	44. 145.	133. 50. 61.	11.		
AZ	4. 50. 29. 7.	25138. 3201	60. 151			301
AS	16. 0	3203. 3526. 0395. 380. 955. 0710				
B	2. 23. 7	Demi - Durée 1. 5. 21. 6				N = 91
C	1. 16. 4	Correct. + 2. 18				- 1800. 00
F	3. 12	D. Durée Corrigée 1. 5. 25. 6				1800. 02
G	4. 6. 8	Ecart. Duration - 0. 46. 0				+ 0. 00. 0
H	1. 5. 26. 4	Chariot.				+ 0. 00. 4
milieu A. moy. 6. 29. 53. 9.						0. 00. 4
Demi - durée Corr. 1. 5. 26. 4						- 0. 00. 6
Em. F. moy. 7. 0. 17. 22. 1						
Equat. Duration 7. 0. 17. 46. 9						
Em. Total. vrai. 7. 0. 35. 37						
						- 2. 36

Manuscrit de Delambre rapportant l'observation d'un début d'éclipse de Io à Prague le 7 janvier 1800. Delambre constitua l'une des plus grandes collections d'éclipses de grande qualité.



Observation photométrique d'un début d'éclipse (entrée dans l'ombre) d'Europe le 6 avril 1971 : la difficulté de déterminer le « zéro » est un obstacle à une bonne précision dans la datation de l'éclipse elle-même.

1.3. L'utilité des satellites

Rømer montre que la vitesse de la lumière est finie grâce aux observations d'éclipses de Io. En effet, la distance Terre-Jupiter varie au cours de l'année de 600 à 900 millions de kilomètres, ce qui fait que la lumière met de 30 à 50 minutes environ pour venir de Jupiter. Les éclipses se produisant très régulièrement autour de Jupiter, ce décalage de 20 minutes – avance ou retard – est vite remarqué par les observateurs : Rømer en déduit que la lumière a une vitesse finie.

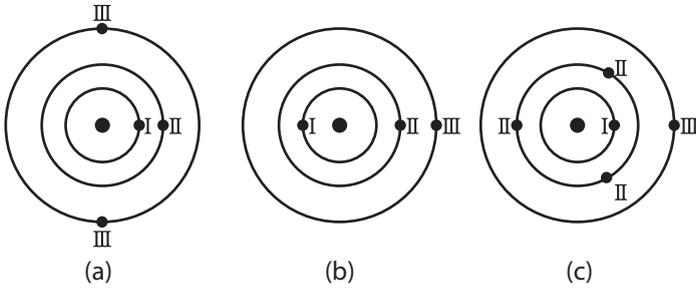
On comprend tout l'intérêt des éclipses par Jupiter : l'observation ne nécessite que de noter l'heure du phénomène et cela donne une position précise du satellite puisqu'il entre ou sort de l'ombre de Jupiter. Une fois les prédictions d'éclipses réalisées, l'observation d'une éclipse permet d'obtenir une heure commune à tous les observateurs terrestres et donc de déterminer la longitude du lieu d'où l'on observe. Cette méthode a servi à de nombreux géographes pour cartographier des territoires inconnus, mais ne servit pas à faire le point en mer, l'observation depuis le pont d'un navire étant trop difficile. En 1792, dans son *Astronomie*, Lalande écrit d'ailleurs que « les satellites galiléens servent continuellement aux astronomes pour déterminer les différences de longitude entre les différents pays de la Terre ».

1.4. Une dynamique complexe

L'importance des éclipses des satellites galiléens a encouragé les travaux de calcul de prédiction de ces événements et de construction de tables du mouvement de ces corps. Après Galilée, Marius et Hodierna, Cassini publie en 1668 ses *Tables du mouvement et de calcul des éclipses*. En 1749, Bradley publie des tables et remarque l'inégalité de 437 jours de période dans le temps des éclipses des trois premiers satellites. Maraldi signale alors l'action mutuelle des satellites et l'on commence à soupçonner les excentricités des orbites et la nature des inégalités. Wargentin publie des tables améliorées en 1757. À cette époque, le mouvement des satellites est mis sous forme d'équations empiriques, purement cinématiques, et Lalande peut dire dans la *Connaissance des temps* de 1763 que « les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues ».

Mais au XVIII^e siècle, de Newton à Laplace, se mettent en place les principes de la dynamique et de la gravitation universelle. Tout change dans la modélisation des mouvements : on peut écrire des équations qui représentent des modèles dynamiques. Pour les satellites galiléens, le problème est ardu et n'est pas encore complètement résolu aujourd'hui : toutes les difficultés de la mécanique céleste se retrouvent là. Tout d'abord, de nombreuses forces agissent sur les satellites : le Soleil, lointain, mais massif, l'aplatissement de Jupiter, la planète Saturne et aussi les interactions mutuelles entre les satellites. De ces interactions résulte ensuite une résonance qui force le mouvement des satellites. Les trois premiers satellites ne se déplacent pas indépendamment les uns des autres, mais ont leurs longitudes L_1 , L_2 , L_3 liées par la relation : $L_1 - 3L_2 + 2L_3 = 180^\circ$.

Cette relation remarquable interdit certaines configurations des satellites, les trois premiers satellites ne pouvant par exemple être alignés d'un même côté de Jupiter. La figure suivante montre où doit être le troisième satellite quand J1 et J2 sont alignés avec Jupiter (a), J2 et J3 (b) et enfin J1 et J3 (c).



Les satellites ont bien évidemment tendance à échapper à cette contrainte, mais ils ne peuvent s'en éloigner de plus d'un degré : la résonance les ramène à leur configuration imposée.

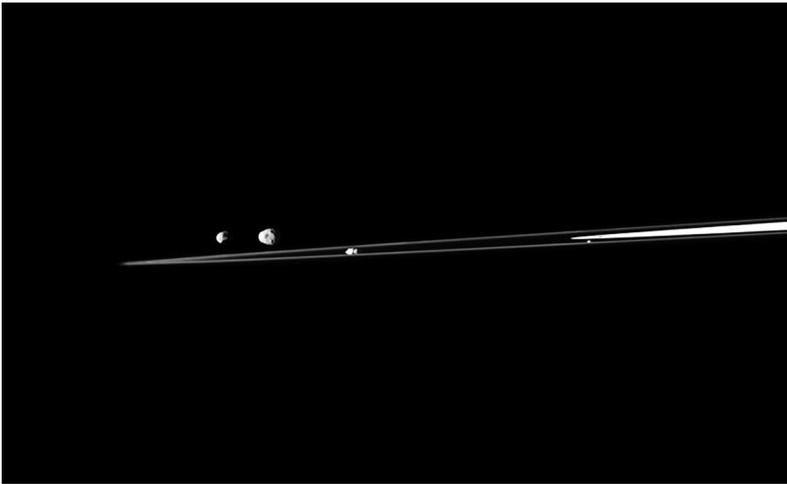
À partir des équations dynamiques, les tables (ou éphémérides) progressent rapidement : les premières théories sont établies par Bailly et Lagrange en 1766, puis vient celle de Laplace, la plus complète, en 1788. En 1791, Delambre construit des tables à partir de la théorie de Laplace et de l'observation de plus de 6000 éclipses.

Le XIX^e siècle est l'âge d'or de la mécanique céleste et de l'observation astrométrique. Du point de vue théorique, Damoiseau améliore les travaux de Laplace pour publier des éphémérides et prédictions d'éclipses de meilleure précision. Une nouvelle amélioration est apportée par Souillart en 1880. Ensuite vient le travail monumental de Sampson qui réalise une théorie analytique complète du mouvement des satellites galiléens, théorie qui sert à construire les éphémérides dès la fin du XIX^e siècle, mais qui n'est publiée qu'en 1921 du fait de la complexité de la tâche. Il faut noter à ce sujet que la construction d'une théorie analytique, c'est-à-dire la construction d'une solution du système d'équations différentielles décrivant le mouvement des satellites – solution dont on démontre qu'elle n'existe pas et que l'on n'en aura jamais qu'une approximative et non exacte –, est la seule méthode à l'époque. Aujourd'hui, les ordinateurs nous permettent de construire des solutions purement numériques plus faciles à obtenir.

1.5. Les petits satellites proches des planètes géantes

Ces petits satellites se situent à l'intérieur de l'orbite du gros satellite le plus proche de la planète. Ils ont des orbites quasi circulaires. Seul Amalthée, petit satellite à l'intérieur de l'orbite de Io, est observé dès 1892 par Barnard : tous les autres attendront l'arrivée des grands télescopes ou des sondes spatiales dans les années 1980. Dans le cas de Saturne,

le système est particulièrement complexe : ses petits satellites ont des interactions fortes avec les anneaux. Certains stabilisent les anneaux proches, d'autres sont en formation, agrégats transitoires qui peuvent amener à la création de nouveaux satellites. Les observations sont difficiles et seulement possibles quand la Terre traverse le plan des anneaux tous les 15 ans, ces anneaux ouverts étant trop brillants et éblouissants, cachant les petits satellites à la vue de l'observateur terrestre. Si Janus, Épiméthée, Hélène, Télésto et Calypso ont été observés depuis le sol, les autres ont été découverts par la sonde Voyager. Les gros satellites, à l'exception de Titan, ont d'ailleurs dû se former à partir d'un anneau plus important. Enfin, certains petits satellites sont des coorbitaux de Téthys et de Dioné. Les petits satellites intérieurs d'Uranus et Neptune ont tous été découverts par la sonde Voyager.



Quatre des satellites de Saturne, de gauche à droite : Épiméthée, Janus, Prométhée et Atlas (sonde Cassini, 27 juillet 2010).

© NASA

1.6. Les petits satellites éloignés des planètes géantes

Ces satellites se situent au-delà des gros satellites les plus éloignés de la planète. Leur nombre augmente régulièrement avec l'augmentation de la puissance des télescopes. Ils ont beaucoup de ressemblance avec des astéroïdes et sont souvent confondus lors de la première observation. On les nomme aussi *satellites irréguliers* du fait d'une excentricité et d'une inclinaison forte. Dans le cas de Jupiter, ils se répartissent en deux familles : l'une à demi-grands axes de 10 millions de kilomètres, avec des orbites rétrogrades (on peut aussi dire qu'ils ont des inclinaisons supérieures à 90°) et une autre famille à demi-grands axes de 20 millions de kilomètres avec des orbites en sens direct. Le plus étonnant est que la planète Saturne possède également ces deux familles, mais leurs orbites sont imbriquées : toutes à demi-grands axes entre 10 et 20 millions de kilomètres. Les planètes Uranus et Neptune n'ont quasiment que de petits satellites irréguliers rétrogrades.

1.7. Autres satellites dans le Système solaire

Outre les planètes géantes, les planètes telluriques ont aussi des satellites. Hormis la Lune, les plus connus sont les satellites de Mars, Phobos et Deimos, semblables à des astéroïdes qui orbitent très près de la planète. C'est en 1877 qu'Asaph Hall les découvre grâce à la lunette de 60 cm d'ouverture de l'observatoire naval de Washington DC. Leur période orbitale est de 7 heures 39 minutes et de 30 heures 18 minutes. Leur excentricité et inclinaison sur l'équateur de Mars est faible. Curieusement, en 1727, Jonathan Swift écrit dans *Les Voyages de Gulliver* que les astronomes lilliputiens connaissent deux lunes à Mars, leurs périodes de révolution étant de 10 et 21,5 heures. Si l'idée de deux satellites pour Mars était logique (la Terre avait la Lune et Jupiter les quatre satellites galiléens), les périodes étaient assez proches de la réalité!



Le satellite de Mars, Phobos. Sa plus grande dimension est de 27 km.

© NASA/JPL-CALTECH/UNIVERSITY OF ARIZONA

La découverte permanente de nouveaux satellites de plus en plus petits pour les planètes géantes est due à l'augmentation de la puissance des télescopes, mais qu'en est-il des planètes telluriques telles Vénus et la Terre? Pourrait-on découvrir quelque satellite lointain inconnu? En ce qui concerne Vénus, un satellite avait été observé aux XVII^e et XVIII^e siècles. Il avait même reçu le nom de Neith jusqu'à ce que l'on s'aperçoive qu'il ne s'agissait en réalité que d'un reflet et de l'imagination des astronomes... En fait, la proximité du Soleil n'aide pas les observateurs. On a découvert certains corps qui restent proches de la Terre, tel l'astéroïde Cruithne que l'on ne considère cependant pas comme un satellite supplémentaire à la Terre.

2. CONFIGURATION DES SATELLITES

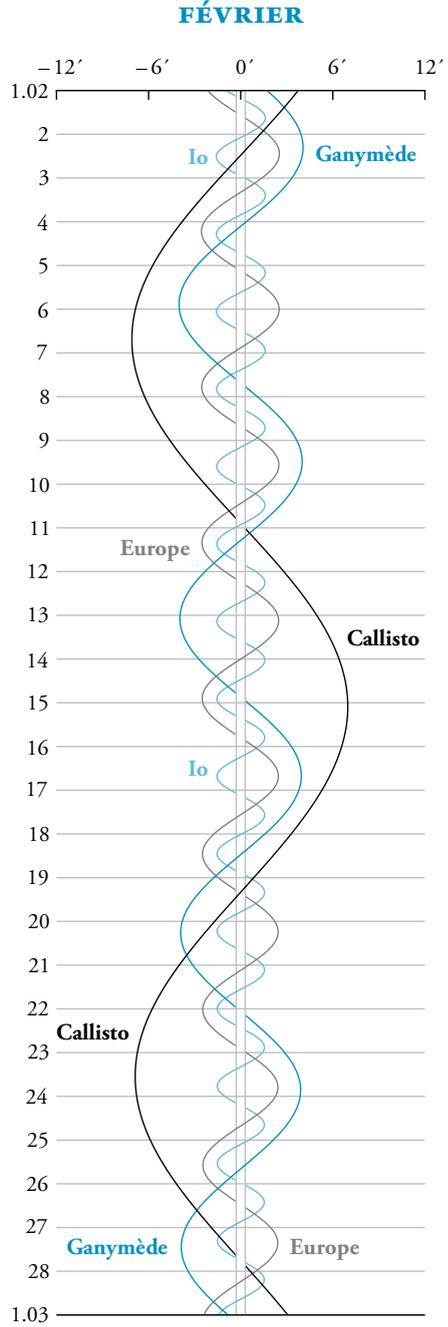
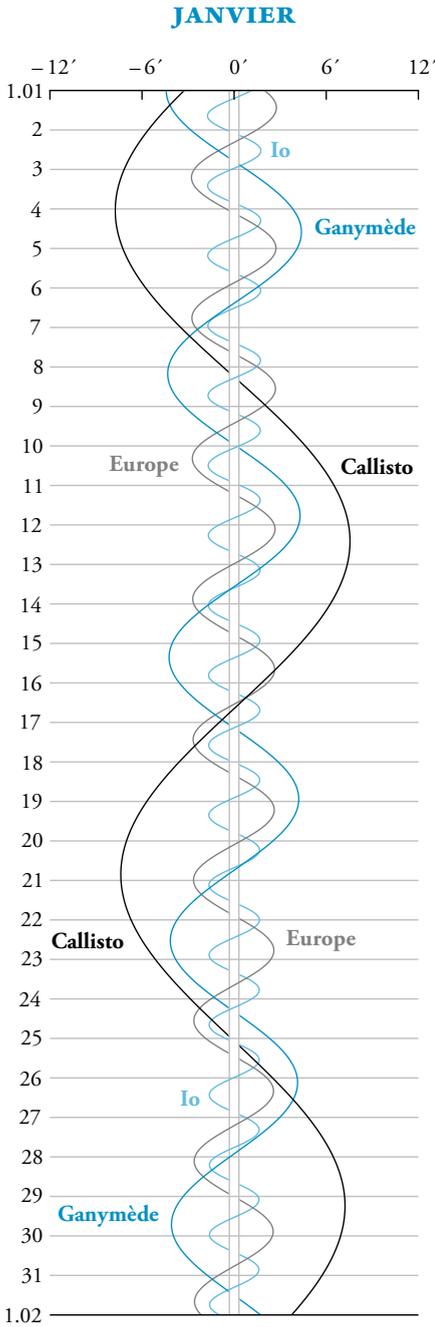
Dans les pages suivantes, les courbes représentent de manière continue les positions de chacun des satellites par rapport à la planète.

Jupiter	Saturne
I Io	III Téthys
II Europe	IV Dioné
III Ganymède	V Rhéa
IV Callisto	VI Titan

Les élongations des satellites sont proportionnelles aux figures réelles, l'échelle étant fournie par le diamètre de la planète, lequel est représenté par deux traits verticaux. L'orientation est telle que l'Est est situé à droite et le Sud en haut : les positions relatives des satellites sont donc telles qu'ils sont vus, dans l'hémisphère nord et lors d'un passage au méridien, dans une lunette qui renverse les objets.

Les figures placées en bas de chaque graphique dans le cas des satellites galiléens de Jupiter montrent, pour les commencements et fins d'éclipses, les positions relatives des satellites et de la planète, tels qu'ils sont vus, dans l'hémisphère nord, dans une lunette qui renverse les objets.

Configuration des satellites galiléens de Jupiter



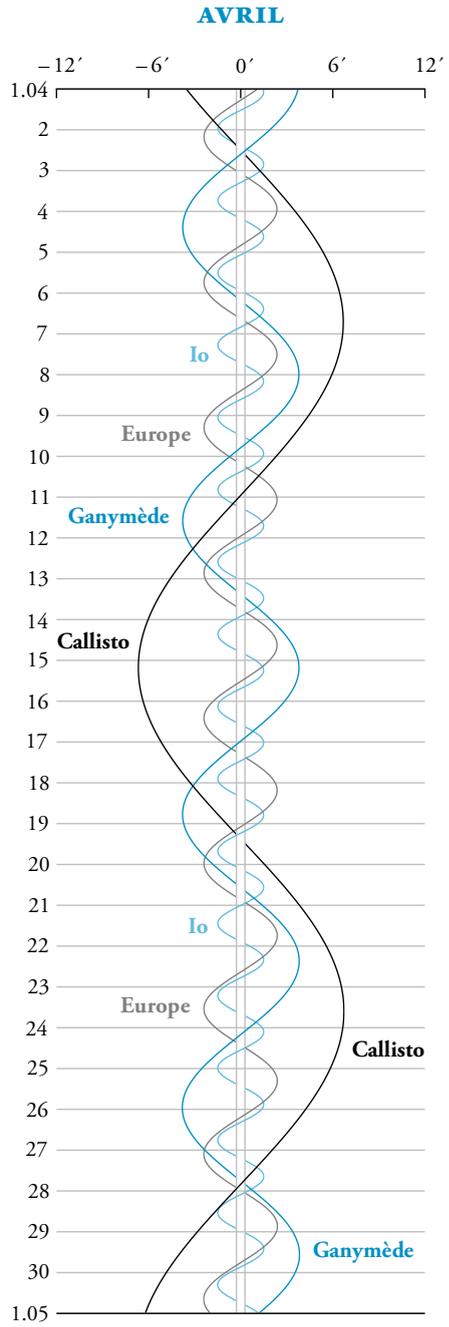
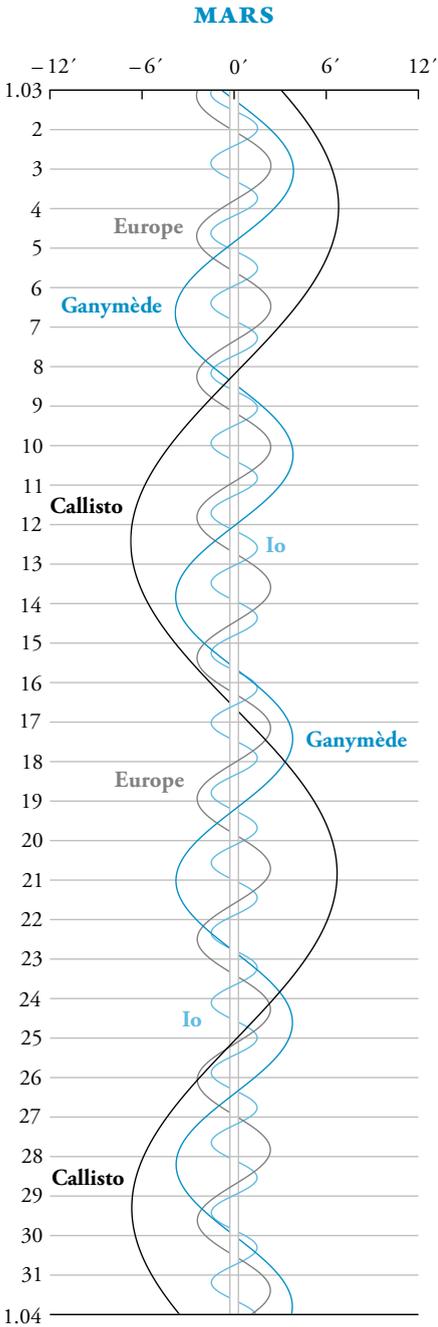
PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
			<i>pas d'éclipse</i>

PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
			<i>pas d'éclipse</i>

Configuration des satellites galiléens de Jupiter (suite)



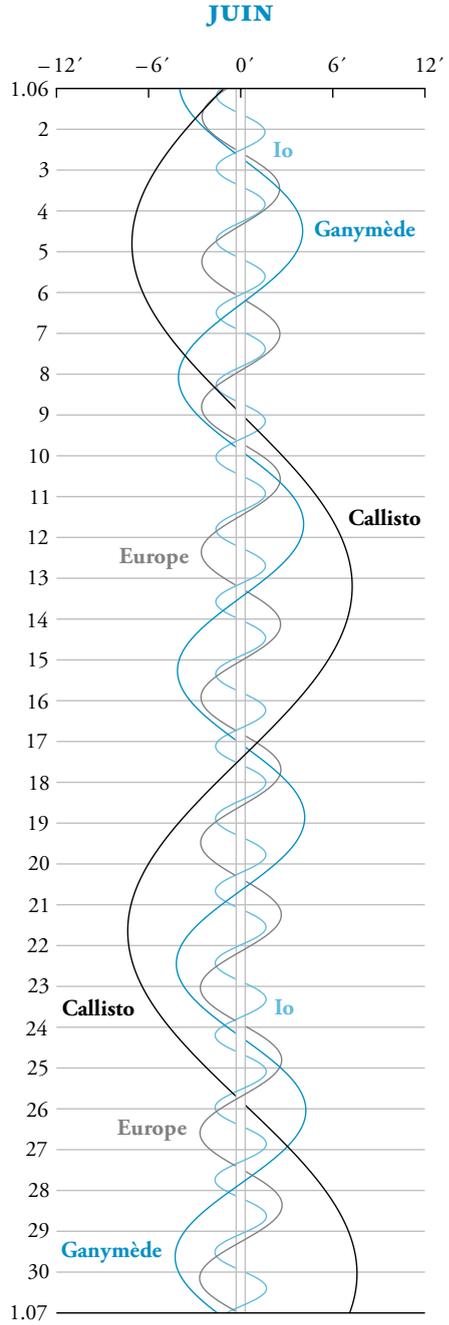
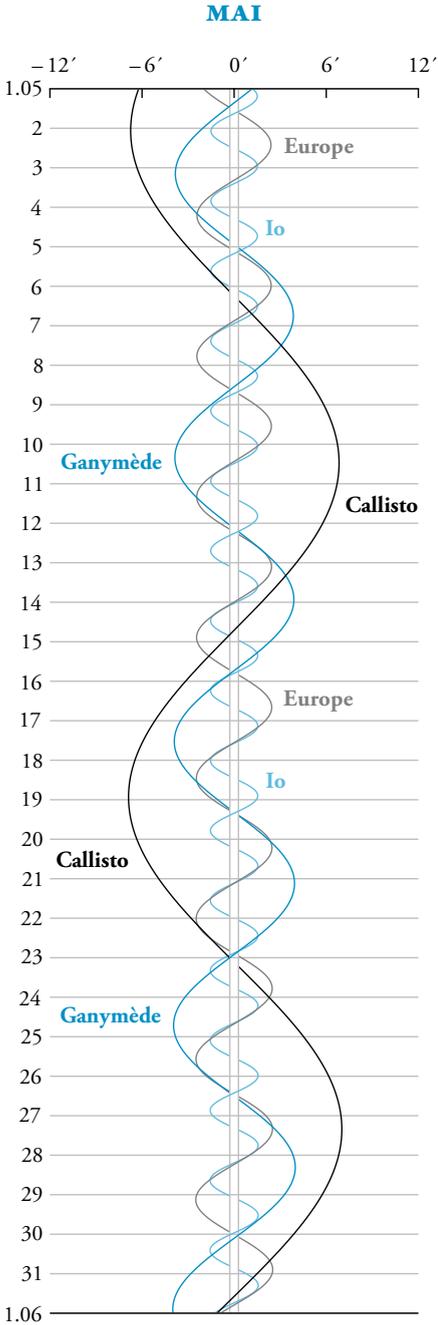
PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
			<i>pas d'éclipse</i>

PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
			<i>pas d'éclipse</i>

Configuration des satellites galiléens de Jupiter (suite)



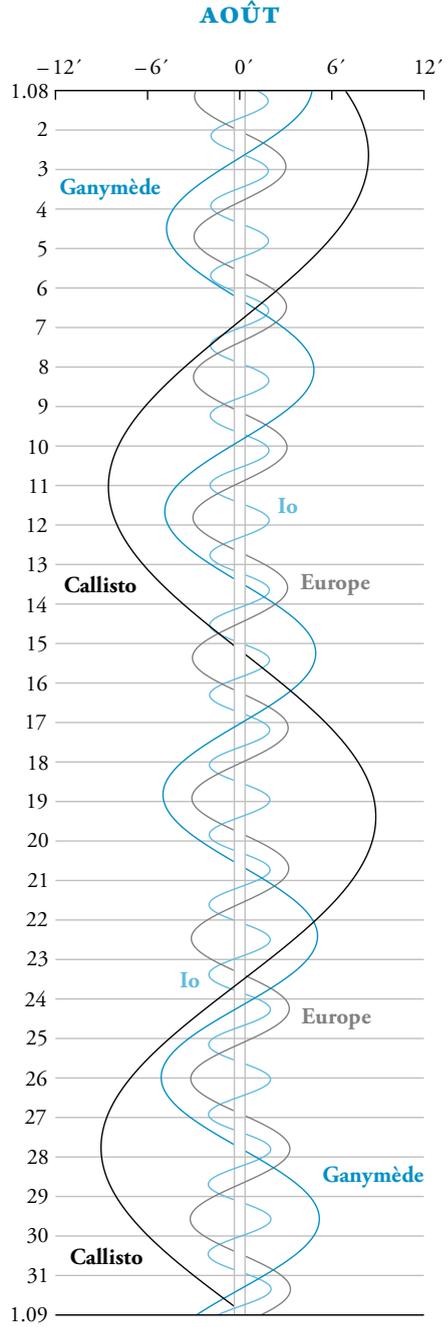
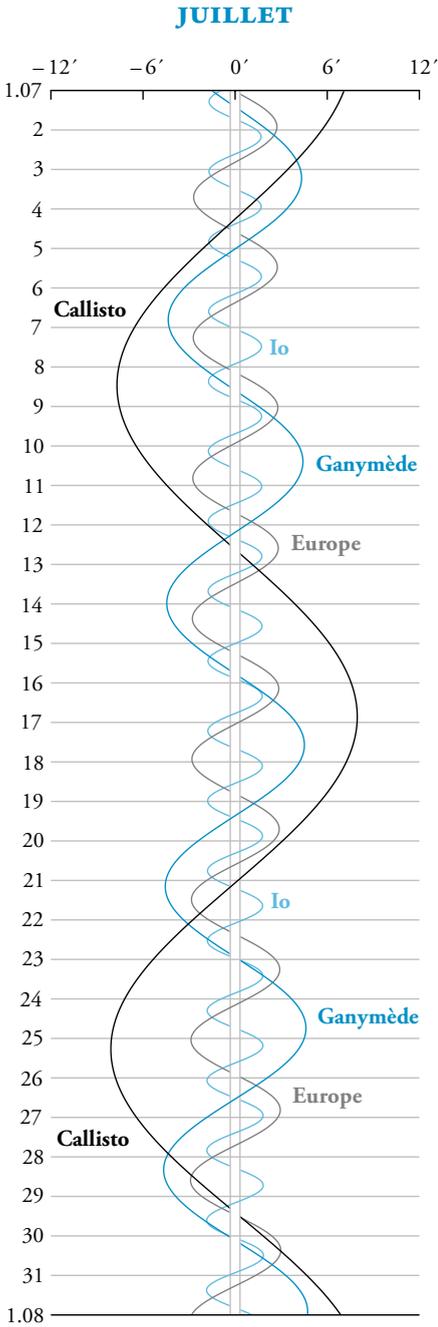
PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
			<i>pas d'éclipse</i>

PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
			<i>pas d'éclipse</i>

Configuration des satellites galiléens de Jupiter (suite)



PHASES DES ÉCLIPSES

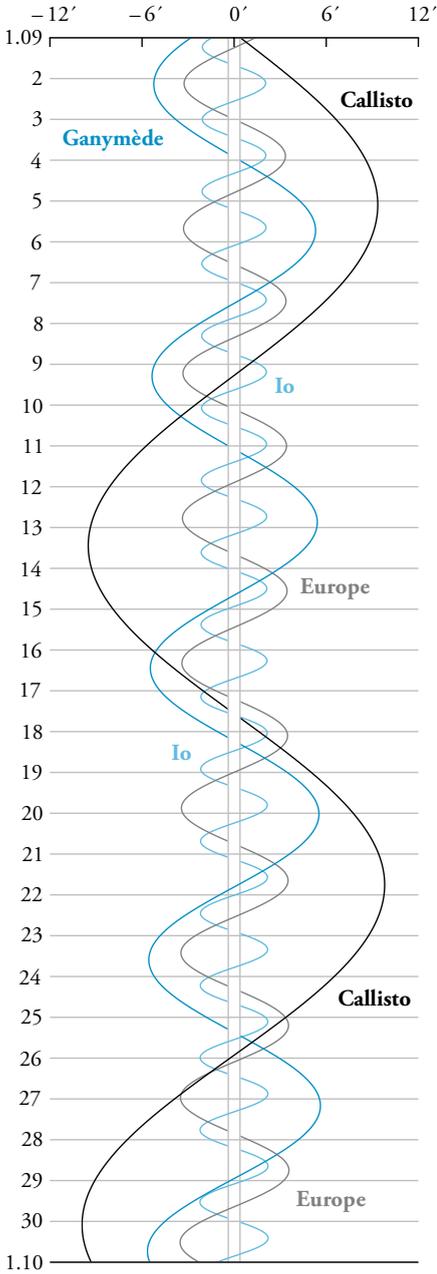
Io	Europe	Ganymède	Callisto
+ d	+ d	++ d f	pas d'éclipse

PHASES DES ÉCLIPSES

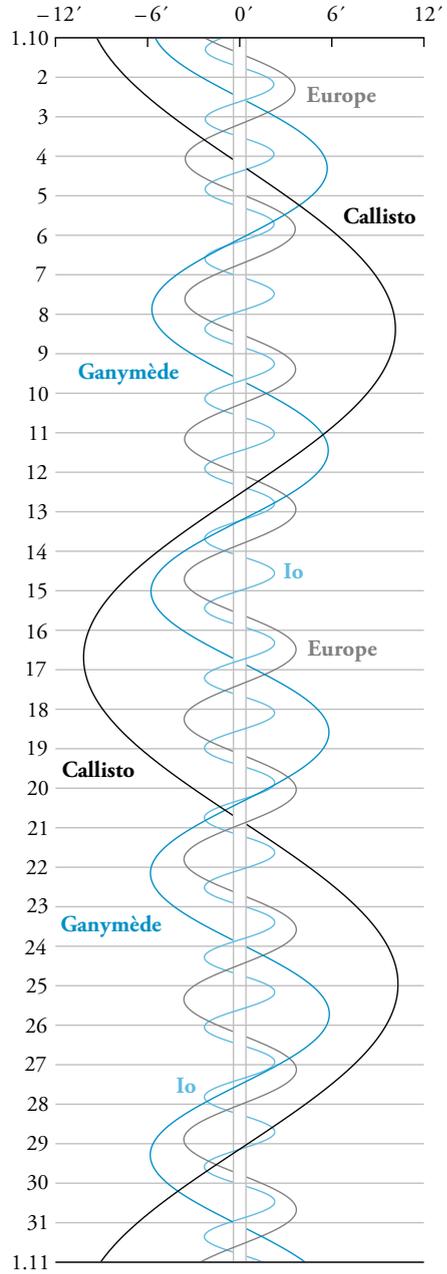
Io	Europe	Ganymède	Callisto
+ d	+ d	++ d f	pas d'éclipse

Configuration des satellites galiléens de Jupiter (suite)

SEPTEMBRE



OCTOBRE



PHASES DES ÉCLIPSES

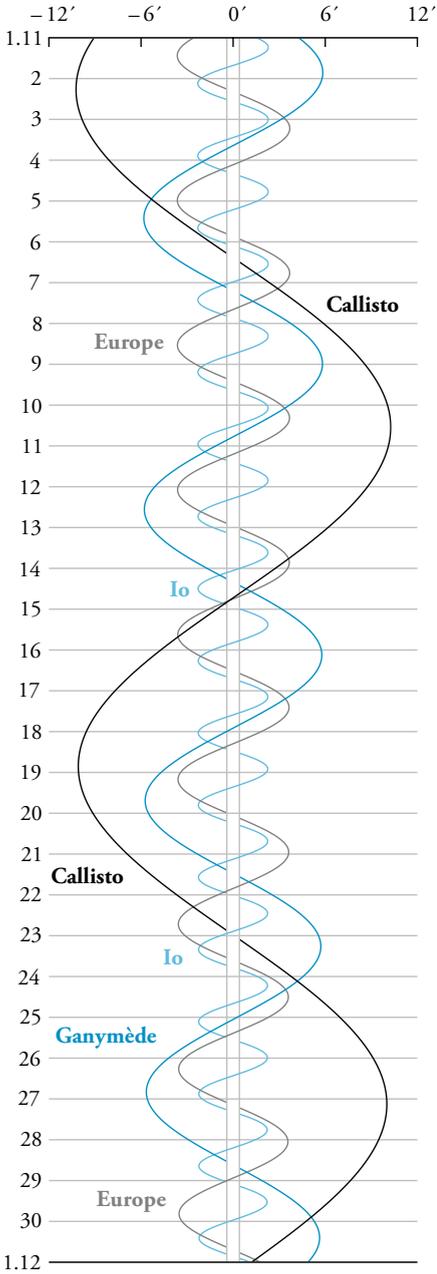
Io	Europe	Ganymède	Callisto
+ d	+ d	++ d f	pas d'éclipse

PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
+ d	+ d	++ d f	pas d'éclipse

Configuration des satellites galiléens de Jupiter (suite et fin)

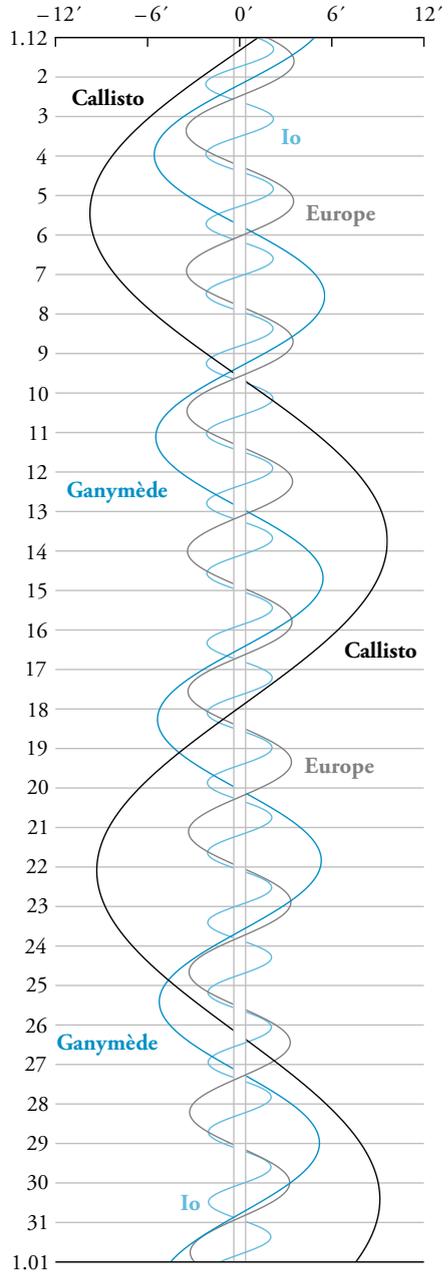
NOVEMBRE



PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
			<i>pas d'éclipse</i>

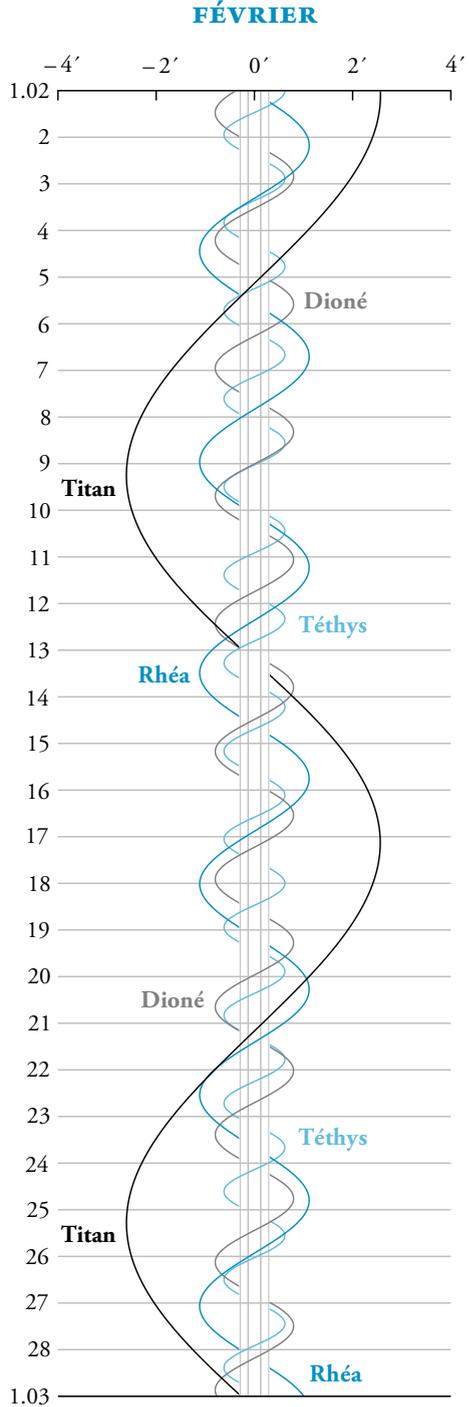
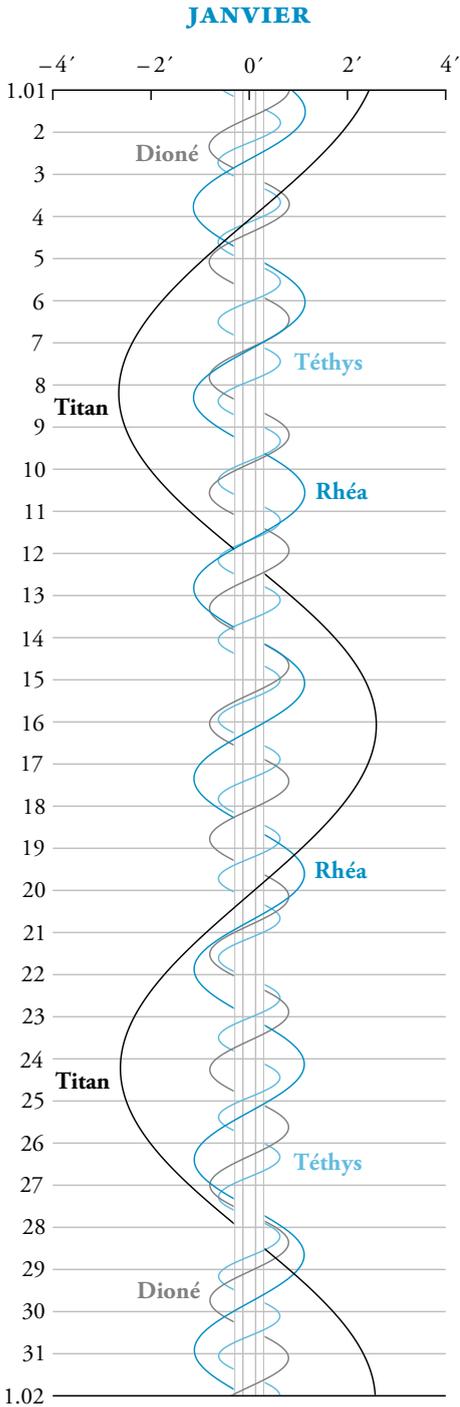
DÉCEMBRE



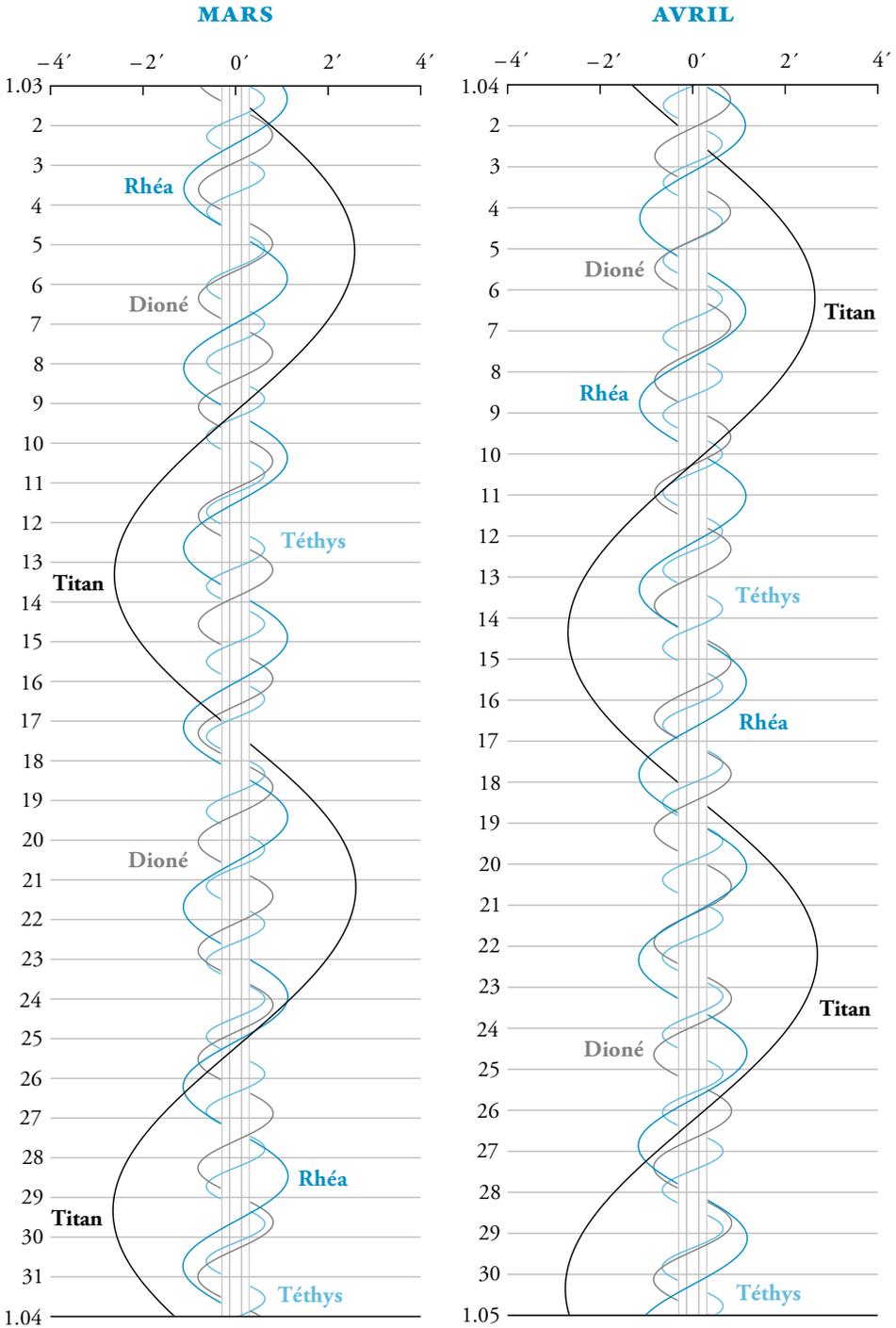
PHASES DES ÉCLIPSES

Io	Europe	Ganymède	Callisto
			<i>pas d'éclipse</i>

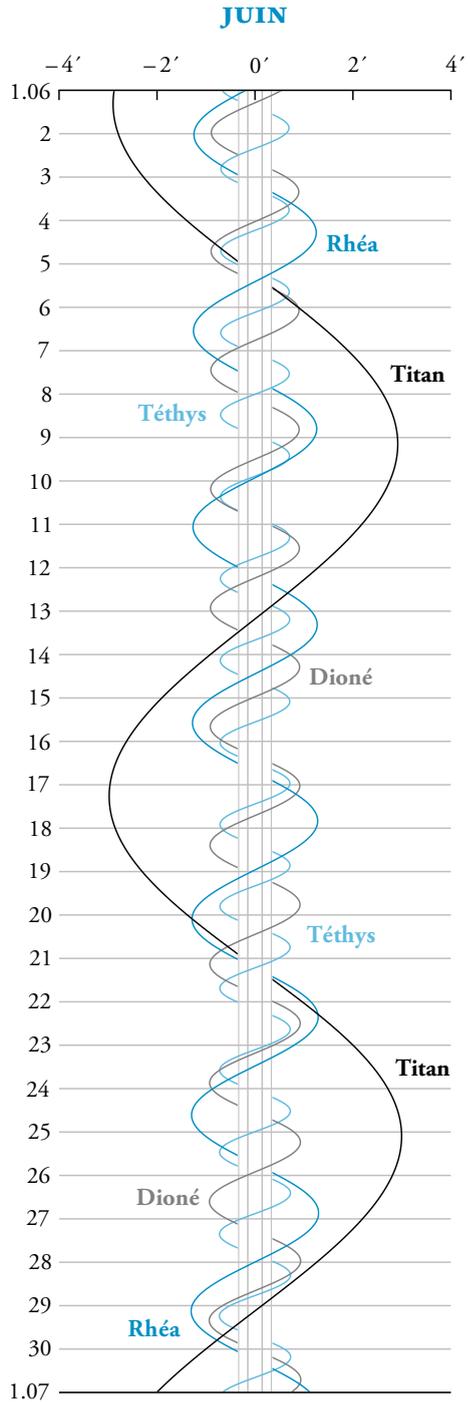
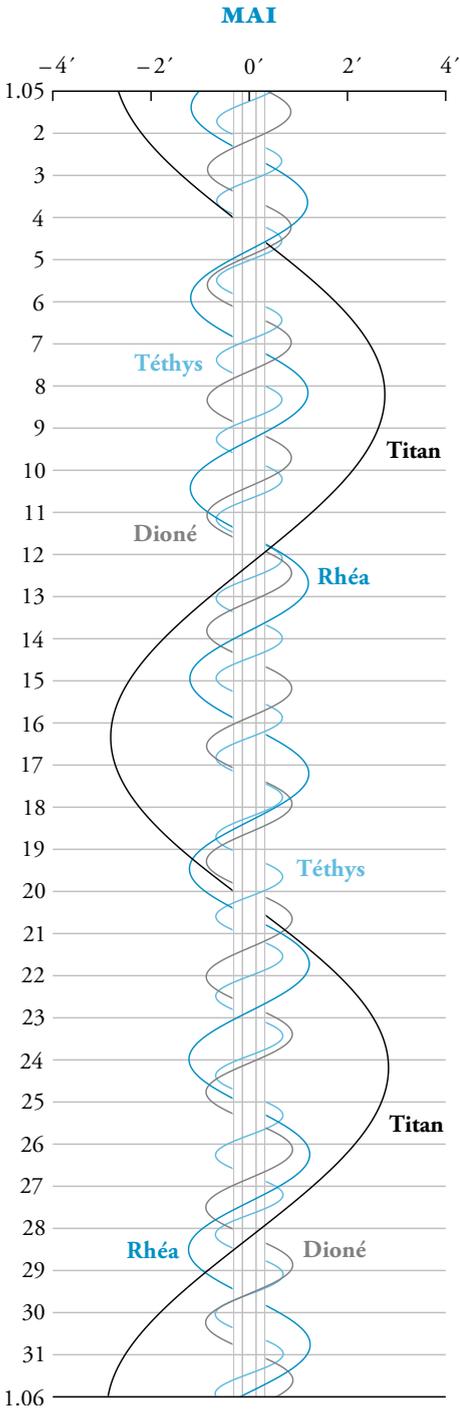
Configuration des satellites de Saturne



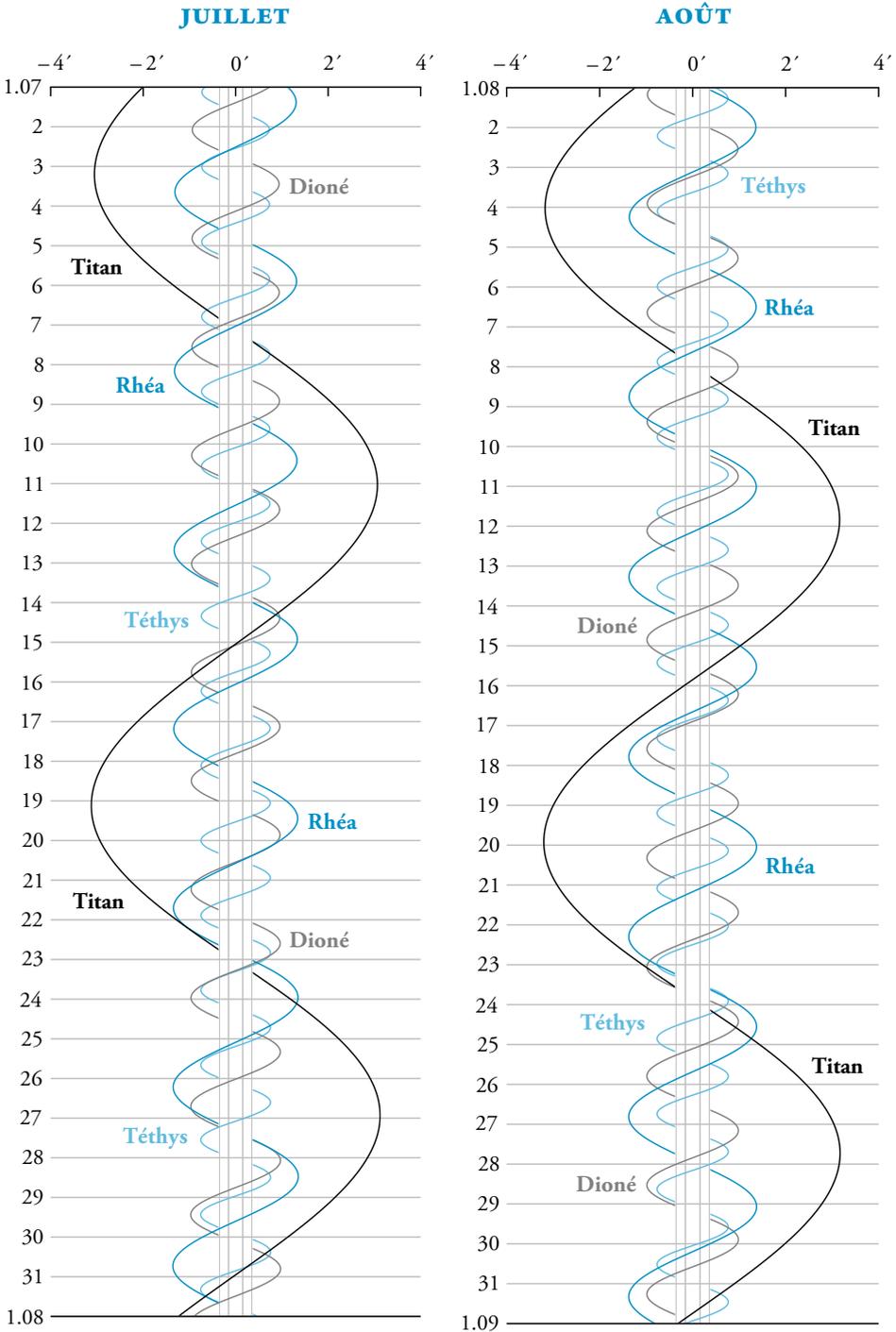
Configuration des satellites de Saturne (suite)



Configuration des satellites de Saturne (suite)

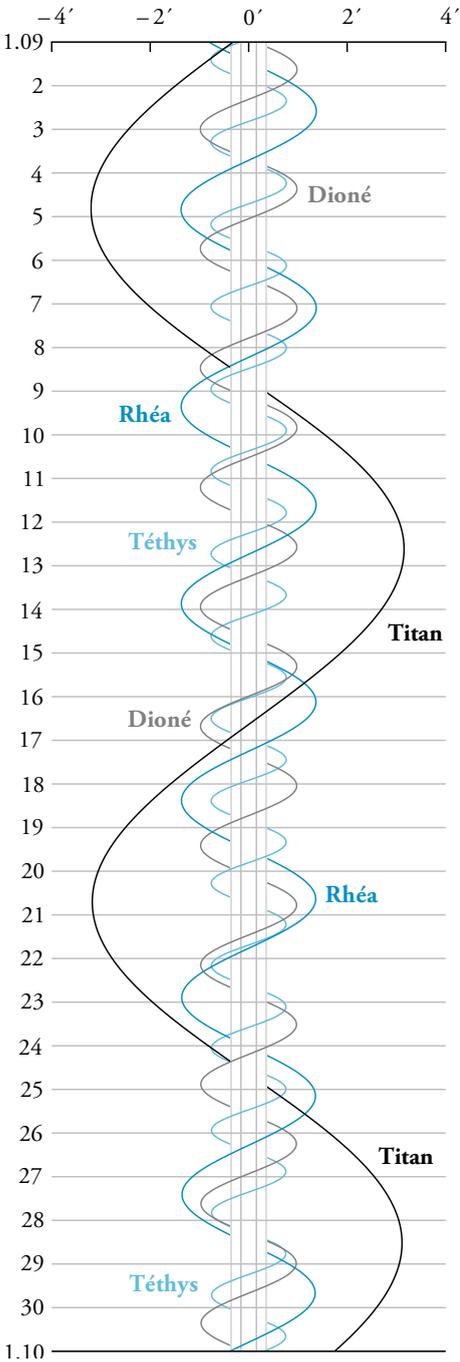


Configuration des satellites de Saturne (suite)

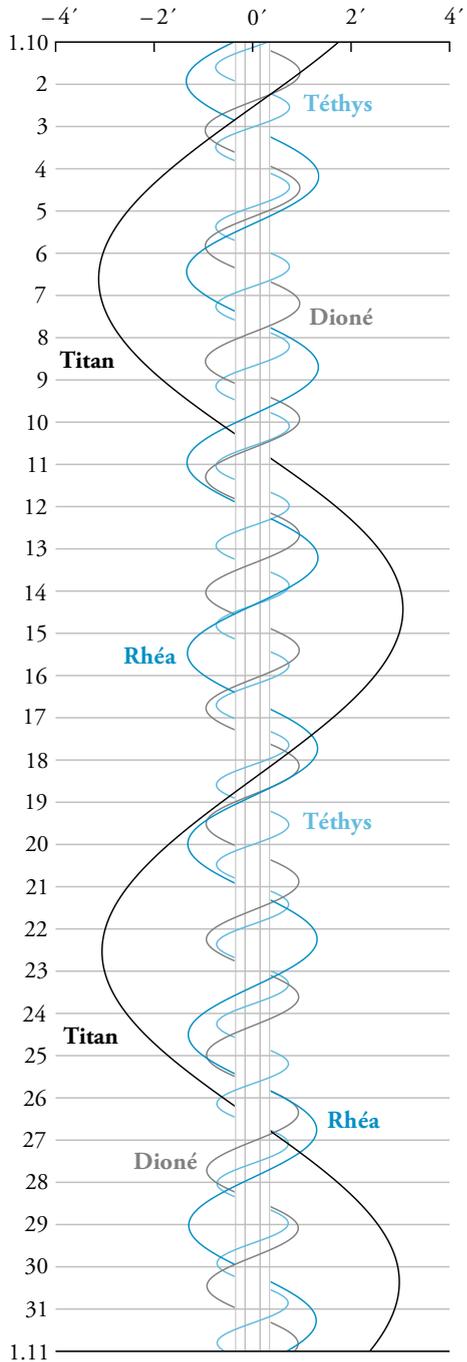


Configuration des satellites de Saturne (suite)

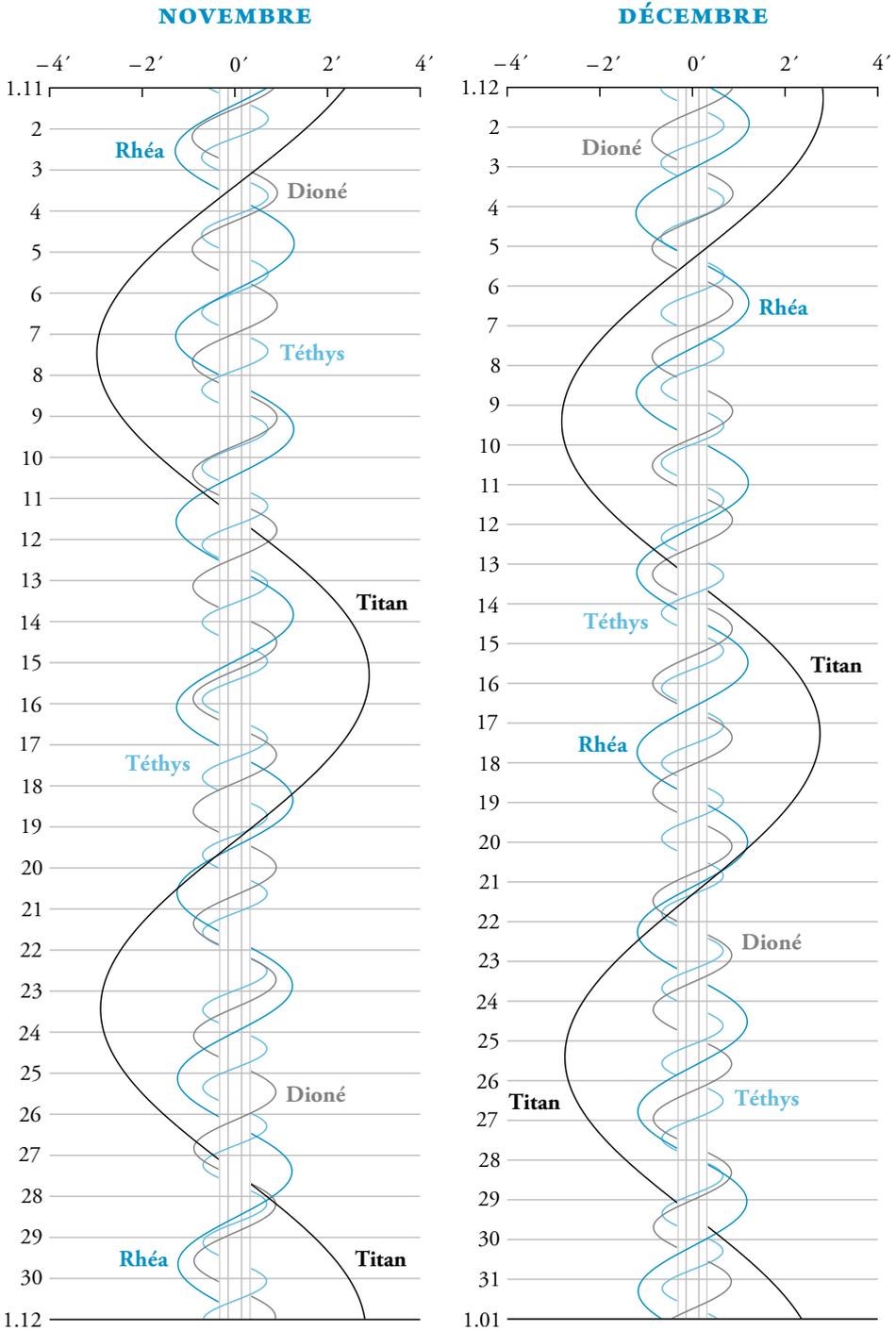
SEPTEMBRE



OCTOBRE



Configuration des satellites de Saturne (suite et fin)



Chapitre sixième

LES ASTÉROÏDES ET LES COMÈTES

1. ASTÉROÏDES

Parmi les objets du Système solaire, les astéroïdes présentent un grand intérêt : en tant que résidus de la nébuleuse solaire et du disque protoplanétaire qui ont formé notre système, ils portent encore les traces de cette matière primitive. Ils sont par ailleurs soumis à des forces gravitationnelles et non gravitationnelles, ou à des collisions, qui en régissent la dynamique et leur confèrent des particularités qui pourraient être génériques pour les systèmes planétaires. Pour ces raisons, de nombreuses études leur sont consacrées ainsi que des missions d'exploration spatiale.

Les astéroïdes ont leur orbite située principalement entre celles de Mars et Jupiter. Cependant, les influences gravitationnelles planétaires, essentiellement celles de Jupiter, induisent des phénomènes de résonance, créent des zones interdites (lacunes de Kirkwood, voir fig. 1) et, en cas d'insertion dans ces zones, peuvent transformer considérablement ces orbites. Ainsi, certains astéroïdes sont transférés sur des orbites qui croisent celles des planètes intérieures, en particulier celle de la Terre. Ces astéroïdes, appelés *astéroïdes géocroiseurs* en français ou *Near-Earth Objects* (NEOs) en anglais, sont particulièrement étudiés parce que leurs rapprochements avec la Terre sont parfois serrés ou qu'ils peuvent même se trouver sur des trajectoires d'impact.

Parmi ces NEOs, les astéroïdes potentiellement dangereux (PHAs ou *Potentially Hazardous Asteroids*) sont ceux dont le diamètre est supérieur à 120 mètres et qui peuvent s'approcher à moins de 20 rayons lunaires : on en dénombre aujourd'hui 2 298*. À l'heure actuelle, aucune forte probabilité d'impact de tels astéroïdes dangereux n'a été calculée pour le siècle à venir.

Outre les astéroïdes géocroiseurs, il existe deux autres groupes dynamiques d'astéroïdes : les MBOs (*Main Belt Asteroids*) et les Troyens. Les astéroïdes de la ceinture principale (MBOs) sont ceux qui orbitent entre les orbites de Mars et Jupiter ; il s'agit du groupe le plus peuplé avec une estimation de plusieurs millions d'objets, dont

* Données Minor Planet Center, septembre 2022.

seulement 1 141 958* sont actuellement connus. Les astéroïdes troyens sont ceux qui se situent sur une orbite proche de celle d'une planète, à 60° de part et d'autre, au voisinage des points de stabilité (points de stabilité de Lagrange L4 et L5). Pour Jupiter, 12 196* astéroïdes troyens sont déjà connus, 31* pour Neptune, 9* pour Mars, 2* pour la Terre et 1* pour Uranus. Il faut ajouter les Centaures et les objets transneptuniens à ces deux groupes. Les objets transneptuniens, au nombre de 2 934*, orbitent au-delà de l'orbite de Neptune, jusqu'à une distance de 55 unités astronomiques du Soleil, dans une zone appelée *ceinture de Kuiper*. Les Centaures, dont le nombre s'élève à 1 450*, orbitent entre Jupiter et Neptune et semblent être des objets intermédiaires entre les objets transneptuniens et les comètes à courte période.

Le premier astéroïde, dénommé (1) Cérès, a été découvert par Piazzi en 1801, suivi par quelques autres découvertes au XIX^e siècle. L'avènement de l'observation photographique au XIX^e siècle, et surtout des caméras sensibles (CCD) au XX^e siècle, a fait progresser considérablement ces découvertes. On dénombre maintenant 1 229 392* astéroïdes et cette quantité ne cesse de progresser. Les objets géocroiseurs sont au premier rang des objets soumis à surveillance : leur dénombrement est actuellement de 29 912* et progresse de plus de 2 000 objets par an. Plusieurs stations d'observation optique se consacrent à cette tâche. Ces *surveys* ont ainsi découvert l'essentiel des NEOs de plus de 1 km de diamètre (849*). Le dénombrement progresse encore pour les objets de diamètre plus petit. Il est cependant important, après leur détection, de pouvoir suivre ces astéroïdes et d'améliorer notre connaissance des orbites sur le long terme.

Les astronomes amateurs contribuent à ces objectifs. Des observations sont régulièrement menées par des réseaux d'observateurs et permettent d'obtenir des résultats de grande précision. Il s'agit des occultations stellaires. Ces phénomènes s'observent lors du passage d'un objet du Système solaire devant une étoile. Pour un observateur bien positionné, l'extinction de l'étoile fournit alors des informations sur la taille de l'objet, la présence de plusieurs objets ou encore l'atmosphère s'il en possède une. Les occultations stellaires par les astéroïdes sont ainsi régulièrement observées.

Depuis le sol, de grands progrès ont été réalisés avec les découvertes et études d'astéroïdes binaires ou multiples qui ont fait suite à la mise en évidence du satellite Dactyl de Ida par la sonde Galileo. En sus d'un effort remarquable d'observation depuis le sol, plusieurs missions spatiales ont permis d'améliorer considérablement la connaissance de ces objets. Ainsi, parmi plusieurs autres, la mission NEAR a permis d'étudier pendant un an l'astéroïde (433) Eros, la sonde Rosetta l'astéroïde (21) Lutetia, la mission Hayabusa a permis de réaliser le premier retour d'échantillon et d'étudier l'astéroïde (25 143) Itokawa, et la mission Dawn l'astéroïde (4) Vesta.

Les astéroïdes nécessitent davantage d'études depuis le sol et l'espace. Ces études restent tout à fait complémentaires. Certaines impliquent la mise en œuvre de hautes

* Données Minor Planet Center, septembre 2022.

technologies, telles que le dénombrement massif de NEOs par des *surveys* sol et le calcul intensif pour l'analyse des observations ou encore la réalisation de missions spatiales. Mais en raison de la diversité et du nombre de ces objets, l'observation plus conventionnelle présente toujours un intérêt majeur.

Adresses web

- Minor Planet Center : <https://www.minorplanetcenter.net/>
- Near-Earth Object Program, Jet Propulsion Laboratory : <https://cneos.jpl.nasa.gov/>
- NEODys, université de Pise : <https://newton.spacedys.com/neodys/>
- AstDys, université de Pise : <https://newton.spacedys.com/astdys/>
- Asteroid Dataservice – Lowell Observatory : <https://asteroid.lowell.edu/gui/>
- International Occultation Timing Association (European Sect.) : <https://www.iota-es.de/>
- Asteroid Watch – NASA : <https://www.jpl.nasa.gov/asteroidwatch/index.php>

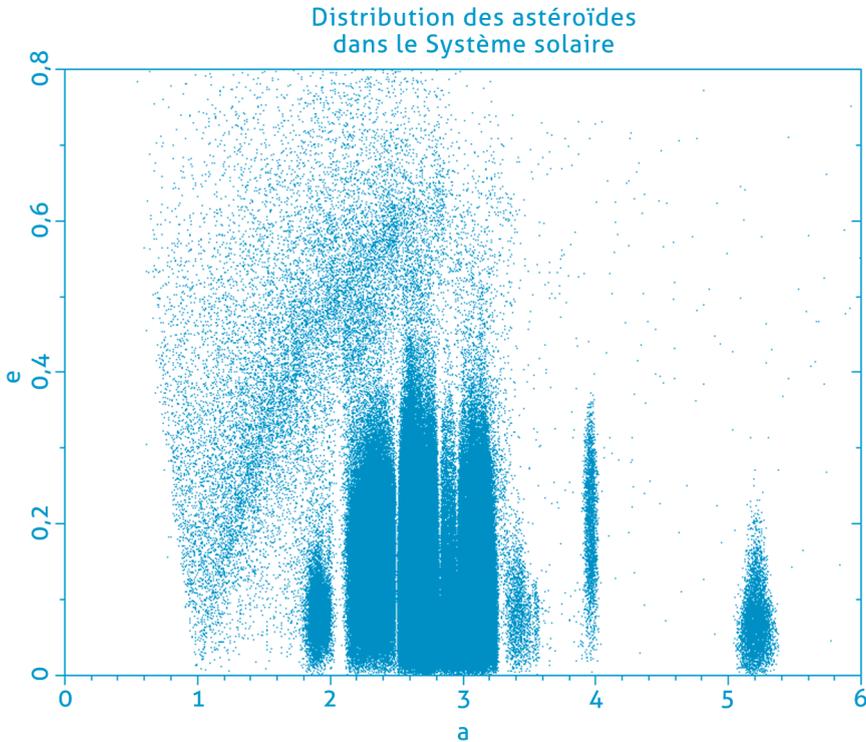


Fig. 1 – Distribution des astéroïdes : demi-grand axe de leur orbite (en unités astronomiques) en fonction de l'excentricité.

© 2018 MINOR PLANET CENTER

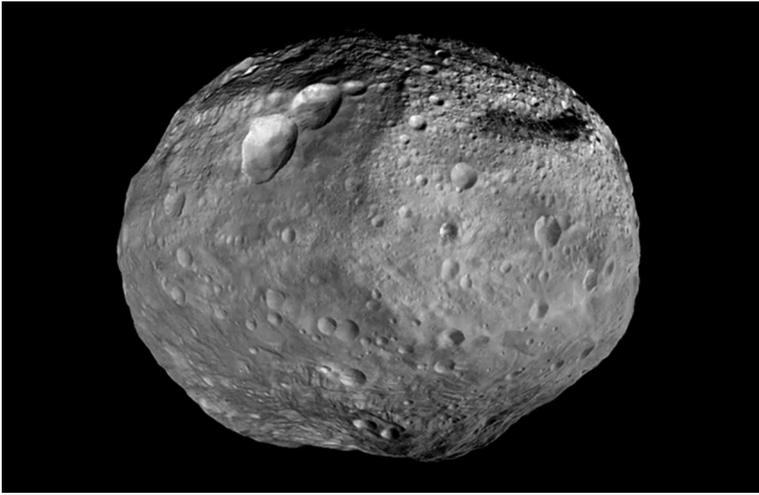


Fig. 2 – L'astéroïde (4) Vesta, vu par la sonde Dawn.

© NASA/JPL-CALTECH/UCAL/MPS/DLR/IDA

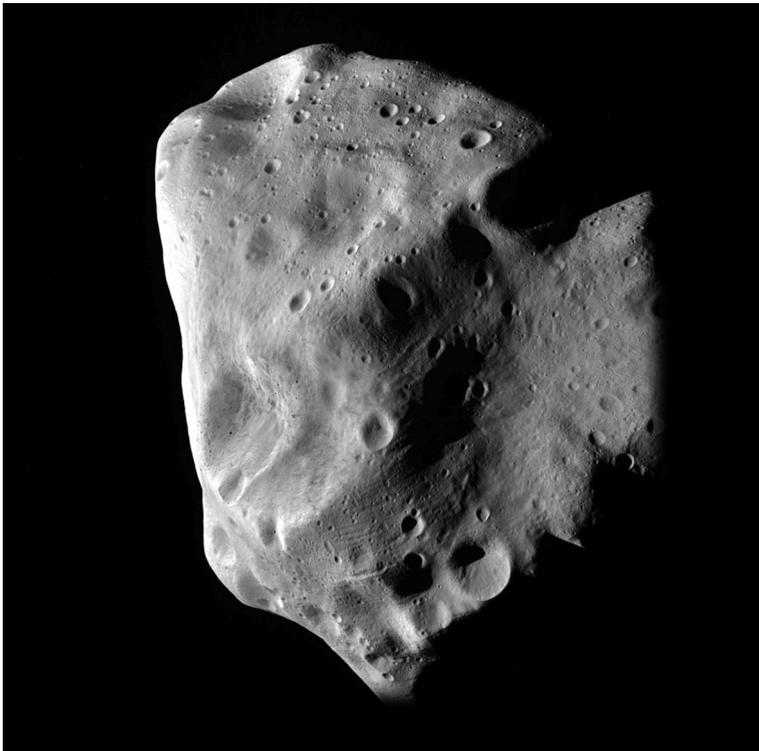


Fig. 3 – Photographie de l'astéroïde (21) Lutèce (ou « Lutetia ») prise par la sonde européenne Rosetta le 10 juillet 2010.

© ESA 2010 MPS FOR OSIRIS TEAM MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA

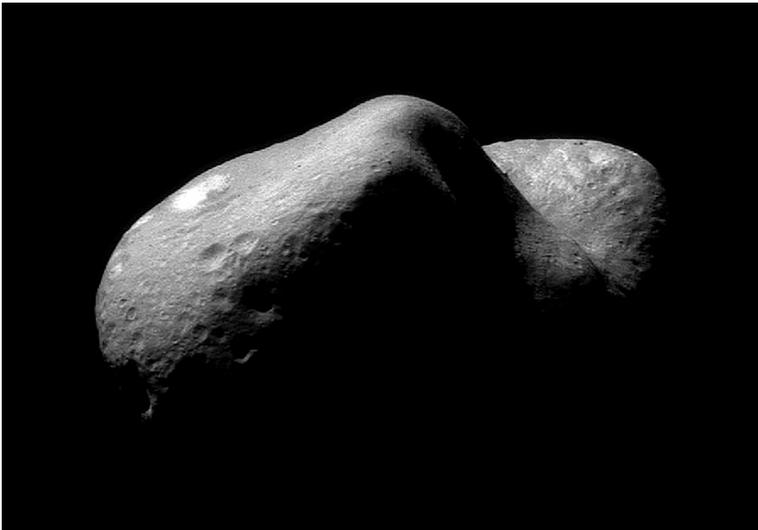


Fig. 4 – Photographies de l'astéroïde (433) Eros prises par la sonde NEAR Shoemaker le 29 février 2000 (haut) et le 14 février 2001 (bas).

© NASA/JPL/JHUAPL

Pour Cérès* et les astéroïdes dont la magnitude visuelle est inférieure à 12, les tableaux suivants présentent de dix jours en dix jours à 0 h UTC les données suivantes :

1. Les coordonnées équatoriales astrométriques rapportées à l'équinoxe et à l'équateur moyens J2000 ;
2. La distance à la Terre Δ en au ;
3. La distance au Soleil r en au ;
4. La magnitude visuelle ;
5. L'angle de phase qui est l'angle des directions astéroïde-Terre, astéroïde-Soleil.
6. Les dates de l'opposition et de la conjonction en longitude avec la Terre (si elles existent) ;
7. La date du passage au périhélie.
8. Les instants de début et/ou de fin de la période d'invisibilité du corps (s'il y a lieu), figurée dans le tableau par une zone grisée.

La magnitude visuelle des astéroïdes est donnée par la formule suivante :

$$m = 5 \log(r \Delta) + H - 2,5 \log((1 - G) \Phi_1 + G \Phi_2)$$

où

$$\Phi_i = \exp\{-A_i [\tan(\beta/2)]^{B_i}\} \text{ pour } i = 1,2$$

avec

$$A_1 = 3,33 \quad A_2 = 1,87 \quad B_1 = 0,63 \quad B_2 = 1,22$$

et où β est l'angle de phase, H est la magnitude absolue de l'astéroïde pour un angle de phase nul et G est appelé paramètre de pente.

Le tableau en fin de section donne les éléments orbitaux d'une sélection d'astéroïdes parmi tous ceux connus. Ces éléments sont calculés pour la date du 1^{er} juillet à 0 h TT ; ils sont rapportés à l'équinoxe et à l'écliptique moyens J2000. On y donne successivement :

- τ l'instant du passage au périhélie,
- ω l'argument du périhélie,
- Ω la longitude du nœud ascendant,
- i l'inclinaison de l'orbite sur l'écliptique,
- e l'excentricité,
- a le demi-grand axe de l'orbite,

ainsi que les valeurs H et G utilisées pour le calcul de la magnitude.

*. Depuis la résolution de l'UAI adoptée en 2006 portant sur la définition des planètes, Cérès est une planète naine, nous la conservons temporairement dans ce chapitre.

(1) CERES

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	12	29	29,6	+9	47	5	2,237	2,550	8,4	22,50
	11	12	37	33,5	+9	47	25	2,112	2,551	8,2	21,85
	21	12	43	34,5	+10	3	45	1,994	2,553	8,1	20,68
	31	12	47	13,4	+10	36	23	1,884	2,555	7,9	18,93
Février	10	12	48	15,6	+11	23	59	1,787	2,557	7,7	16,61
	20	12	46	32,6	+12	23	35	1,707	2,559	7,5	13,76
Mars	2	12	42	8,9	+13	29	40	1,647	2,562	7,3	10,59
	12	12	35	30,3	+14	34	31	1,610	2,565	7,2	7,71
	22	12	27	20,9	+15	29	42	1,599	2,569	7,1	6,48
Avril	1	12	18	42,7	+16	7	21	1,615	2,572	7,2	7,99
	11	12	10	42,0	+16	22	27	1,655	2,577	7,4	10,95
	21	12	4	13,6	+16	13	35	1,719	2,581	7,6	14,08
Mai	1	11	59	55,9	+15	41	58	1,802	2,586	7,8	16,87
	11	11	58	5,6	+14	50	46	1,901	2,591	8,0	19,13
	21	11	58	42,3	+13	43	39	2,012	2,596	8,1	20,84
	31	12	1	37,1	+12	23	52	2,132	2,601	8,3	22,00
Juin	10	12	6	34,3	+10	54	27	2,258	2,607	8,5	22,66
	20	12	13	17,4	+9	17	41	2,387	2,613	8,6	22,88
	30	12	21	31,6	+7	35	18	2,517	2,619	8,7	22,72
Juillet	10	12	31	2,3	+5	48	57	2,646	2,626	8,8	22,23
	20	12	41	38,6	+3	59	46	2,773	2,632	8,9	21,47
	30	12	53	11,2	+2	8	46	2,897	2,639	9,0	20,46
Août	9	13	5	31,9	+0	16	59	3,015	2,646	9,0	19,25
	19	13	18	35,3	-1	34	50	3,127	2,653	9,1	17,86
	29	13	32	16,5	-3	25	50	3,232	2,661	9,1	16,33
Septembre	8	13	46	31,4	-5	15	12	3,329	2,668	9,1	14,67
	18	14	1	17,3	-7	2	17	3,416	2,676	9,1	12,90
	28	14	16	31,6	-8	46	16	3,494	2,684	9,1	11,05
Octobre	8	14	32	11,5	-10	26	27	3,561	2,691	9,0	9,12
	18	14	48	15,4	-12	2	12	3,617	2,699	9,0	7,14
	28	15	4	40,4	-13	32	47	3,660	2,707	8,9	5,12
Novembre	7	15	21	23,9	-14	57	37	3,691	2,715	8,8	3,12
	17	15	38	23,4	-16	16	11	3,709	2,723	8,7	1,36
	27	15	55	34,8	-17	27	56	3,714	2,732	8,8	1,68
Décembre	7	16	12	54,3	-18	32	32	3,705	2,740	8,9	3,55
	17	16	30	17,7	-19	29	46	3,683	2,748	9,0	5,56
	27	16	47	38,9	-20	19	27	3,646	2,756	9,1	7,56

Opposition le 21 mars à 7 h 40 min 28 s UTC.

Conjonction supérieure le 20 novembre à 15 h 36 min 22 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 26 octobre à 7 h 59 min 47 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 15 décembre à 19 h 28 min 17 s UTC.

(2) PALLAS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Magnitude	Phase
		h	min	s	°	'	"	au	au		°
Janvier	1	6	55	33,3	-32	0	53	1,445	2,163	7,8	21,90
	11	6	46	59,0	-30	58	27	1,422	2,155	7,7	21,60
	21	6	39	17,9	-28	59	41	1,413	2,147	7,7	21,69
	31	6	33	44,7	-26	11	16	1,420	2,142	7,7	22,18
Février	10	6	31	8,9	-22	45	33	1,443	2,137	7,8	23,04
	20	6	31	50,5	-18	56	49	1,482	2,134	7,8	24,12
Mars	2	6	35	50,6	-14	59	18	1,536	2,133	8,0	25,25
	12	6	42	53,4	-11	5	35	1,605	2,133	8,1	26,30
	22	6	52	36,7	-7	24	47	1,686	2,134	8,2	27,13
Avril	1	7	4	37,8	-4	3	22	1,778	2,137	8,4	27,67
	11	7	18	32,3	-1	5	8	1,878	2,141	8,5	27,89
	21	7	33	58,6	+1	28	22	1,986	2,147	8,6	27,78
Mai	1	7	50	38,4	+3	36	46	2,099	2,155	8,7	27,36
	11	8	8	13,7	+5	20	50	2,214	2,163	8,8	26,64
	21	8	26	30,5	+6	42	1	2,331	2,173	8,9	25,66
	31	8	45	17,1	+7	41	56	2,448	2,185	9,0	24,44
Juin	10	9	4	22,5	+8	22	36	2,563	2,197	9,1	23,02
	20	9	23	39,3	+8	46	2	2,675	2,211	9,1	21,42
	30	9	43	1,2	+8	54	11	2,783	2,226	9,2	19,68
Juillet	10	10	2	22,8	+8	49	10	2,885	2,242	9,2	17,82
	20	10	21	41,4	+8	32	48	2,980	2,259	9,2	15,86
	30	10	40	54,6	+8	6	57	3,068	2,277	9,2	13,82
Août	9	11	0	0,6	+7	33	28	3,148	2,296	9,2	11,74
	19	11	18	59,5	+6	53	56	3,218	2,315	9,2	9,64
	29	11	37	50,6	+6	10	3	3,278	2,336	9,2	7,56
Septembre	8	11	56	34,1	+5	23	25	3,327	2,357	9,1	5,57
	18	12	15	10,7	+4	35	30	3,365	2,378	9,1	3,85
	28	12	33	40,2	+3	47	52	3,392	2,400	9,1	2,96
Octobre	8	12	52	2,7	+3	2	1	3,406	2,423	9,1	3,54
	18	13	10	18,3	+2	19	20	3,409	2,446	9,2	5,07
	28	13	28	25,8	+1	41	23	3,400	2,469	9,4	6,91
Novembre	7	13	46	23,8	+1	9	34	3,378	2,493	9,4	8,81
	17	14	4	10,6	+0	45	19	3,345	2,517	9,5	10,68
	27	14	21	42,4	+0	30	7	3,301	2,541	9,6	12,48
Décembre	7	14	38	55,7	+0	25	17	3,246	2,565	9,6	14,18
	17	14	55	45,3	+0	32	9	3,181	2,590	9,7	15,75
	27	15	12	4,3	+0	52	2	3,107	2,614	9,7	17,17

Opposition le 8 janvier à 19 h 01 min 26 s UTC.

Conjonction supérieure le 1^{er} octobre à 16 h 08 min 24 s UTC.

Passage au périhélie le 7 mars à 1 h 24 min 36 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 3 septembre à 18 h 53 min 44 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 23 octobre à 5 h 08 min 51 s UTC.

(3) JUNO

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	23	49	50,5	-8	33	52	2,096	2,062	9,7	27,34
	11	0	6	27,4	-7	5	55	2,188	2,047	9,7	26,59
	21	0	24	2,7	-5	29	8	2,276	2,033	9,8	25,61
	31	0	42	28,8	-3	45	32	2,360	2,021	9,8	24,45
Février	10	1	1	38,7	-1	57	18	2,440	2,010	9,8	23,14
	20	1	21	28,0	-0	6	23	2,514	2,002	9,8	21,72
Mars	2	1	41	53,8	+1	45	16	2,584	1,995	9,8	20,21
	12	2	2	52,5	+3	35	34	2,649	1,990	9,8	18,63
	22	2	24	22,3	+5	22	44	2,709	1,987	9,8	17,01
Avril	1	2	46	21,1	+7	4	55	2,764	1,985	9,8	15,35
	11	3	8	46,0	+8	40	19	2,815	1,986	9,8	13,67
	21	3	31	34,8	+10	7	25	2,861	1,989	9,8	11,99
Mai	1	3	54	44,0	+11	24	45	2,903	1,993	9,8	10,32
	11	4	18	9,1	+12	31	3	2,940	2,000	9,7	8,69
	21	4	41	46,2	+13	25	22	2,973	2,008	9,7	7,15
	31	5	5	29,5	+14	6	54	3,001	2,018	9,7	5,77
Juin	10	5	29	12,7	+14	35	12	3,024	2,030	9,6	4,72
	20	5	52	50,5	+14	50	7	3,042	2,043	9,6	4,26
	30	6	16	16,2	+14	51	44	3,055	2,058	9,7	4,57
Juillet	10	6	39	23,5	+14	40	29	3,062	2,074	9,7	5,52
	20	7	2	7,5	+14	16	59	3,063	2,092	9,8	6,84
	30	7	24	22,4	+13	42	7	3,057	2,111	9,9	8,36
Août	9	7	46	3,8	+12	56	59	3,044	2,132	10,0	9,96
	19	8	7	8,4	+12	2	42	3,024	2,153	10,1	11,60
	29	8	27	32,0	+11	0	40	2,996	2,176	10,1	13,25
Septembre	8	8	47	12,1	+9	52	17	2,960	2,199	10,2	14,87
	18	9	6	6,3	+8	39	0	2,916	2,223	10,2	16,45
	28	9	24	11,0	+7	22	25	2,863	2,248	10,3	17,96
Octobre	8	9	41	23,7	+6	4	6	2,801	2,274	10,3	19,37
	18	9	57	40,5	+4	45	41	2,731	2,300	10,3	20,66
	28	10	12	56,1	+3	29	0	2,652	2,326	10,3	21,79
Novembre	7	10	27	5,3	+2	15	49	2,566	2,353	10,3	22,72
	17	10	40	0,1	+1	8	5	2,473	2,380	10,2	23,42
	27	10	51	30,5	+0	8	3	2,374	2,408	10,2	23,81
Décembre	7	11	1	25,7	-0	42	6	2,271	2,436	10,1	23,84
	17	11	9	31,5	-1	19	45	2,166	2,464	10,0	23,43
	27	11	15	32,8	-1	42	8	2,062	2,491	9,9	22,51

Conjonction supérieure le 20 juin à 7 h 36 min 59 s UTC.

Passage au périhélie le 2 avril à 4 h 35 min 51 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 18 mai à 15 h 37 min 38 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 22 juillet à 11 h 14 min 01 s UTC.

(4) VESTA

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	23	9	55,8	-12	16	16	2,683	2,418	8,4	21,42
	11	23	24	29,5	-10	30	27	2,805	2,427	8,5	20,04
	21	23	39	31,6	-8	41	18	2,920	2,436	8,5	18,50
	31	23	54	56,9	-6	49	45	3,026	2,445	8,6	16,82
Février	10	0	10	40,4	-4	56	48	3,124	2,454	8,6	15,03
	20	0	26	39,4	-3	3	20	3,212	2,462	8,6	13,16
Mars	2	0	42	51,8	-1	10	13	3,290	2,471	8,6	11,22
	12	0	59	15,1	+0	41	34	3,357	2,479	8,5	9,25
	22	1	15	48,7	+2	31	17	3,412	2,486	8,5	7,25
Avril	1	1	32	31,3	+4	18	5	3,456	2,494	8,4	5,28
	11	1	49	21,7	+6	1	10	3,487	2,501	8,3	3,41
	21	2	6	19,4	+7	39	51	3,507	2,508	8,3	2,05
Mai	1	2	23	23,1	+9	13	27	3,515	2,515	8,3	2,35
	11	2	40	31,2	+10	41	19	3,510	2,521	8,4	3,93
	21	2	57	42,6	+12	2	58	3,493	2,527	8,5	5,80
	31	3	14	54,7	+13	17	50	3,465	2,533	8,6	7,72
Juin	10	3	32	4,7	+14	25	33	3,424	2,538	8,6	9,63
	20	3	49	9,9	+15	25	50	3,372	2,543	8,7	11,50
	30	4	6	5,8	+16	18	25	3,309	2,548	8,7	13,31
Juillet	10	4	22	47,6	+17	3	16	3,236	2,552	8,7	15,04
	20	4	39	10,3	+17	40	25	3,152	2,556	8,7	16,67
	30	4	55	6,5	+18	10	1	3,058	2,559	8,7	18,18
Août	9	5	10	29,0	+18	32	28	2,956	2,562	8,7	19,55
	19	5	25	9,1	+18	48	18	2,845	2,565	8,6	20,74
	29	5	38	55,8	+18	58	13	2,728	2,567	8,6	21,72
Septembre	8	5	51	38,0	+19	3	12	2,605	2,569	8,5	22,45
	18	6	3	1,6	+19	4	22	2,477	2,571	8,4	22,87
	28	6	12	50,4	+19	3	6	2,347	2,572	8,3	22,93
Octobre	8	6	20	47,4	+19	1	1	2,217	2,573	8,2	22,55
	18	6	26	31,8	+18	59	48	2,089	2,573	8,0	21,65
	28	6	29	42,9	+19	1	13	1,967	2,573	7,8	20,15
Novembre	7	6	30	2,7	+19	6	51	1,854	2,573	7,6	17,98
	17	6	27	17,0	+19	17	46	1,755	2,572	7,4	15,08
	27	6	21	26,6	+19	34	20	1,675	2,571	7,2	11,45
Décembre	7	6	12	53,3	+19	55	42	1,618	2,569	6,9	7,20
	17	6	2	23,1	+20	20	19	1,587	2,567	6,6	2,63
	27	5	51	9,1	+20	46	16	1,586	2,565	6,6	2,75

Conjonction supérieure le 24 avril à 8 h 32 min 11 s UTC.

Opposition le 21 décembre à 18 h 56 min 06 s UTC.

Passage au périhélie le 22 octobre à 5 h 01 min 49 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 28 mars à 13 h 04 min 31 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 21 mai à 18 h 44 min 42 s UTC.

(5) ASTRAEA

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	23	19	50,3	-8	7	15	3,088	2,862	12,7	18,53
	11	23	30	43,8	-6	55	51	3,201	2,847	12,7	17,49
	21	23	42	30,4	-5	38	32	3,305	2,832	12,7	16,22
	31	23	55	2,4	-4	16	18	3,398	2,816	12,7	14,76
Février	10	0	8	12,4	-2	50	12	3,479	2,800	12,7	13,16
	20	0	21	55,7	-1	21	8	3,548	2,783	12,7	11,43
Mars	2	0	36	8,2	+0	9	59	3,604	2,766	12,6	9,60
	12	0	50	46,0	+1	42	12	3,646	2,748	12,5	7,71
	22	1	5	47,0	+3	14	41	3,674	2,730	12,5	5,77
Avril	1	1	21	9,3	+4	46	33	3,689	2,712	12,3	3,83
	11	1	36	50,6	+6	16	55	3,689	2,694	12,2	2,04
	21	1	52	50,4	+7	45	2	3,676	2,675	12,1	1,44
Mai	1	2	9	7,1	+9	10	3	3,650	2,656	12,2	2,92
	11	2	25	39,1	+10	31	10	3,612	2,636	12,3	4,85
	21	2	42	25,7	+11	47	43	3,561	2,617	12,3	6,83
	31	2	59	24,7	+12	58	53	3,498	2,597	12,4	8,82
Juin	10	3	16	34,0	+14	4	2	3,425	2,577	12,4	10,77
	20	3	33	51,7	+15	2	34	3,341	2,557	12,4	12,68
	30	3	51	13,6	+15	53	54	3,248	2,536	12,4	14,54
Juillet	10	4	8	36,1	+16	37	34	3,146	2,516	12,4	16,31
	20	4	25	54,7	+17	13	14	3,035	2,495	12,3	18,00
	30	4	43	2,7	+17	40	37	2,918	2,475	12,3	19,58
Août	9	4	59	53,6	+17	59	41	2,794	2,455	12,2	21,03
	19	5	16	19,5	+18	10	28	2,664	2,434	12,1	22,32
	29	5	32	9,6	+18	13	17	2,530	2,414	12,0	23,42
Septembre	8	5	47	13,9	+18	8	41	2,393	2,394	11,9	24,30
	18	6	1	18,7	+17	57	26	2,254	2,374	11,8	24,91
	28	6	14	8,2	+17	40	39	2,115	2,354	11,6	25,19
Octobre	8	6	25	26,0	+17	19	47	1,976	2,335	11,5	25,08
	18	6	34	50,9	+16	56	32	1,840	2,316	11,3	24,49
	28	6	42	0,2	+16	33	9	1,710	2,297	11,1	23,34
Novembre	7	6	46	31,8	+16	11	60	1,588	2,279	10,8	21,52
	17	6	48	2,0	+15	55	42	1,477	2,262	10,6	18,96
	27	6	46	17,1	+15	46	51	1,381	2,245	10,3	15,59
Décembre	7	6	41	18,8	+15	47	23	1,303	2,228	10,0	11,46
	17	6	33	32,1	+15	58	19	1,248	2,212	9,7	6,81
	27	6	23	57,2	+16	19	22	1,218	2,197	9,4	3,17

Conjonction supérieure le 18 avril à 13 h 00 min 39 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 23 mars à 17 h 50 min 36 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 15 mai à 8 h 47 min 21 s UTC.

(6) HEBE

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Magnitude	Phase
		h	min	s	°	'	"	au	au		°
Janvier	1	8	49	50,6	+9	42	2	1,533	2,418	9,3	12,81
	11	8	42	1,9	+11	0	13	1,496	2,440	9,0	8,29
	21	8	32	32,5	+12	33	3	1,486	2,462	8,8	3,68
	31	8	22	34,1	+14	12	44	1,505	2,484	8,8	3,09
Février	10	8	13	25,7	+15	50	34	1,552	2,506	9,1	7,38
	20	8	6	11,9	+17	19	34	1,627	2,527	9,4	11,58
Mars	2	8	1	37,6	+18	35	25	1,725	2,548	9,7	15,13
	12	8	0	0,8	+19	36	17	1,842	2,568	10,0	17,93
	22	8	1	18,3	+20	22	12	1,973	2,588	10,2	19,97
Avril	1	8	5	16,6	+20	53	55	2,115	2,608	10,4	21,32
	11	8	11	34,4	+21	12	33	2,262	2,627	10,6	22,07
	21	8	19	49,3	+21	19	12	2,413	2,645	10,7	22,31
Mai	1	8	29	41,3	+21	14	49	2,565	2,664	10,9	22,11
	11	8	40	50,7	+21	0	21	2,714	2,681	11,0	21,56
	21	8	53	1,6	+20	36	34	2,860	2,698	11,1	20,72
	31	9	6	0,9	+20	4	14	3,000	2,715	11,2	19,63
Juin	10	9	19	36,6	+19	24	7	3,133	2,730	11,3	18,34
	20	9	33	40,1	+18	36	55	3,257	2,746	11,3	16,88
	30	9	48	4,1	+17	43	21	3,373	2,761	11,3	15,29
Juillet	10	10	2	42,1	+16	44	13	3,477	2,775	11,4	13,59
	20	10	17	30,2	+15	40	11	3,570	2,788	11,4	11,80
	30	10	32	24,6	+14	32	2	3,651	2,801	11,3	9,95
Août	9	10	47	22,2	+13	20	35	3,719	2,813	11,3	8,06
	19	11	2	21,4	+12	6	31	3,774	2,825	11,3	6,17
	29	11	17	20,1	+10	50	41	3,814	2,836	11,2	4,34
Septembre	8	11	32	16,7	+9	33	56	3,841	2,846	11,1	2,78
	18	11	47	10,5	+8	17	2	3,852	2,855	11,1	2,24
	28	12	1	59,7	+7	0	55	3,848	2,864	11,2	3,27
Octobre	8	12	16	43,1	+5	46	27	3,830	2,872	11,3	4,95
	18	12	31	19,2	+4	34	31	3,796	2,880	11,4	6,79
	28	12	45	45,6	+3	26	10	3,748	2,887	11,4	8,65
Novembre	7	12	59	59,8	+2	22	19	3,685	2,893	11,5	10,47
	17	13	13	58,6	+1	23	59	3,609	2,899	11,5	12,22
	27	13	27	37,3	+0	32	18	3,519	2,903	11,5	13,86
Décembre	7	13	40	51,2	-0	11	46	3,417	2,907	11,5	15,38
	17	13	53	33,5	-0	47	5	3,304	2,911	11,5	16,73
	27	14	5	36,0	-1	12	32	3,182	2,913	11,4	17,88

Opposition le 26 janvier à 9 h 16 min 58 s UTC.

Conjonction supérieure le 16 septembre à 16 h 59 min 35 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 23 août à 15 h 05 min 26 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 9 octobre à 4 h 00 min 31 s UTC.

(7) IRIS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	14	11	14,9	-17	50	59	3,148	2,846	11,3	17,99
	11	14	22	12,4	-18	52	30	3,027	2,858	11,3	18,96
	21	14	32	1,9	-19	47	17	2,899	2,868	11,2	19,64
	31	14	40	28,2	-20	34	43	2,766	2,878	11,1	19,98
Février	10	14	47	15,5	-21	14	11	2,631	2,887	11,0	19,91
	20	14	52	6,6	-21	44	58	2,498	2,895	10,9	19,38
Mars	2	14	54	43,7	-22	5	57	2,369	2,903	10,7	18,31
	12	14	54	53,3	-22	15	59	2,248	2,910	10,6	16,67
	22	14	52	26,8	-22	13	37	2,141	2,916	10,4	14,40
Avril	1	14	47	26,9	-21	57	29	2,051	2,921	10,2	11,53
	11	14	40	13,6	-21	27	3	1,983	2,925	10,0	8,13
	21	14	31	22,9	-20	42	57	1,941	2,929	9,8	4,42
Mai	1	14	21	47,5	-19	47	58	1,927	2,931	9,6	1,85
	11	14	12	27,8	-18	46	58	1,942	2,934	9,8	4,61
	21	14	4	17,4	-17	45	40	1,985	2,935	10,0	8,31
	31	13	57	59,1	-16	49	56	2,053	2,935	10,2	11,69
Juin	10	13	53	56,5	-16	4	9	2,143	2,935	10,4	14,55
	20	13	52	17,3	-15	30	51	2,249	2,934	10,6	16,82
	30	13	52	59,3	-15	11	7	2,369	2,932	10,8	18,48
Juillet	10	13	55	51,8	-15	4	29	2,496	2,929	10,9	19,59
	20	14	0	42,1	-15	9	48	2,629	2,926	11,0	20,19
	30	14	7	17,3	-15	25	37	2,763	2,921	11,1	20,33
Août	9	14	15	24,3	-15	50	6	2,896	2,916	11,2	20,09
	19	14	24	52,3	-16	21	32	3,026	2,910	11,3	19,51
	29	14	35	32,3	-16	58	17	3,150	2,904	11,4	18,64
Septembre	8	14	47	15,4	-17	38	42	3,266	2,896	11,4	17,53
	18	14	59	55,7	-18	21	21	3,374	2,888	11,4	16,21
	28	15	13	27,2	-19	4	51	3,471	2,879	11,4	14,70
Octobre	8	15	27	44,4	-19	47	50	3,556	2,869	11,4	13,05
	18	15	42	43,4	-20	29	11	3,629	2,859	11,4	11,27
	28	15	58	19,8	-21	7	44	3,688	2,848	11,3	9,38
Novembre	7	16	14	28,9	-21	42	27	3,733	2,836	11,3	7,41
	17	16	31	7,2	-22	12	25	3,764	2,823	11,2	5,36
	27	16	48	9,7	-22	36	44	3,779	2,810	11,1	3,27
Décembre	7	17	5	31,6	-22	54	44	3,779	2,795	10,9	1,13
	17	17	23	8,5	-23	5	47	3,763	2,780	10,9	1,03
	27	17	40	54,4	-23	9	24	3,732	2,765	11,0	3,19

Opposition le 30 avril à 16 h 13 min 05 s UTC.

Conjonction supérieure le 12 décembre à 5 h 48 min 34 s UTC.

Passage au périhélie le 31 mai à 13 h 05 min 31 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 17 novembre à 18 h 21 min 05 s UTC.

(8) FLORA

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	17	50	32,2	-21	25	58	3,359	2,408	11,5	5,00
	11	18	10	47,2	-21	34	34	3,312	2,394	11,6	7,19
	21	18	31	4,2	-21	33	22	3,253	2,380	11,6	9,36
	31	18	51	17,0	-21	22	35	3,183	2,365	11,6	11,51
Février	10	19	11	19,8	-21	2	39	3,102	2,350	11,6	13,60
	20	19	31	8,3	-20	34	10	3,011	2,335	11,6	15,63
Mars	2	19	50	36,6	-19	57	57	2,912	2,319	11,6	17,57
	12	20	9	40,1	-19	15	0	2,804	2,302	11,6	19,42
	22	20	28	14,9	-18	26	25	2,690	2,286	11,5	21,16
Avril	1	20	46	15,8	-17	33	34	2,570	2,269	11,5	22,75
	11	21	3	38,7	-16	37	54	2,444	2,251	11,4	24,19
	21	21	20	19,1	-15	41	0	2,315	2,234	11,3	25,44
Mai	1	21	36	10,4	-14	44	48	2,184	2,216	11,2	26,46
	11	21	51	6,7	-13	51	16	2,051	2,198	11,0	27,22
	21	22	4	59,7	-13	2	37	1,918	2,179	10,9	27,67
	31	22	17	37,9	-12	21	30	1,786	2,161	10,7	27,74
Juin	10	22	28	49,2	-11	50	34	1,657	2,143	10,5	27,37
	20	22	38	16,6	-11	32	57	1,533	2,124	10,3	26,47
	30	22	45	39,6	-11	31	53	1,415	2,106	10,1	24,94
Juillet	10	22	50	37,4	-11	50	9	1,306	2,088	9,8	22,70
	20	22	52	46,3	-12	30	6	1,209	2,070	9,5	19,65
	30	22	51	49,4	-13	31	59	1,126	2,052	9,2	15,76
Août	9	22	47	45,2	-14	52	38	1,062	2,035	8,9	11,13
	19	22	40	53,5	-16	25	4	1,018	2,018	8,6	6,26
	29	22	32	11,5	-17	57	46	0,997	2,001	8,4	4,22
Septembre	8	22	23	4,3	-19	18	7	0,999	1,985	8,6	8,34
	18	22	15	6,4	-20	15	55	1,023	1,970	8,8	13,61
	28	22	9	42,1	-20	45	32	1,067	1,955	9,1	18,46
Octobre	8	22	7	39,8	-20	46	33	1,126	1,941	9,3	22,56
	18	22	9	14,8	-20	21	19	1,199	1,928	9,5	25,80
	28	22	14	19,4	-19	33	5	1,280	1,916	9,7	28,22
Novembre	7	22	22	27,7	-18	25	22	1,369	1,905	9,9	29,92
	17	22	33	12,4	-17	0	52	1,461	1,895	10,1	30,98
	27	22	46	6,1	-15	21	55	1,556	1,886	10,2	31,51
Décembre	7	23	0	42,8	-13	30	42	1,653	1,878	10,3	31,60
	17	23	16	43,3	-11	28	55	1,749	1,871	10,5	31,32
	27	23	33	51,5	-9	18	24	1,845	1,866	10,5	30,73

Opposition le 27 août à 7 h 39 min 32 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 5 janvier à 22 h 32 min 19 s UTC.

(9) METIS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	21	42	25,7	-18	24	49	3,025	2,386	11,5	15,99
	11	21	59	57,8	-16	47	11	3,092	2,372	11,5	14,21
	21	22	17	44,1	-15	3	21	3,150	2,359	11,5	12,33
	31	22	35	41,1	-13	13	55	3,196	2,345	11,4	10,38
Février	10	22	53	45,4	-11	19	43	3,232	2,331	11,3	8,38
	20	23	11	55,7	-9	21	30	3,258	2,317	11,2	6,36
Mars	2	23	30	11,0	-7	20	7	3,272	2,303	11,1	4,36
	12	23	48	30,5	-5	16	33	3,276	2,290	11,0	2,50
	22	0	6	55,1	-3	11	39	3,270	2,276	10,9	1,60
Avril	1	0	25	25,0	-1	6	23	3,253	2,263	11,0	2,80
	11	0	44	0,6	+0	58	15	3,227	2,250	11,1	4,70
	21	1	2	43,5	+3	1	24	3,192	2,237	11,1	6,71
Mai	1	1	21	34,2	+5	2	2	3,148	2,225	11,2	8,74
	11	1	40	32,9	+6	59	14	3,096	2,213	11,2	10,74
	21	1	59	40,9	+8	52	9	3,035	2,201	11,2	12,71
	31	2	18	57,2	+10	39	49	2,968	2,190	11,3	14,64
Juin	10	2	38	21,1	+12	21	27	2,893	2,179	11,3	16,51
	20	2	57	51,7	+13	56	20	2,812	2,168	11,2	18,32
	30	3	17	25,5	+15	23	42	2,725	2,159	11,2	20,04
Juillet	10	3	36	59,3	+16	43	4	2,633	2,149	11,2	21,67
	20	3	56	28,4	+17	54	2	2,535	2,141	11,1	23,19
	30	4	15	45,6	+18	56	20	2,433	2,133	11,1	24,58
Août	9	4	34	43,4	+19	50	3	2,327	2,125	11,0	25,82
	19	4	53	12,1	+20	35	27	2,218	2,118	10,9	26,87
	29	5	10	58,9	+21	13	9	2,106	2,112	10,8	27,71
Septembre	8	5	27	50,8	+21	44	10	1,992	2,107	10,7	28,28
	18	5	43	30,8	+22	9	49	1,877	2,103	10,6	28,54
	28	5	57	38,6	+22	31	52	1,762	2,099	10,5	28,41
Octobre	8	6	9	53,0	+22	52	27	1,649	2,096	10,3	27,81
	18	6	19	46,7	+23	13	56	1,539	2,094	10,1	26,65
	28	6	26	50,7	+23	38	48	1,436	2,093	9,9	24,83
Novembre	7	6	30	37,1	+24	9	5	1,341	2,093	9,7	22,23
	17	6	30	39,0	+24	45	52	1,258	2,093	9,4	18,78
	27	6	26	46,2	+25	28	24	1,191	2,094	9,2	14,45
Décembre	7	6	19	15,6	+26	13	36	1,144	2,097	8,9	9,36
	17	6	9	0,1	+26	56	31	1,121	2,100	8,6	3,90
	27	5	57	36,8	+27	32	13	1,123	2,103	8,5	3,07

Conjonction supérieure le 21 mars à 0 h 50 min 19 s UTC.

Opposition le 22 décembre à 23 h 07 min 11 s UTC.

Passage au périhélie le 6 novembre à 11 h 56 min 00 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 20 février à 1 h 59 min 48 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 20 avril à 19 h 13 min 42 s UTC.

(10) HYGIEA

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	18	20	34,2	-23	51	54	3,827	2,849	11,0	1,82
	11	18	38	45,8	-23	32	54	3,814	2,856	11,1	3,86
	21	18	56	40,3	-23	6	23	3,787	2,863	11,2	5,88
	31	19	14	11,3	-22	32	49	3,747	2,870	11,3	7,84
Février	10	19	31	12,7	-21	52	53	3,695	2,878	11,3	9,74
	20	19	47	39,5	-21	7	20	3,629	2,886	11,4	11,55
Mars	2	20	3	25,7	-20	17	5	3,552	2,894	11,4	13,26
	12	20	18	26,0	-19	23	9	3,465	2,902	11,4	14,84
	22	20	32	35,3	-18	26	38	3,367	2,911	11,4	16,26
Avril	1	20	45	47,0	-17	28	43	3,261	2,920	11,4	17,50
	11	20	57	55,2	-16	30	42	3,147	2,929	11,3	18,53
	21	21	8	53,1	-15	33	52	3,028	2,938	11,3	19,32
Mai	1	21	18	31,9	-14	39	41	2,904	2,948	11,2	19,81
	11	21	26	43,2	-13	49	36	2,778	2,958	11,1	19,96
	21	21	33	17,0	-13	5	6	2,652	2,967	11,0	19,74
	31	21	38	2,1	-12	27	46	2,529	2,977	10,9	19,07
Juin	10	21	40	49,1	-11	58	59	2,412	2,987	10,8	17,93
	20	21	41	28,8	-11	40	0	2,304	2,998	10,6	16,25
	30	21	39	56,8	-11	31	41	2,210	3,008	10,5	14,02
Juillet	10	21	36	17,3	-11	34	3	2,132	3,019	10,3	11,27
	20	21	30	43,1	-11	46	22	2,076	3,029	10,1	8,04
	30	21	23	42,0	-12	6	43	2,043	3,040	9,9	4,48
Août	9	21	15	54,0	-12	32	12	2,038	3,050	9,7	1,20
	19	21	8	5,5	-12	59	32	2,060	3,061	9,9	3,43
	29	21	1	5,6	-13	25	21	2,110	3,072	10,1	6,94
Septembre	8	20	55	34,3	-13	46	54	2,185	3,083	10,3	10,12
	18	20	51	58,8	-14	2	22	2,283	3,094	10,6	12,83
	28	20	50	34,3	-14	10	31	2,399	3,104	10,7	14,99
Octobre	8	20	51	21,9	-14	10	50	2,530	3,115	10,9	16,59
	18	20	54	15,5	-14	3	9	2,671	3,126	11,1	17,65
	28	20	59	4,0	-13	47	25	2,820	3,137	11,2	18,22
Novembre	7	21	5	33,0	-13	23	51	2,972	3,148	11,4	18,35
	17	21	13	28,5	-12	52	39	3,126	3,158	11,5	18,10
	27	21	22	36,9	-12	14	3	3,277	3,169	11,6	17,51
Décembre	7	21	32	44,9	-11	28	28	3,423	3,180	11,6	16,64
	17	21	43	42,0	-10	36	15	3,563	3,190	11,7	15,53
	27	21	55	17,8	-9	37	52	3,694	3,201	11,7	14,22

Opposition le 10 août à 10 h 45 min 37 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 17 janvier à 3 h 30 min 54 s UTC.

(11) PARTHENOPE

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	15	19	1,7	-14	21	47	3,037	2,503	11,9	17,23
	11	15	35	36,4	-15	14	39	2,923	2,492	11,9	18,85
	21	15	51	48,4	-15	59	14	2,802	2,482	11,8	20,33
	31	16	7	27,4	-16	35	16	2,674	2,471	11,7	21,62
Février	10	16	22	22,8	-17	2	50	2,541	2,460	11,6	22,68
	20	16	36	22,3	-17	22	10	2,405	2,449	11,5	23,48
Mars	2	16	49	10,0	-17	33	39	2,267	2,438	11,4	23,96
	12	17	0	30,2	-17	38	4	2,130	2,427	11,3	24,06
	22	17	10	4,2	-17	36	18	1,994	2,416	11,1	23,72
Avril	1	17	17	30,5	-17	29	29	1,863	2,405	10,9	22,85
	11	17	22	29,7	-17	19	1	1,739	2,395	10,7	21,39
	21	17	24	41,5	-17	6	16	1,624	2,384	10,5	19,25
Mai	1	17	23	51,4	-16	52	48	1,524	2,373	10,3	16,38
	11	17	19	58,3	-16	40	6	1,440	2,362	10,0	12,80
	21	17	13	17,1	-16	29	29	1,377	2,352	9,7	8,61
	31	17	4	28,8	-16	22	23	1,337	2,342	9,4	4,29
Juin	10	16	54	38,9	-16	20	8	1,322	2,332	9,3	3,29
	20	16	45	3,3	-16	23	59	1,332	2,322	9,6	7,43
	30	16	36	58,6	-16	35	12	1,365	2,312	9,8	11,95
Juillet	10	16	31	21,5	-16	54	16	1,420	2,303	10,0	16,02
	20	16	28	43,3	-17	20	58	1,492	2,294	10,2	19,43
	30	16	29	16,0	-17	54	25	1,578	2,285	10,4	22,12
Août	9	16	32	53,2	-18	32	56	1,674	2,277	10,6	24,11
	19	16	39	20,9	-19	14	37	1,778	2,269	10,8	25,46
	29	16	48	22,9	-19	57	24	1,886	2,261	10,9	26,25
Septembre	8	16	59	39,7	-20	39	8	1,997	2,254	11,0	26,55
	18	17	12	55,0	-21	17	52	2,108	2,248	11,2	26,43
	28	17	27	53,6	-21	51	42	2,219	2,241	11,2	25,96
Octobre	8	17	44	20,0	-22	18	56	2,328	2,236	11,3	25,20
	18	18	2	2,1	-22	38	8	2,433	2,231	11,4	24,18
	28	18	20	47,5	-22	47	60	2,534	2,226	11,4	22,94
Novembre	7	18	40	23,9	-22	47	32	2,631	2,222	11,5	21,53
	17	19	0	41,4	-22	36	1	2,721	2,218	11,5	19,95
	27	19	21	29,2	-22	12	59	2,806	2,215	11,5	18,25
Décembre	7	19	42	37,6	-21	38	18	2,883	2,213	11,5	16,44
	17	20	3	58,7	-20	52	3	2,953	2,211	11,5	14,54
	27	20	25	24,4	-19	54	37	3,015	2,210	11,4	12,57

Opposition le 6 juin à 9 h 15 min 51 s UT

(15) EUNOMIA

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	16	59	39,0	-29	4	15	3,870	2,998	11,3	7,67
	11	17	16	36,0	-29	17	52	3,794	2,986	11,3	9,55
	21	17	33	19,7	-29	25	33	3,704	2,973	11,3	11,39
	31	17	49	42,1	-29	27	24	3,601	2,960	11,3	13,15
Février	10	18	5	35,0	-29	23	43	3,486	2,946	11,3	14,80
	20	18	20	50,5	-29	14	58	3,361	2,932	11,3	16,31
Mars	2	18	35	18,6	-29	1	48	3,226	2,917	11,2	17,65
	12	18	48	49,7	-28	44	58	3,084	2,902	11,1	18,79
	22	19	1	13,5	-28	25	24	2,936	2,886	11,0	19,68
Avril	1	19	12	16,9	-28	4	7	2,784	2,870	10,9	20,28
	11	19	21	47,4	-27	42	11	2,630	2,854	10,8	20,53
	21	19	29	30,3	-27	20	39	2,478	2,837	10,7	20,38
Mai	1	19	35	8,7	-27	0	29	2,329	2,820	10,5	19,76
	11	19	38	27,0	-26	42	23	2,187	2,802	10,3	18,61
	21	19	39	9,2	-26	26	35	2,055	2,784	10,1	16,85
	31	19	37	3,8	-26	12	43	1,936	2,766	9,9	14,45
Juin	10	19	32	10,3	-25	59	31	1,836	2,748	9,6	11,39
	20	19	24	41,0	-25	45	5	1,757	2,729	9,4	7,74
	30	19	15	11,0	-25	27	8	1,703	2,710	9,1	3,65
Juillet	10	19	4	36,5	-25	3	52	1,675	2,691	8,9	1,34
	20	18	54	5,0	-24	34	48	1,676	2,671	9,1	5,49
	30	18	44	48,0	-24	0	56	1,702	2,652	9,3	9,69
Août	9	18	37	41,4	-23	24	18	1,752	2,632	9,5	13,47
	19	18	33	19,7	-22	47	7	1,822	2,612	9,7	16,68
	29	18	31	58,5	-22	10	54	1,908	2,592	9,9	19,23
Septembre	8	18	33	34,5	-21	36	12	2,005	2,572	10,0	21,14
	18	18	37	55,8	-21	2	43	2,110	2,552	10,1	22,43
	28	18	44	46,4	-20	29	26	2,219	2,532	10,3	23,18
Octobre	8	18	53	46,4	-19	55	2	2,330	2,511	10,4	23,44
	18	19	4	38,6	-19	18	6	2,440	2,491	10,4	23,29
	28	19	17	6,5	-18	37	10	2,547	2,472	10,5	22,78
Novembre	7	19	30	54,0	-17	50	58	2,650	2,452	10,5	21,97
	17	19	45	48,5	-16	58	26	2,746	2,432	10,6	20,90
	27	20	1	37,9	-15	58	38	2,836	2,413	10,6	19,62
Décembre	7	20	18	11,3	-14	51	1	2,917	2,394	10,6	18,17
	17	20	35	20,5	-13	35	7	2,990	2,375	10,6	16,58
	27	20	52	57,4	-12	10	47	3,054	2,357	10,5	14,86

Opposition le 7 juillet à 19 h 58 min 00 s UTC.

(18) MELPOMENE

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	18	47	28,5	-17	40	32	3,223	2,246	11,1	2,39
	11	19	9	2,5	-17	24	58	3,196	2,221	11,1	2,75
	21	19	30	48,9	-16	57	48	3,158	2,195	11,1	4,39
	31	19	52	42,4	-16	19	17	3,111	2,170	11,2	6,39
Février	10	20	14	38,5	-15	29	55	3,055	2,144	11,2	8,50
	20	20	36	34,3	-14	30	18	2,991	2,119	11,2	10,63
Mars	2	20	58	26,4	-13	21	16	2,919	2,094	11,2	12,76
	12	21	20	12,9	-12	3	53	2,840	2,070	11,2	14,86
	22	21	41	53,1	-10	39	12	2,755	2,045	11,2	16,93
Avril	1	22	3	25,8	-9	8	33	2,665	2,021	11,2	18,95
	11	22	24	51,2	-7	33	19	2,570	1,998	11,1	20,90
	21	22	46	10,2	-5	54	54	2,472	1,976	11,1	22,79
Mai	1	23	7	22,7	-4	15	1	2,371	1,954	11,0	24,59
	11	23	28	29,4	-2	35	19	2,268	1,933	10,9	26,30
	21	23	49	31,1	-0	57	32	2,163	1,913	10,9	27,89
	31	0	10	26,3	+0	36	19	2,058	1,895	10,8	29,35
Juin	10	0	31	14,0	+2	4	17	1,952	1,877	10,7	30,66
	20	0	51	51,5	+3	24	19	1,847	1,861	10,6	31,81
	30	1	12	12,5	+4	34	5	1,742	1,847	10,4	32,74
Juillet	10	1	32	10,7	+5	31	31	1,639	1,834	10,3	33,45
	20	1	51	35,0	+6	14	20	1,538	1,823	10,2	33,87
	30	2	10	10,0	+6	40	14	1,440	1,813	10,0	33,97
Août	9	2	27	38,6	+6	47	25	1,344	1,806	9,9	33,69
	19	2	43	36,7	+6	33	60	1,253	1,800	9,7	32,95
	29	2	57	35,8	+5	58	48	1,167	1,796	9,5	31,67
Septembre	8	3	9	6,2	+5	1	41	1,087	1,795	9,3	29,78
	18	3	17	32,8	+3	43	28	1,016	1,795	9,1	27,20
	28	3	22	25,2	+2	7	40	0,955	1,797	8,8	23,92
Octobre	8	3	23	25,9	+0	20	45	0,906	1,801	8,6	20,04
	18	3	20	35,4	-1	27	20	0,874	1,808	8,4	15,91
	28	3	14	32,8	-3	2	54	0,859	1,816	8,2	12,41
Novembre	7	3	6	33,6	-4	12	20	0,865	1,826	8,2	11,15
	17	2	58	15,8	-4	45	25	0,891	1,837	8,4	12,92
	27	2	51	21,5	-4	38	13	0,938	1,851	8,6	16,34
Décembre	7	2	47	2,4	-3	54	4	1,002	1,866	8,9	19,98
	17	2	45	55,4	-2	39	53	1,082	1,882	9,2	23,18
	27	2	48	8,8	-1	3	56	1,176	1,900	9,4	25,72

Conjonction supérieure le 3 janvier à 17 h 27 min 45 s UTC.

Opposition le 6 novembre à 3 h 14 min 40 s UTC.

Passage au périhélie le 11 septembre à 14 h 09 min 17 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 1^{er} février à 18 h 48 min 06 s UTC.

(29) AMPHITRITE

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Magnitude	Phase
		h	min	s	°	'	"	au	au		°
Janvier	1	19	52	31,4	-24	40	46	3,564	2,632	11,4	5,87
	11	20	11	14,3	-23	39	33	3,587	2,625	11,3	3,84
	21	20	29	50,5	-22	31	11	3,596	2,618	11,2	1,95
	31	20	48	15,4	-21	16	9	3,592	2,610	11,1	1,42
Février	10	21	6	25,0	-19	55	3	3,576	2,603	11,2	3,07
	20	21	24	17,0	-18	28	33	3,547	2,595	11,3	5,09
Mars	2	21	41	48,7	-16	57	26	3,505	2,588	11,4	7,15
	12	21	58	57,9	-15	22	32	3,451	2,580	11,4	9,18
	22	22	15	43,5	-13	44	39	3,386	2,572	11,4	11,17
Avril	1	22	32	3,4	-12	4	43	3,310	2,564	11,5	13,10
	11	22	47	56,0	-10	23	38	3,224	2,556	11,5	14,95
	21	23	3	20,1	-8	42	13	3,129	2,548	11,4	16,70
Mai	1	23	18	12,5	-7	1	29	3,026	2,540	11,4	18,32
	11	23	32	30,6	-5	22	18	2,915	2,532	11,4	19,81
	21	23	46	10,8	-3	45	33	2,797	2,525	11,3	21,13
	31	23	59	7,3	-2	12	15	2,674	2,517	11,3	22,25
Juin	10	0	11	13,8	-0	43	18	2,547	2,509	11,2	23,15
	20	0	22	22,0	+0	40	18	2,417	2,501	11,1	23,77
	30	0	32	20,4	+1	57	25	2,286	2,493	11,0	24,06
Juillet	10	0	40	56,5	+3	7	2	2,155	2,486	10,8	23,98
	20	0	47	54,4	+4	7	54	2,026	2,478	10,7	23,44
	30	0	52	55,6	+4	58	38	1,901	2,471	10,5	22,37
Août	9	0	55	42,4	+5	38	0	1,784	2,463	10,3	20,69
	19	0	55	56,9	+6	4	33	1,678	2,456	10,1	18,34
	29	0	53	28,5	+6	17	13	1,585	2,449	9,8	15,26
Septembre	8	0	48	20,1	+6	15	45	1,511	2,442	9,6	11,46
	18	0	40	52,0	+6	0	56	1,458	2,436	9,3	7,05
	28	0	31	50,5	+5	35	46	1,430	2,430	9,0	2,30
Octobre	8	0	22	20,9	+5	5	11	1,429	2,423	9,1	3,04
	18	0	13	34,4	+4	35	6	1,454	2,418	9,3	7,83
	28	0	6	36,8	+4	11	49	1,505	2,412	9,6	12,23
Novembre	7	0	2	10,4	+3	59	51	1,577	2,407	9,8	16,00
	17	0	0	35,2	+4	1	54	1,667	2,402	10,0	19,04
	27	0	1	53,2	+4	19	4	1,770	2,397	10,2	21,33
Décembre	7	0	5	51,5	+4	50	48	1,883	2,392	10,4	22,92
	17	0	12	13,5	+5	35	60	2,003	2,388	10,6	23,90
	27	0	20	40,6	+6	33	10	2,126	2,384	10,7	24,33

Conjonction supérieure le 27 janvier à 20 h 01 min 15 s UTC.

Opposition le 2 octobre à 7 h 01 min 41 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 2 janvier à 13 h 06 min 01 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 22 février à 19 h 17 min 16 s UTC.

(37) FIDES

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Magnitude	Phase °
		h	min	s	°	'	"				
Janvier	1	21	49	36,9	-14	20	9	3,158	2,555	12,8	15,73
	11	22	5	23,5	-12	48	23	3,228	2,536	12,8	14,03
	21	22	21	33,8	-11	10	31	3,287	2,517	12,7	12,23
	31	22	38	3,5	-9	27	5	3,336	2,499	12,7	10,32
Février	10	22	54	48,2	-7	38	47	3,372	2,480	12,6	8,35
	20	23	11	46,0	-5	46	17	3,397	2,462	12,5	6,32
Mars	2	23	28	55,0	-3	50	20	3,411	2,443	12,4	4,26
	12	23	46	13,8	-1	51	50	3,413	2,425	12,2	2,16
	22	0	3	42,5	+0	8	29	3,404	2,408	12,0	0,11
Avril	1	0	21	20,8	+2	9	42	3,384	2,390	12,2	2,06
	11	0	39	8,7	+4	10	53	3,354	2,373	12,3	4,16
	21	0	57	7,2	+6	11	14	3,314	2,356	12,3	6,25
Mai	1	1	15	16,3	+8	9	46	3,265	2,340	12,4	8,31
	11	1	33	36,3	+10	5	35	3,207	2,325	12,4	10,33
	21	1	52	7,7	+11	57	51	3,141	2,310	12,4	12,31
	31	2	10	49,5	+13	45	39	3,067	2,295	12,4	14,23
Juin	10	2	29	41,0	+15	28	8	2,986	2,281	12,4	16,09
	20	2	48	40,6	+17	4	35	2,899	2,268	12,4	17,88
	30	3	7	44,9	+18	34	13	2,806	2,256	12,4	19,57
Juillet	10	3	26	50,1	+19	56	27	2,707	2,244	12,3	21,16
	20	3	45	51,1	+21	10	50	2,604	2,234	12,3	22,63
	30	4	4	40,0	+22	17	2	2,496	2,224	12,2	23,96
Août	9	4	23	8,5	+23	15	1	2,385	2,215	12,2	25,12
	19	4	41	5,6	+24	4	57	2,271	2,207	12,1	26,08
	29	4	58	17,2	+24	47	17	2,155	2,200	12,0	26,80
Septembre	8	5	14	28,6	+25	22	49	2,037	2,194	11,9	27,24
	18	5	29	20,8	+25	52	39	1,920	2,189	11,7	27,33
	28	5	42	31,4	+26	18	10	1,804	2,185	11,6	27,00
Octobre	8	5	53	37,2	+26	40	58	1,690	2,182	11,4	26,19
	18	6	2	9,5	+27	2	39	1,582	2,180	11,2	24,78
	28	6	7	39,7	+27	24	32	1,481	2,180	11,0	22,70
Novembre	7	6	9	43,3	+27	47	11	1,391	2,180	10,8	19,85
	17	6	8	1,7	+28	9	51	1,315	2,181	10,6	16,20
	27	6	2	40,2	+28	30	15	1,258	2,184	10,3	11,80
Décembre	7	5	54	15,6	+28	44	51	1,222	2,188	10,0	6,87
	17	5	43	59,4	+28	50	19	1,211	2,192	9,8	2,61
	27	5	33	34,5	+28	45	22	1,226	2,198	10,0	5,23

Conjonction supérieure le 22 mars à 5 h 43 min 13 s UTC.

Opposition le 18 décembre à 15 h 22 min 03 s UTC.

Passage au périhélie le 29 octobre à 4 h 45 min 44 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 21 février à 16 h 32 min 32 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 21 avril à 10 h 28 min 08 s UTC.

Éléments elliptiques pour le 1^{er} juillet 2023 à 0 h TT (jour julien : 2460126,5)

N° Astéroïde	τ	ω	Ω	i	e	a	H	G
	JJ	°	°	°		au		
1 CERES	2459920,03840	73,45745	80,25686	10,58655	0,0788906	2,7673359	3,5	0,15
2 PALLAS	2460010,58259	310,87228	172,91889	34,92633	0,2301784	2,7699792	4,2	0,15
3 JUNO	2460036,67669	247,73320	169,84018	12,99048	0,2562325	2,6692899	5,3	0,15
4 VESTA	2459576,56277	151,65081	103,72083	7,14084	0,0892009	2,3624224	3,3	0,15
5 ASTRAEA	2460437,84954	359,05628	141,48376	5,35864	0,1875794	2,5775897	7,0	0,15
6 HEBE	2459648,51319	239,56822	138,63793	14,73669	0,2026955	2,4254897	5,7	0,15
7 IRIS	2460769,52727	145,43076	259,49967	5,51832	0,2297061	2,3868812	5,6	0,15
8 FLORA	2460342,06349	285,61322	110,86385	5,88923	0,1564374	2,2010313	6,5	0,15
9 METIS	2460255,09637	5,77729	68,87142	5,57740	0,1232947	2,3869307	6,4	0,15
10 HYGIEA	2459776,12010	312,48150	283,17319	3,83180	0,1110837	3,1400031	5,5	0,15
11 PARTHENOPE	2460320,83189	195,78416	125,51794	4,63139	0,0993697	2,4528500	6,6	0,15
12 VICTORIA	2460722,20462	69,60480	235,36115	8,37400	0,2204270	2,3335698	7,3	0,15
13 EGERIA	2460831,33349	79,86732	43,20803	16,53670	0,0856302	2,5755271	6,8	0,15
14 IRENE	2459422,94646	97,83190	86,09099	9,11928	0,1651289	2,5872248	6,5	0,15
15 EUNOMIA	2460505,63957	98,74123	292,90665	11,75435	0,1870638	2,6428203	5,4	0,15
16 PSYCHE	2460793,02029	229,37089	150,02802	3,09681	0,1341516	2,9239303	6,1	0,15
17 THETIS	2460240,35746	135,71357	125,53632	5,59191	0,1325282	2,4712760	7,8	0,15
18 MELPOMENE	2460199,12770	228,16353	150,35847	10,13226	0,2182708	2,2954789	6,5	0,15
19 FORTUNA	2460627,06681	182,56854	211,03635	1,57352	0,1572900	2,4424904	7,4	0,15
20 MASSALIA	2459522,63454	257,48771	205,97197	0,70916	0,1433822	2,4083687	6,6	0,15
21 LUTETIA	2460050,43074	250,27917	80,84708	3,06384	0,1638124	2,4351781	7,5	0,15
22 KALLIOPE	2459432,78360	357,81602	65,97657	13,70066	0,0986654	2,9112906	6,5	0,15
23 THALIA	2460263,98352	61,51976	66,49258	10,10928	0,2309086	2,6280754	7,2	0,15
24 THEMIS	2460673,75288	107,78153	36,50735	0,74075	0,1168584	3,1511100	7,3	0,15
25 PHOCAA	2460663,90215	90,24580	214,09399	21,60911	0,2545209	2,4000218	7,8	0,15
26 PROSERPINA	2459718,37047	193,85553	45,76123	3,56280	0,0890286	2,6548627	7,5	0,15
27 EUTERPE	2460003,68581	356,38269	94,76874	1,58328	0,1712874	2,3470549	7,1	0,15
28 BELLONA	2460693,59285	343,62146	144,28375	9,42651	0,1506970	2,7770072	7,3	0,15
29 AMPHITRITE	2460403,32347	62,85595	356,32987	6,08232	0,0737369	2,5542932	6,0	0,15
30 URANIA	2459819,96994	86,93255	307,42589	2,09383	0,1271205	2,3651988	7,6	0,15
31 EUPHROSYNE	2460156,28406	61,75722	30,79855	26,32103	0,2159627	3,1593341	6,9	0,15
32 POMONA	2459981,23097	338,43222	220,36272	5,52196	0,0816724	2,5878037	7,7	0,15
34 CIRCE	2459639,86044	329,99394	184,33134	5,49740	0,1066197	2,6866085	8,6	0,15
37 FIDES	2460246,80795	62,21438	7,26297	3,06935	0,1755998	2,6436689	7,4	0,15
38 LEDA	2460235,71149	169,50502	295,51021	6,95108	0,1509778	2,7415256	8,6	0,15
39 LAETITIA	2460560,17239	209,76127	156,93233	10,37041	0,1119710	2,7690380	6,1	0,15
40 HARMONIA	2460719,57086	269,01765	94,16083	4,25554	0,0462151	2,2675637	7,2	0,15
41 DAPHNE	2459651,41868	46,04642	178,05730	15,78785	0,2742014	2,7622788	7,4	0,15
42 ISIS	2460600,65217	237,23878	84,17229	8,51053	0,2222610	2,4429294	7,6	0,15
43 ARIADNE	2460531,17476	16,18812	264,75876	3,47048	0,1686671	2,2029599	8,0	0,15

Éléments elliptiques pour le 1^{er} juillet 2023 à 0 h TT (jour julien : 2460126,5)

N° Astéroïde	τ	ω	Ω	i	e	a	H	G
	JJ	°	°	°		au		
44 NYSA	2459665,53115	344,14891	131,49643	3,71163	0,1491857	2,4229895	6,9	0,15
45 EUGENIA	2460061,60549	87,51790	147,58867	6,60506	0,0832764	2,7206554	7,6	0,15
46 HESTIA	2459780,27082	177,05351	181,06963	2,35179	0,1726275	2,5244812	8,5	0,15
47 AGLAJA	2460130,87129	315,28429	3,05066	4,97565	0,1299815	2,8802836	8,2	0,15
48 DORIS	2460209,24730	250,99937	183,44401	6,55929	0,0674532	3,1144891	7,2	0,15
49 PALES	2459266,86820	113,25679	285,01942	3,20026	0,2216764	3,0992183	7,9	0,15
51 NEMAUSA	2459571,43113	1,70454	175,95521	9,97937	0,0672979	2,3651167	7,6	0,15
52 EUROPA	2459275,72622	342,92974	128,58273	7,47887	0,1111528	3,0935884	6,5	0,15
54 ALEXANDRA	2460149,58283	345,28401	313,22997	11,79680	0,1967377	2,7107198	7,8	0,15
55 PANDORA	2460270,61778	5,49610	10,36235	7,18160	0,1442362	2,7587615	7,9	0,15
56 MELETE	2460609,69146	104,93266	192,94065	8,08188	0,2373953	2,5971306	8,5	0,15
57 MNEMOSYNE	2459832,22032	210,59547	198,89734	15,23675	0,1086127	3,1528582	7,0	0,15
59 ELPIS	2459510,07307	210,89692	169,93179	8,64898	0,1171121	2,7136923	8,0	0,15
60 ECHO	2460519,78501	270,96945	191,53941	3,60126	0,1850767	2,3919928	8,5	0,15
61 DANAE	2460945,53413	12,80327	333,57119	18,20617	0,1643938	2,9858148	7,7	0,15
63 AUSONIA	2460782,78995	295,87074	337,69392	5,77404	0,1282532	2,3939812	7,5	0,15
64 ANGELINA	2460042,41126	180,91777	308,99243	1,30566	0,1259233	2,6809522	7,7	0,15
65 CYBELE	2459246,63867	103,44956	155,43037	3,56021	0,1210699	3,4291382	6,9	0,15
67 ASIA	2460288,94730	107,08234	202,38802	6,02934	0,1845212	2,4220159	8,4	0,15
68 LETO	2460761,30155	304,73618	44,05569	7,96118	0,1847285	2,7837880	7,0	0,15
69 HESPERIA	2460779,75789	288,74440	184,98530	8,59320	0,1700286	2,9754488	7,2	0,15
70 PANOPAEA	2459845,20578	255,79469	47,65417	11,59727	0,1812929	2,6171183	8,2	0,15
71 NIOBE	2460717,08483	267,09549	315,91793	23,24348	0,1764742	2,7536037	7,2	0,15
72 FERONIA	2459824,02669	103,08280	207,93392	5,41835	0,1212142	2,2665805	9,1	0,15
77 FRIGGA	2460530,42325	61,66072	1,13131	2,42288	0,1334596	2,6673602	8,7	0,15
78 DIANA	2460331,71212	153,08034	333,31610	8,67881	0,2034246	2,6223446	8,4	0,15
79 EURYNOME	2460507,55140	201,58342	206,52177	4,61401	0,1908167	2,4441996	8,0	0,15
80 SAPPHO	2459527,02206	139,56787	218,64657	8,67688	0,1999368	2,2961232	8,1	0,15
82 ALKMENE	2459458,33631	110,92535	25,43355	2,82621	0,2205943	2,7626173	8,3	0,15
83 BEATRIX	2460493,32806	170,05976	27,66778	4,96732	0,0825065	2,4311200	8,8	0,15
84 KLIO	2459530,73341	15,05892	327,51571	9,31556	0,2360167	2,3622839	9,4	0,15
85 IO	2460788,67771	122,90246	203,05122	11,96142	0,1936955	2,6535094	7,8	0,15
87 SYLVIA	2460365,88313	264,35546	73,01130	10,88015	0,0939234	3,4772925	6,9	0,15
88 THISBE	2460056,51352	36,70136	276,42912	5,21365	0,1618023	2,7686155	7,3	0,15
89 JULIA	2459518,72488	45,11913	311,54518	16,12454	0,1843815	2,5506014	6,8	0,15
91 AEGINA	2459418,13434	74,36505	10,43320	2,10303	0,1072222	2,5896612	8,9	0,15
92 UNDINA	2459629,93497	237,11910	101,39703	9,92208	0,1053222	3,1853969	6,8	0,15
93 MINERVA	2459731,15268	275,57289	4,02317	8,55385	0,1397092	2,7582247	7,9	0,15
94 AURORA	2460939,03799	60,24067	2,54784	7,97082	0,0953910	3,1556375	7,7	0,15
96 AEGLE	2459978,80425	208,07957	321,48957	15,97899	0,1416747	3,0507672	7,8	0,15

Éléments elliptiques pour le 1^{er} juillet 2023 à 0 h TT (jour julien : 2460126,5)

N° Astéroïde	τ	ω	Ω	i	e	a	H	G
	JJ	°	°	°		au		
97 KLOTHO	2460408,05762	268,50992	159,62044	11,77924	0,2579958	2,6677420	7,8	0,15
100 HEKATE	2459221,80235	183,77310	127,17216	6,43263	0,1686006	3,0876041	7,7	0,15
101 HELENA	2459638,16331	347,89470	343,36899	10,19506	0,1411046	2,5822240	8,2	0,15
103 HERA	2460249,27963	189,40191	136,06739	5,41872	0,0791278	2,7015276	7,6	0,15
105 ARTEMIS	2460654,29062	57,10988	188,22154	21,45592	0,1788821	2,3721698	8,8	0,15
106 DIONE	2459386,86079	331,55350	61,98938	4,57578	0,1593453	3,1816455	7,6	0,15
107 CAMILLA	2461192,19769	305,27421	172,58537	10,00463	0,0652813	3,4861602	7,2	0,15
110 LYDIA	2460947,47451	282,21524	56,77232	5,95982	0,0797960	2,7328266	7,8	0,15
111 ATE	2459852,59578	168,25307	305,68250	4,93110	0,1028993	2,5938142	8,2	0,15
113 AMALTHEA	2460774,27617	79,41844	123,39006	5,04003	0,0855559	2,3780046	8,5	0,15
114 KASSANDRA	2459926,84444	352,64559	164,06571	4,94451	0,1383402	2,6767686	8,3	0,15
115 THYRA	2459877,46058	96,81774	308,77509	11,58761	0,1926559	2,3794351	7,7	0,15
116 SIRONA	2460923,03171	94,22114	63,69261	3,56399	0,1408483	2,7669231	7,9	0,15
117 LOMIA	2459710,43287	51,79675	348,63479	14,92705	0,0234645	2,9896808	8,1	0,15
118 PEITHO	2460180,42408	32,91189	47,63728	7,74811	0,1637178	2,4374475	8,9	0,15
119 ALTHAEA	2460152,75219	171,26031	203,63044	5,78796	0,0819099	2,5821108	8,3	0,15
120 LACHESIS	2459314,65046	236,07697	341,15870	6,95555	0,0505521	3,1224792	7,8	0,15
122 GERDA	2460859,06470	319,54615	178,08984	1,64304	0,0281712	3,2311372	7,7	0,15
124 ALKESTE	2460789,34432	62,00703	187,91283	2,96381	0,0781415	2,6286734	8,1	0,15
126 VELLEDA	2460605,74077	328,17428	23,24073	2,92348	0,1052604	2,4396735	9,2	0,15
128 NEMESIS	2459928,42231	302,86562	76,15894	6,24685	0,1278065	2,7492179	7,7	0,15
129 ANTIGONE	2460667,70689	110,71089	135,66472	12,27088	0,2129425	2,8671960	7,1	0,15
130 ELEKTRA	2460924,52455	237,72257	144,99265	22,77760	0,2096209	3,1262741	7,2	0,15
133 CYRENE	2459801,38398	290,32344	318,99324	7,21381	0,1343439	3,0625057	7,9	0,15
134 SOPHROSYNE	2459644,71225	85,50091	345,85979	11,61127	0,1148508	2,5640813	8,8	0,15
135 HERTHA	2460067,90230	340,41798	343,55906	2,30359	0,2070397	2,4281652	8,2	0,15
138 TOLOSA	2460444,99646	260,62673	54,72198	3,20222	0,1619240	2,4496409	8,8	0,15
139 JUEWA	2460715,23968	166,53654	1,77625	10,88703	0,1706601	2,7896444	8,0	0,15
140 SIWA	2459984,57222	197,07320	107,16441	3,18533	0,2141917	2,7338863	8,4	0,15
141 LUMEN	2459486,05349	57,76838	318,47078	11,89606	0,2134787	2,6665962	8,5	0,15
144 VIBILIA	2460148,24511	294,67231	76,16911	4,81500	0,2358195	2,6545559	8,1	0,15
145 ADEONA	2459762,70777	45,24145	77,32545	12,62006	0,1467698	2,6724508	8,2	0,15
146 LUCINA	2459966,45843	145,40850	83,92959	13,09920	0,0661304	2,7181540	8,4	0,15
148 GALLIA	2460265,05288	252,57659	144,99974	25,29061	0,1882931	2,7708200	7,7	0,15
154 BERTHA	2461086,54316	164,83020	36,52661	21,03762	0,0751903	3,2054933	7,7	0,15
161 ATHOR	2460323,08186	294,87493	18,55002	9,05759	0,1368358	2,3797955	9,1	0,15
164 EVA	2459768,44613	284,00869	76,78906	24,47681	0,3471215	2,6309266	8,8	0,15
165 LORELEY	2460917,02477	344,94745	302,45229	11,23508	0,0838674	3,1250252	7,9	0,15
172 BAUCIS	2459629,26410	359,27813	331,90353	10,01775	0,1147345	2,3790235	8,8	0,15
173 INO	2460101,62751	228,73943	148,16197	14,19547	0,2101559	2,7430936	7,9	0,15

Éléments elliptiques pour le 1^{er} juillet 2023 à 0 h TT (jour julien : 2460126,5)

N° Astéroïde	τ	ω	Ω	i	e	a	H	G
	JJ	°	°	°		au		
174 PHAEDRA	2459518,58147	290,45935	327,53585	12,09522	0,1423946	2,8653022	8,3	0,15
179 KLYTAEMNESTRA	2460938,56537	104,27862	251,83348	7,81593	0,1098561	2,9743717	8,2	0,15
182 ELSA	2460267,71071	310,61835	107,17548	2,00536	0,1871741	2,4160765	9,2	0,15
185 EUNIKE	2459403,63182	223,80574	153,76070	23,25209	0,1272644	2,7391465	7,7	0,15
186 CELUTA	2460563,79913	315,51129	14,71759	13,18637	0,1495436	2,3624339	9,1	0,15
187 LAMBERTA	2459896,42138	196,69507	21,67247	10,58236	0,2404798	2,7280059	8,3	0,15
192 NAUSIKAA	2459967,52895	30,56811	343,09057	6,79780	0,2459186	2,4024879	7,4	0,15
194 PROKNE	2460509,21280	163,15508	159,25985	18,50901	0,2373936	2,6168799	7,8	0,15
196 PHILOMELA	2460117,59998	203,56576	72,29815	7,26274	0,0148428	3,1131556	6,6	0,15
198 AMPELLA	2459906,48734	89,10136	268,20839	9,32310	0,2278515	2,4582818	8,5	0,15
200 DYNAMENE	2460870,07976	86,95489	324,25205	6,89836	0,1328408	2,7378217	8,4	0,15
201 PENELOPE	2460451,01765	181,02732	156,91041	5,75602	0,1791589	2,6790541	8,4	0,15
202 CHRYSSEIS	2459495,64992	359,69429	136,70966	8,85029	0,1043089	3,0697759	7,5	0,15
216 KLEOPATRA	2459968,80435	179,69039	215,31434	13,12115	0,2510373	2,7932679	7,1	0,15
218 BIANCA	2460027,71535	62,42106	170,56328	15,19821	0,1165792	2,6673470	8,6	0,15
219 THUSNELDA	2460685,79870	142,71812	200,77476	10,86499	0,2230091	2,3546716	9,3	0,15
221 EOS	2461058,89599	192,53930	141,73591	10,89107	0,1017745	3,0117871	7,8	0,15
224 OCEANA	2460729,01170	282,53687	352,74998	5,84580	0,0450304	2,6445466	8,7	0,15
230 ATHAMANTIS	2459852,32950	138,91847	239,77406	9,45548	0,0616505	2,3815993	7,4	0,15
233 ASTEROPE	2460166,14190	126,55583	221,94645	7,69229	0,0998419	2,6597226	8,4	0,15
234 BARBARA	2460228,88427	192,39407	144,49098	15,37537	0,2450803	2,3853536	9,1	0,15
236 HONORIA	2459617,69004	174,25984	185,80447	7,70031	0,1905025	2,7976290	8,3	0,15
238 HYPATIA	2460363,92010	210,51875	183,86704	12,41538	0,0909008	2,9055014	8,1	0,15
241 GERMANIA	2459986,15430	80,37225	270,22875	5,50439	0,1052623	3,0520206	7,8	0,15
245 VERA	2460929,23943	331,76996	61,03653	5,17916	0,1975341	3,0971817	7,8	0,15
246 ASPORINA	2460055,30975	96,21289	162,27303	15,62125	0,1085640	2,6941222	8,5	0,15
247 EUKRATE	2460568,03772	55,36289	0,04860	24,95737	0,2462270	2,7393801	8,3	0,15
250 BETTINA	2459310,90096	75,75879	23,80837	12,81977	0,1362016	3,1441448	7,5	0,15
258 TYCHE	2460015,60187	155,56423	207,53813	14,32945	0,2054525	2,6154267	8,3	0,15
261 PRYMNO	2460075,67597	66,80901	96,58199	3,63365	0,0899717	2,3316153	9,5	0,15
264 LIBUSSA	2459803,22113	339,83137	49,49129	10,42749	0,1357763	2,7970690	8,4	0,15
270 ANAHITA	2460447,47729	80,63817	254,29940	2,36727	0,1499934	2,1987183	8,8	0,15
287 NEPHTHYS	2459776,75183	121,12625	142,31271	10,03351	0,0226486	2,3534398	8,3	0,15
306 UNITAS	2459919,39094	168,19810	141,84469	7,27632	0,1511543	2,3588380	8,8	0,15
308 POLYXO	2460590,23021	112,33988	181,59167	4,36277	0,0389889	2,7500815	8,1	0,15
313 CHALDAEA	2460635,85384	315,77574	176,57573	11,65162	0,1817514	2,3748801	9,1	0,15
324 BAMBERGA	2459802,72434	44,14192	327,85275	11,10220	0,3412380	2,6804637	7,0	0,15
326 TAMARA	2460083,83433	238,52556	32,16857	23,72448	0,1895698	2,3175452	9,4	0,15
335 ROBERTA	2460462,65672	139,79691	148,42339	5,10236	0,1722094	2,4759475	9,1	0,15
337 DEVOSA	2459658,23913	99,46294	355,34126	7,85932	0,1364859	2,3836690	8,8	0,15

Éléments elliptiques pour le 1^{er} juillet 2023 à 0h TT (jour julien : 2460126,5)

N° Astéroïde	τ	ω	Ω	i	e	a	H	G
	JJ	°	°	°		au		
344 DESIDERATA	2459379,34896	237,47847	47,99550	18,35317	0,3140007	2,5951477	8,3	0,15
345 TERCIDINA	2460449,15639	230,79427	212,58593	9,74545	0,0620011	2,3251553	8,9	0,15
346 HERMENTARIA	2460117,22447	291,40545	91,87800	8,75144	0,1034817	2,7976854	7,3	0,15
349 DEMBOWSKA	2459686,33036	344,32558	32,19353	8,25089	0,0893731	2,9230440	5,9	0,15
354 ELEONORA	2460445,59793	7,76878	140,22613	18,36055	0,1115199	2,7999509	6,3	0,15
356 LIGURIA	2460812,60930	79,36011	354,49540	8,20475	0,2414923	2,7546847	8,4	0,15
369 AERIA	2460256,78456	269,98579	94,14140	12,71772	0,0973107	2,6483056	8,7	0,15
372 PALMA	2460123,74518	115,22108	327,22953	23,78660	0,2527004	3,1602133	7,5	0,15
375 URSULA	2460974,04818	341,56932	336,41020	15,94317	0,1029985	3,1268847	7,5	0,15
376 GEOMETRIA	2460468,81329	316,62935	301,96347	5,43061	0,1727248	2,2880367	9,5	0,15
385 ILMATAR	2460307,62485	189,15838	344,85549	13,58260	0,1262624	2,8467062	7,6	0,15
386 SIEGENA	2460878,06325	220,88973	166,63313	20,21713	0,1692181	2,8987821	7,7	0,15
387 AQUITANIA	2459793,58211	157,62239	128,17729	18,10750	0,2354669	2,7422819	7,6	0,15
389 INDUSTRIA	2460733,46585	266,84496	282,06460	8,11601	0,0657761	2,6102126	7,8	0,15
393 LAMPETIA	2460171,74366	90,87274	212,39325	14,87733	0,3299538	2,7795655	8,4	0,15
405 THIA	2460098,25223	308,63675	255,19489	11,93706	0,2434437	2,5853732	8,6	0,15
409 ASPASIA	2459531,46956	354,66597	242,07117	11,27264	0,0718522	2,5779443	7,6	0,15
410 CHLORIS	2460309,92365	172,77490	96,92041	10,96247	0,2410283	2,7251822	8,3	0,15
416 VATICANA	2459741,25391	198,50625	58,04614	12,86122	0,2175819	2,7930504	7,7	0,15
419 AURELIA	2459394,30622	44,41059	229,03375	3,93157	0,2520870	2,5947434	8,6	0,15
423 DIOTIMA	2460229,06106	199,56296	69,35002	11,24210	0,0346635	3,0683783	7,3	0,15
432 PYTHIA	2460247,18451	173,78585	88,72904	12,11745	0,1458691	2,3694299	8,9	0,15
433 EROS	2460445,68557	178,91861	304,28615	10,82804	0,2228010	1,4580916	10,4	0,15
444 GYPTIS	2460911,94869	154,71128	195,60458	10,27394	0,1739832	2,7716533	8,0	0,15
451 PATIENTIA	2459993,94628	336,59223	89,00183	15,20708	0,0700938	3,0618855	6,8	0,15
471 PAPAGENA	2460966,78047	315,71844	83,77573	15,01583	0,2289906	2,8903435	6,7	0,15
472 ROMA	2460509,85059	296,46626	127,05206	15,81058	0,0954728	2,5428595	8,9	0,15
476 HEDWIG	2459541,85781	1,04031	286,18997	10,92236	0,0745117	2,6497934	8,7	0,15
478 TERGESTE	2460191,79074	243,42543	233,44599	13,17705	0,0803478	3,0163410	8,0	0,15
480 HANSA	2460358,34477	211,97421	237,11311	21,31747	0,0455968	2,6458085	8,3	0,15
485 GENUA	2460381,51398	271,81243	193,39394	13,87084	0,1901618	2,7525877	8,3	0,15
487 VENETIA	2459361,13917	281,44624	114,76255	10,25112	0,0861978	2,6707378	8,4	0,15
511 DAVIDA	2460801,23527	337,10658	107,58167	15,94350	0,1889102	3,1613040	6,4	0,15
516 AMHERSTIA	2460689,58170	258,08311	328,72617	12,95358	0,2751197	2,6772446	8,3	0,15
521 BRIXIA	2459494,51073	316,13289	89,59203	10,58196	0,2785029	2,7442524	8,5	0,15
532 HERCULINA	2460362,15318	76,73743	107,42062	16,29862	0,1795760	2,7693331	5,9	0,15
554 PERAGA	2459474,92682	127,77970	295,36532	2,93457	0,1521752	2,3752820	9,1	0,15
563 SULEIKA	2460389,21742	336,74866	85,16848	10,24476	0,2367468	2,7114757	8,4	0,15
579 SIDONIA	2460567,69288	229,00122	82,62488	11,01577	0,0769327	3,0139749	8,0	0,15
584 SEMIRAMIS	2459655,12125	85,31880	282,01094	10,71943	0,2336039	2,3736123	8,6	0,15

Éléments elliptiques pour le 1^{er} juillet 2023 à 0 h TT (jour julien : 2460126,5)

N° Astéroïde	τ	ω	Ω	i	e	a	H	G
	JJ	°	°	°		au		
654 ZELINDA	2459962,81482	214,58615	278,32975	18,09355	0,2310018	2,2975676	8,7	0,15
674 RACHELE	2460497,91121	41,31163	58,08209	13,50984	0,1943356	2,9249284	7,5	0,15
675 LUDMILLA	2460504,60469	152,65637	263,00389	9,80805	0,2048383	2,7671761	8,1	0,15
702 ALAUDA	2460390,93337	353,80341	289,71753	20,59643	0,0162083	3,1949065	7,3	0,15
704 INTERAMNIA	2460003,95040	94,46997	280,18760	17,30439	0,1560630	3,0590603	6,4	0,15
712 BOLIVIANA	2459700,36658	181,51897	230,69108	12,75565	0,1851206	2,5764147	8,7	0,15
747 WINCHESTER	2459198,54926	277,50422	129,07747	18,21423	0,3396906	3,0010622	7,8	0,15
751 FAINA	2460766,15249	302,65869	78,81305	15,59631	0,1511168	2,5517559	8,8	0,15
776 BERBERICIA	2460061,91042	306,43786	79,64811	18,24059	0,1662151	2,9320321	7,7	0,15
779 NINA	2460847,03989	49,09454	283,71943	14,57304	0,2269000	2,6648022	8,0	0,15
804 HISPANIA	2459745,10976	344,18284	347,55976	15,38880	0,1418223	2,8374264	7,9	0,15
914 PALISANA	2460136,99455	49,12880	255,76854	25,20642	0,2142338	2,4577311	9,2	0,15
925 ALPHONSINA	2459712,22931	201,60659	299,51675	21,09759	0,0810282	2,7002823	8,4	0,15
980 ANACOSTIA	2459450,00567	69,72038	285,78735	15,89632	0,2022797	2,7405199	7,9	0,15
1566 ICARUS	2460008,96331	31,44018	87,95171	22,79992	0,8268759	1,0780997	16,4	0,15
1865 CERBERUS	2460226,57328	325,29308	212,88906	16,10215	0,4669239	1,0799553	16,7	0,15
2062 ATEN	2460274,37741	148,05724	108,53454	18,93412	0,1828788	0,9669451	17,1	0,15
2063 BACCHUS	2460325,08809	55,35133	33,06019	9,43167	0,3494241	1,0781605	17,3	0,15
2100 RA-SHALOM	2460254,28158	356,07734	170,78345	15,75590	0,4365577	0,8320356	16,2	0,15
3362 KHUFU	2460241,09190	55,06590	152,41734	9,91661	0,4686046	0,9895104	18,3	0,15
3554 AMUN	2460028,42621	359,41433	358,60539	23,35756	0,2806514	0,9739876	15,8	0,15
3753 CRUITHNE	2460288,25357	43,87975	126,20469	19,80224	0,5149050	0,9977450	15,6	0,15
4544 XANTHUS	2460217,99490	333,85594	23,95818	14,14475	0,2501537	1,0419514	17,2	0,15
4769 CASTALIA	2460240,06853	121,41062	325,52941	8,88561	0,4831231	1,0632105	17,5	0,15
5381 SEKHMET	2460077,31766	37,42031	58,53109	48,96657	0,2963425	0,9474716	16,6	0,15
5590 1990 VA	2460217,37242	34,48659	216,28172	14,18682	0,2795898	0,9856209	19,7	0,15
5604 1992 FE	2460028,58414	82,66363	311,89893	4,71497	0,4060958	0,9286094	17,3	0,15
5786 TALOS	2460283,78922	8,38107	161,29498	23,22887	0,8268515	1,0814682	17,1	0,15

2. COMÈTES

Les comètes sont des objets du Système solaire constitués d'un mélange de glace et de poussières, placés sur des orbites généralement très excentriques qui les amènent à se rapprocher du Soleil. Ce noyau cométaire, d'un diamètre pouvant atteindre quelques kilomètres, est alors soumis à différentes forces qui entraînent l'éjection de gaz, résultat de la sublimation des glaces, de poussières sous la forme d'une atmosphère appelée « chevelure » ou « coma » et d'une queue de plasma (type I) ou d'une queue de poussières (type II). La queue de plasma est ionisée, rectiligne et orientée dans la direction opposée à celle du Soleil en raison du vent solaire ; elle peut atteindre 100 millions de kilomètres. La queue de poussière est électriquement neutre, suit les lois de la gravitation et est à l'origine des essaims de météoroïdes ; elle peut atteindre 10 millions de kilomètres. Enfin, un nuage d'hydrogène, dont le rayon peut atteindre plusieurs millions de kilomètres (typiquement 100 millions de km), entoure la comète d'une enveloppe très ténue d'atomes d'hydrogène. La comète devient alors visible. Actuellement, 4 415* comètes ont été répertoriées.

La majorité des comètes connues sont sur des orbites périodiques, à longue ou à courte période. Conventionnellement, une période de plus de 200 ans caractérise les comètes à longue période. Ces objets seraient issus d'un réservoir aux confins du Système solaire, le nuage de Oort, qui en contiendrait un nombre très important et d'où certaines seraient éjectées par influence gravitationnelle d'un objet stellaire voisin, par la marée galactique ou par une perturbation planétaire. Les comètes à courte période proviendraient quant à elles du disque de Kuiper, d'où elles transiteraient tout d'abord sous la forme d'un astéroïde du groupe des Centaures. Par ailleurs, des Centaures ainsi que des astéroïdes de la ceinture principale montrent ou ont montré de l'activité cométaire, ce qui tend à mettre en question la distinction entre comète et astéroïde.

Certaines comètes ont été observées sur des orbites non périodiques, paraboliques ou hyperboliques, qui pourraient en partie résulter d'une évolution de leur excentricité sous l'effet de perturbations gravitationnelles.

Plusieurs missions spatiales ont été consacrées à l'exploration de comètes, telles que la comète de Halley, dont l'étude a été rendue possible grâce à l'approche du noyau par six sondes spatiales en 1986. La mission Deep Impact a également lancé un impacteur sur le noyau de la comète Tempel 1. La sonde d'observation du Soleil SOHO, ainsi que la mission STEREO, a par ailleurs permis la découverte de nombreuses comètes rasantes. L'observation depuis l'espace a ainsi déjà donné lieu à de considérables progrès dans la connaissance de ces objets. Mais d'autres progrès sont en cours avec la mission d'exploration Rosetta qui, lancée en 2004, a atteint la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenco en 2014. Munie d'un atterrisseur et orbitant autour d'un noyau qui

* Données Minor Planet Center, septembre 2022.

s'est révélé composé de deux objets en contact, elle permettra une nouvelle grande avancée dans cette connaissance.

La plupart des essaims de météoroïdes (tubes de poussières dont l'orbite croise celle de la Terre) sont associés à des comètes. Ces essaims sont constitués des poussières éjectées par les comètes lors de leur phase active et lors de passages successifs. Elles provoquent les pluies d'étoiles filantes lors de leur rencontre avec l'atmosphère terrestre.

Des collisions de comètes avec Jupiter ont été observées à plusieurs reprises. La plus spectaculaire a été celle de la comète Shoemaker-Levy 9 en 1994, qui avait tout d'abord été brisée en plus de 20 fragments lors d'un rapprochement avec la planète.

Adresses web

- Éphémérides de l'IMCCE : <https://www.imcce.fr/services/ephemerides/>
- Minor Planet Center : <https://www.minorplanetcenter.net/>
- Notions de base sur les comètes, par J. Crovisier : https://www.lesia.obspm.fr/planetol/cometes/equipe_cometes/
- Rosetta : <https://sci.esa.int/web/rosetta>



Fig. 1 – La comète Hale-Bopp, photographiée le 4 avril 1997.

© E. Kolmhofer, H. Raab/Johannes-Kepler-Observatory, Linz, Austria

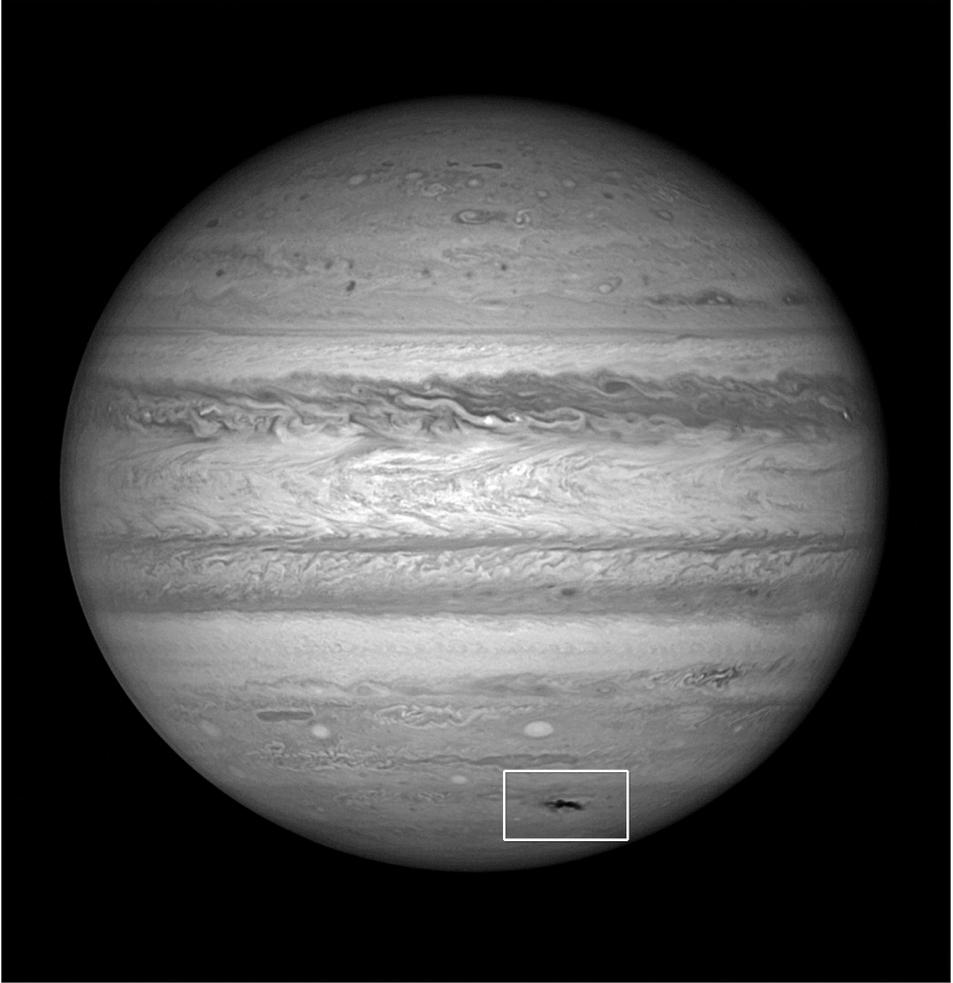


Fig. 2 – Trace résiduelle d’une collision de comète avec Jupiter en juillet 2009.

© NASA, ESA, M.H. Wong (University of California, Berkeley), H.B. Hammel (Space Science Institute, Boulder, Colo.), I. de Pater (University of California, Berkeley) and the Jupiter Impact Team

La suite de ce chapitre contient les éphémérides des comètes qui passent à leur périhélie au cours de l'année. Ces éphémérides sont issues d'intégrations numériques effectuées à l'IMCCE. Elles sont déterminées à l'aide des données d'observations faites aux passages précédents (toutes ces informations sont périodiquement mises à jour sur le serveur de l'IMCCE).

Les tables des éphémérides sont données pour les comètes les plus brillantes (magnitude totale inférieure à 16), on y donne :

1. Les coordonnées équatoriales astrométriques rapportées à l'équinoxe et à l'équateur moyens J2000 ;
2. La distance à la Terre Δ en au ;
3. La distance au Soleil r en au ;
4. L'élongation ;
5. La magnitude totale m_1 ;
6. La magnitude du noyau m_2 ;
7. Les dates de l'opposition et de la conjonction en longitude avec la Terre (si elles existent) ;
8. La date du passage au périhélie.
9. Les instants de début et/ou de fin de la période d'invisibilité du corps (s'il y a lieu), figurée dans le tableau par une zone grisée.

Le tableau de la page suivante donne, pour chaque comète, les formules utilisées pour le calcul des magnitudes m_1 et m_2 .

Ces formules sont déduites de l'étude des courbes de magnitudes établies à partir des passages antérieurs des comètes. Les valeurs des magnitudes fournies dans les éphémérides pourront présenter, pour certaines comètes, des écarts de une à deux magnitudes avec les valeurs observées.

En fin de chapitre se trouve également un tableau qui donne, pour chaque comète, les éléments de son orbite. Ces éléments sont calculés pour la date du 1^{er} juillet à 0 h TT ; ils sont rapportés à l'équinoxe et à l'écliptique moyens J2000. On donne successivement :

- τ l'instant du passage au périhélie (rapporté à la date J2000 = 2 451 545),
- ω l'argument de latitude du périhélie,
- Ω la longitude du nœud ascendant,
- i l'inclinaison de l'orbite sur l'écliptique,
- e l'excentricité,
- q la distance au périhélie.

Formules utilisées pour le calcul des magnitudes

Comète	Magnitude totale m_1	Magnitude totale m_2
39P/Oterma	$11,70 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$13,46 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2004 V3 P/Siding Spring	$9,20 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$12,96 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2005 E1 P/Tubbiolo	$10,86 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$13,68 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
199P/Shoemaker 4	$9,20 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$10,86 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2008 L2 P/Hill	$12,36 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$13,83 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
126P/IRAS	$10,86 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$13,83 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
404P/Bressi	$9,60 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$12,55 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
256P/LINEAR	$12,78 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$15,13 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
121P/Shoemaker-Holt 2	$10,69 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$12,05 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2012 WA34 P/Lemmon-PANSTARRS	$13,82 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
280P/Larsen	$12,51 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$13,95 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
281P/MOSS	$11,25 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,18 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
285P/LINEAR	$15,49 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$16,74 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
287P/Christensen	$11,34 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,58 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
291P/NEAT	$11,95 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,10 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2014 A3 P/PANSTARRS	$12,48 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$15,07 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2013 YG46 P/Spacewatch	$10,66 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$13,14 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
72P/Denning-Fujikawa	$16,93 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$19,22 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
170P/Christensen	$11,98 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,10 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
310P/Hill	$13,76 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$15,73 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2014 W1 P/PANSTARRS	$14,34 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
237P/LINEAR	$9,85 + 5\log(\Delta) + 15\log(r)$	$8,05 + 5\log(\Delta) + 15\log(r)$
180P/NEAT	$12,05 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,18 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
77P/Longmore	$11,08 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$12,70 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2015 T3 P/PANSTARRS	$15,01 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
326P/Hill	$13,67 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$16,06 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
94P/Russell 4	$12,89 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,58 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
279P/La Sagra	$15,52 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$17,12 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
339P/Gibbs	$15,68 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$17,24 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
226P/Pigott-LINEAR-Kowalski	$13,53 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,78 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
347P/PANSTARRS	$14,91 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$16,51 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
225P/LINEAR	$18,60 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$19,24 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
71P/Clark	$12,67 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,17 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
213P/Van Ness	$11,00 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$13,41 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
96P/Machholz 1	$13,57 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$15,11 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
427P/ATLAS	$13,88 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$15,30 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2017 S9 P/PANSTARRS	$16,85 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
365P/PANSTARRS	$17,17 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$17,91 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
364P/PANSTARRS	$16,90 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$17,64 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
62P/Tsuchinshan 1	$12,89 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,92 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$

Formules utilisées pour le calcul des magnitudes

Comète	Magnitude totale m_1	Magnitude totale m_2
103P/Hartley 2	$14,47 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$15,92 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
185P/Petrew	$13,35 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$14,75 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
P/2018 P3 P/PANSTARRS	$14,39 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$17,08 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
263P/Gibbs	$17,47 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$19,01 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
300P/Catalina	$18,03 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$18,96 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
C/2019 E3 ATLAS	$-2,27 + 5\log(\Delta) + 15\log(r)$	
P/2019 A4 P/PANSTARRS		
426P/PANSTARRS		
26P/Grigg-Skjelleru	$16,89 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$	$16,96 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
2P/Encke	$9,8 + 5\log(\Delta) + 2,5(r^*\{1,8\}-1)$	$16,10 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
358P/PANSTARRS	$15,14 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$11,25 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
C/2020 K1 PANSTARRS	$5,09 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$9,14 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
C/2020 S4 PANSTARRS	$7,37 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$10,94 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
C/2020 V2 ZTF	$4,28 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$8,59 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
C/2021 A9 PANSTARRS	$5,80 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
C/2021 C5 PANSTARRS	$8,53 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
C/2019 U5 PANSTARRS	$4,66 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$8,68 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
C/2021 P2 PANSTARRS	$8,95 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
C/2021 Q4 Fuls	$6,18 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$10,92 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
C/2021 T4 Lemmon	$7,31 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
P/2021 V2 P/Fuls	$9,38 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
C/2021 Y1 ATLAS	$7,69 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$11,29 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
C/2022 A2 PANSTARRS	$9,44 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
C/2022 A3 Lemmon-ATLAS	$7,67 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	
C/2022 E3 ZTF	$7,16 + 5\log(\Delta) + 10\log(r)$	$10,56 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$
79P/Du Toit-Hartley	$17,27 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$	$16,83 + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$

199P/SHOEMAKER 4

Mois	Jour	α			δ			Distance	Distance	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	à la Terre	au Soleil			
Janvier	1	16	29	57,2	-9	42	30	4,054	3,291	34,6	17,4	16,5
	11	16	43	57,4	-10	32	28	3,943	3,261	40,7	17,3	16,4
	21	16	57	47,6	-11	16	45	3,821	3,231	47,0	17,2	16,3
	31	17	11	20,1	-11	55	44	3,689	3,202	53,4	17,1	16,2
Février	10	17	24	27,0	-12	30	2	3,549	3,174	60,1	17,0	16,1
	20	17	37	0,1	-13	0	28	3,402	3,147	66,8	16,8	16,0
Mars	2	17	48	49,3	-13	28	6	3,249	3,121	73,8	16,7	15,9
	12	17	59	44,5	-13	54	18	3,093	3,097	81,0	16,6	15,8
	22	18	9	34,7	-14	20	38	2,935	3,074	88,5	16,4	15,6
Avril	1	18	18	6,7	-14	48	58	2,778	3,052	96,2	16,3	15,5
	11	18	25	8,2	-15	21	23	2,625	3,032	104,3	16,1	15,4
	21	18	30	25,4	-16	0	2	2,478	3,013	112,8	16,0	15,2
Mai	1	18	33	44,6	-16	47	5	2,341	2,995	121,7	15,8	15,1
	11	18	34	56,3	-17	44	18	2,216	2,979	131,2	15,7	15,0
	21	18	33	53,6	-18	52	40	2,108	2,965	141,2	15,5	14,8
	31	18	30	39,0	-20	12	5	2,021	2,952	151,6	15,4	14,7
Juin	10	18	25	28,4	-21	40	41	1,957	2,941	162,6	15,3	14,7
	20	18	18	50,1	-23	15	8	1,919	2,932	173,8	15,3	14,6
	30	18	11	29,0	-24	50	59	1,910	2,924	174,7	15,3	14,6
Juillet	10	18	4	18,2	-26	23	45	1,929	2,918	163,5	15,3	14,6
	20	17	58	9,9	-27	49	54	1,974	2,914	152,5	15,3	14,7
	30	17	53	50,3	-29	7	25	2,043	2,911	142,0	15,4	14,7
Août	9	17	51	49,5	-30	15	41	2,133	2,910	132,0	15,5	14,8
	19	17	52	22,5	-31	14	58	2,239	2,911	122,5	15,6	14,9
	29	17	55	33,4	-32	5	56	2,358	2,914	113,7	15,7	15,0
Septembre	8	18	1	14,6	-32	49	8	2,486	2,919	105,3	15,8	15,2
	18	18	9	15,0	-33	24	56	2,621	2,925	97,3	16,0	15,3
	28	18	19	20,5	-33	53	27	2,760	2,933	89,8	16,1	15,4
Octobre	8	18	31	14,6	-34	14	35	2,900	2,943	82,6	16,2	15,5
	18	18	44	42,4	-34	28	6	3,039	2,954	75,7	16,3	15,6
	28	18	59	29,1	-34	33	46	3,175	2,967	69,0	16,4	15,7
Novembre	7	19	15	19,6	-34	31	25	3,307	2,981	62,5	16,5	15,8
	17	19	32	1,2	-34	20	54	3,433	2,998	56,2	16,6	15,9
	27	19	49	21,5	-34	2	19	3,552	3,015	50,1	16,7	16,0
Décembre	7	20	7	8,4	-33	35	53	3,663	3,034	44,1	16,8	16,1
	17	20	25	12,8	-33	1	58	3,765	3,055	38,3	16,9	16,2
	27	20	43	25,1	-32	21	10	3,857	3,077	32,8	17,0	16,2

Opposition le 25 juin à 12 h 17 min 48 s UTC.

Passage au périhélie le 8 août à 8 h 18 min 28 s UTC.

126P/IRAS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre au	Distance au Soleil au	Élongation °	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"					
Janvier	1	18	55	4,0	-56	14	20	3,328	2,563	33,2	17,6	18,5
	11	19	29	53,6	-54	59	36	3,260	2,494	33,1	17,4	18,4
	21	20	3	47,0	-53	21	13	3,188	2,426	33,3	17,2	18,3
	31	20	36	16,8	-51	20	3	3,113	2,359	33,9	17,1	18,2
Février	10	21	7	5,1	-48	57	39	3,035	2,294	34,7	16,9	18,0
	20	21	36	5,0	-46	16	0	2,954	2,229	35,8	16,7	17,9
Mars	2	22	3	15,3	-43	17	27	2,872	2,167	37,2	16,5	17,8
	12	22	28	40,1	-40	4	13	2,789	2,107	38,7	16,3	17,7
	22	22	52	27,8	-36	38	17	2,703	2,049	40,4	16,1	17,5
Avril	1	23	14	46,2	-33	1	32	2,616	1,994	42,3	15,9	17,4
	11	23	35	44,0	-29	15	16	2,528	1,943	44,4	15,8	17,3
	21	23	55	30,5	-25	20	24	2,437	1,895	46,7	15,6	17,2
Mai	1	0	14	12,4	-21	17	34	2,345	1,852	49,2	15,4	17,0
	11	0	31	56,4	-17	6	39	2,251	1,814	52,0	15,2	16,9
	21	0	48	48,6	-12	47	8	2,155	1,781	55,1	15,0	16,7
	31	1	4	52,0	-8	18	11	2,057	1,754	58,4	14,9	16,6
Juin	10	1	20	9,9	-3	38	12	1,958	1,733	62,1	14,7	16,5
	20	1	34	43,5	+1	14	42	1,860	1,719	66,0	14,6	16,4
	30	1	48	30,3	+6	22	35	1,762	1,712	70,3	14,4	16,2
Juillet	10	2	1	26,6	+11	47	54	1,668	1,711	74,8	14,3	16,1
	20	2	13	23,6	+17	32	44	1,578	1,718	79,7	14,2	16,0
	30	2	24	5,0	+23	38	12	1,496	1,732	84,9	14,1	15,9
Août	9	2	33	7,9	+30	3	59	1,423	1,752	90,3	14,1	15,8
	19	2	39	53,5	+36	46	47	1,362	1,779	95,9	14,0	15,8
	29	2	43	21,9	+43	38	51	1,317	1,811	101,4	14,0	15,7
Septembre	8	2	42	6,0	+50	27	26	1,289	1,849	106,7	14,1	15,7
	18	2	33	52,7	+56	53	36	1,279	1,892	111,3	14,2	15,7
	28	2	15	54,8	+62	32	31	1,288	1,940	115,2	14,3	15,8
Octobre	8	1	45	55,0	+66	56	37	1,316	1,991	117,9	14,4	15,9
	18	1	5	10,3	+69	41	34	1,362	2,046	119,5	14,6	16,1
	28	0	21	50,9	+70	41	44	1,423	2,103	119,9	14,9	16,2
Novembre	7	23	46	35,6	+70	19	25	1,498	2,163	119,3	15,1	16,4
	17	23	24	43,2	+69	10	20	1,585	2,226	117,8	15,3	16,6
	27	23	15	36,7	+67	45	31	1,683	2,290	115,7	15,6	16,8
Décembre	7	23	16	23,6	+66	23	33	1,789	2,356	113,0	15,8	17,0
	17	23	24	27,5	+65	13	18	1,904	2,423	109,9	16,1	17,1
	27	23	37	51,7	+64	18	24	2,025	2,490	106,5	16,4	17,3

Opposition le 8 novembre à 21 h 23 min 12 s UTC.

Passage au périhélie le 5 juillet à 7 h 06 min 00 s UTC.

P/2013 YG46 P/SPACEWATCH

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	19	9	22,4	-26	54	19	2,758	1,786	7,0	15,4	16,6
	11	19	39	43,3	-26	6	58	2,764	1,786	5,1	15,4	16,6
	21	20	9	35,2	-24	58	40	2,769	1,790	4,9	15,4	16,6
	31	20	38	43,5	-23	31	32	2,773	1,798	6,7	15,4	16,6
Février	10	21	6	57,2	-21	48	15	2,777	1,811	9,4	15,5	16,6
	20	21	34	10,3	-19	51	43	2,780	1,827	12,4	15,5	16,7
Mars	2	22	0	19,0	-17	45	5	2,781	1,847	15,7	15,5	16,7
	12	22	25	22,0	-15	31	26	2,780	1,870	19,1	15,6	16,7
	22	22	49	21,2	-13	13	33	2,777	1,897	22,7	15,7	16,7
Avril	1	23	12	17,9	-10	54	8	2,769	1,927	26,4	15,7	16,8
	11	23	34	14,4	-8	35	32	2,758	1,959	30,3	15,8	16,8
	21	23	55	13,9	-6	19	41	2,742	1,994	34,3	15,8	16,8
Mai	1	0	15	17,1	-4	8	25	2,720	2,031	38,5	15,9	16,9
	11	0	34	25,1	-2	3	8	2,693	2,071	42,9	16,0	16,9
	21	0	52	38,1	-0	4	59	2,659	2,112	47,5	16,0	16,9
	31	1	9	53,8	+1	44	58	2,618	2,154	52,4	16,1	16,9
Juin	10	1	26	9,2	+3	26	1	2,570	2,198	57,5	16,1	16,9
	20	1	41	19,8	+4	57	36	2,515	2,243	63,0	16,2	16,9
	30	1	55	18,0	+6	19	10	2,453	2,289	68,7	16,2	16,9
Juillet	10	2	7	55,5	+7	30	31	2,385	2,336	74,9	16,2	16,9
	20	2	19	1,3	+8	31	23	2,313	2,383	81,4	16,3	16,8
	30	2	28	21,6	+9	21	33	2,236	2,431	88,5	16,3	16,8
Août	9	2	35	42,5	+10	1	4	2,157	2,479	96,1	16,3	16,8
	19	2	40	47,6	+10	29	48	2,079	2,528	104,3	16,3	16,7
	29	2	43	21,4	+10	47	45	2,005	2,576	113,2	16,3	16,7
Septembre	8	2	43	13,4	+10	55	12	1,937	2,625	122,9	16,3	16,7
	18	2	40	18,6	+10	52	28	1,882	2,673	133,3	16,3	16,6
	28	2	34	46,3	+10	40	33	1,844	2,722	144,3	16,3	16,6
Octobre	8	2	27	3,3	+10	21	21	1,827	2,770	156,0	16,4	16,7
	18	2	17	52,8	+9	57	33	1,835	2,818	167,9	16,5	16,7
	28	2	8	13,3	+9	33	3	1,873	2,865	176,7	16,6	16,8
Novembre	7	1	59	5,2	+9	11	51	1,939	2,913	166,7	16,7	16,9
	17	1	51	19,6	+8	57	33	2,034	2,960	154,9	16,9	17,0
	27	1	45	33,5	+8	52	47	2,155	3,006	143,5	17,1	17,2
Décembre	7	1	42	3,5	+8	58	41	2,298	3,053	132,6	17,3	17,4
	17	1	40	52,3	+9	15	18	2,459	3,098	122,3	17,5	17,5
	27	1	41	53,1	+9	41	56	2,633	3,143	112,5	17,7	17,7

Conjonction supérieure le 17 janvier à 11 h 17 min 17 s UTC.

Opposition le 27 octobre à 8 h 23 min 12 s UTC.

Passage au périhélie le 6 janvier à 10 h 00 min 34 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 27 février à 21 h 32 min 17 s UTC.

237P/LINEAR

Mois	Jour	α			δ			Distance	Distance	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	à la Terre au	au Soleil au			
Janvier	1	15	33	57,9	-24	13	23	2,860	2,246	43,2	17,4	15,6
	11	15	56	36,1	-24	54	46	2,744	2,212	48,1	17,2	15,4
	21	16	19	31,3	-25	22	38	2,625	2,180	53,0	17,0	15,2
	31	16	42	33,2	-25	35	32	2,503	2,150	58,0	16,8	15,0
Février	10	17	5	30,7	-25	32	21	2,379	2,122	63,0	16,6	14,8
	20	17	28	11,3	-25	12	15	2,256	2,096	68,0	16,4	14,6
Mars	2	17	50	19,5	-24	34	44	2,132	2,072	73,0	16,2	14,4
	12	18	11	40,2	-23	39	44	2,010	2,051	78,1	16,0	14,2
	22	18	31	57,6	-22	27	33	1,890	2,033	83,4	15,9	14,1
Avril	1	18	50	53,5	-20	58	57	1,774	2,018	88,8	15,7	13,9
	11	19	8	11,7	-19	15	7	1,662	2,005	94,4	15,5	13,7
	21	19	23	34,2	-17	17	35	1,554	1,996	100,3	15,3	13,5
Mai	1	19	36	41,2	-15	8	30	1,454	1,990	106,5	15,1	13,3
	11	19	47	15,6	-12	50	32	1,361	1,987	113,1	15,0	13,2
	21	19	54	58,5	-10	27	3	1,277	1,988	120,1	14,9	13,1
	31	19	59	34,4	-8	2	43	1,204	1,991	127,6	14,7	12,9
Juin	10	20	0	57,6	-5	43	5	1,144	1,998	135,4	14,7	12,9
	20	19	59	12,5	-3	35	3	1,099	2,008	143,4	14,6	12,8
	30	19	54	45,9	-1	46	20	1,072	2,021	150,9	14,6	12,8
Juillet	10	19	48	29,4	-0	23	29	1,064	2,037	156,6	14,6	12,8
	20	19	41	30,0	+0	29	9	1,077	2,056	158,5	14,7	12,9
	30	19	35	6,0	+0	51	12	1,111	2,078	155,6	14,8	13,0
Août	9	19	30	24,0	+0	46	46	1,164	2,102	149,5	15,0	13,2
	19	19	28	8,0	+0	22	13	1,237	2,129	142,2	15,2	13,4
	29	19	28	41,2	-0	14	44	1,326	2,157	134,5	15,5	13,7
Septembre	8	19	32	3,0	-0	56	52	1,429	2,188	126,9	15,7	13,9
	18	19	38	1,3	-1	38	35	1,545	2,221	119,6	16,0	14,2
	28	19	46	18,2	-2	15	25	1,672	2,255	112,5	16,3	14,5
Octobre	8	19	56	31,1	-2	44	21	1,808	2,291	105,8	16,5	14,7
	18	20	8	19,7	-3	3	36	1,951	2,328	99,2	16,8	15,0
	28	20	21	25,5	-3	11	57	2,100	2,367	92,8	17,1	15,3
Novembre	7	20	35	30,4	-3	9	3	2,252	2,406	86,6	17,3	15,5
	17	20	50	20,9	-2	54	56	2,408	2,447	80,5	17,6	15,8
	27	21	5	44,5	-2	29	54	2,564	2,488	74,4	17,8	16,0
Décembre	7	21	21	30,3	-1	54	41	2,720	2,530	68,5	18,1	16,3
	17	21	37	30,9	-1	10	3	2,874	2,573	62,6	18,3	16,5
	27	21	53	39,0	-0	16	54	3,024	2,616	56,7	18,5	16,7

Opposition le 20 juillet à 14 h 58 min 49 s UTC.

Passage au périhélie le 14 mai à 16 h 27 min 03 s UTC.

77P/LONGMORE

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	13	46	8,5	-5	54	46	2,519	2,426	73,3	16,9	16,6
	11	13	58	7,3	-8	5	27	2,381	2,411	79,9	16,8	16,5
	21	14	9	1,1	-10	15	43	2,242	2,397	86,8	16,6	16,4
	31	14	18	32,2	-12	26	4	2,104	2,385	94,0	16,5	16,2
Février	10	14	26	21,2	-14	37	18	1,970	2,374	101,6	16,3	16,0
	20	14	32	4,5	-16	50	2	1,841	2,365	109,7	16,1	15,9
Mars	2	14	35	15,1	-19	4	21	1,721	2,358	118,3	16,0	15,7
	12	14	35	28,8	-21	19	36	1,614	2,353	127,4	15,8	15,6
	22	14	32	24,6	-23	33	26	1,522	2,350	136,9	15,7	15,5
Avril	1	14	25	56,3	-25	41	20	1,449	2,349	146,6	15,6	15,4
	11	14	16	24,9	-27	37	18	1,400	2,349	155,7	15,5	15,3
	21	14	4	41,6	-29	14	40	1,375	2,352	162,1	15,5	15,2
Mai	1	13	52	10,9	-30	29	2	1,377	2,356	162,0	15,5	15,3
	11	13	40	30,6	-31	20	32	1,405	2,362	155,7	15,6	15,3
	21	13	31	4,1	-31	53	22	1,456	2,370	147,0	15,6	15,4
	31	13	24	49,1	-32	14	41	1,528	2,380	138,0	15,8	15,5
Juin	10	13	22	7,9	-32	31	40	1,617	2,391	129,2	15,9	15,6
	20	13	22	57,6	-32	49	40	1,719	2,405	120,9	16,1	15,8
	30	13	27	3,3	-33	12	24	1,831	2,420	113,2	16,2	15,9
Juillet	10	13	34	1,9	-33	41	26	1,951	2,436	106,0	16,4	16,1
	20	13	43	31,5	-34	16	55	2,076	2,454	99,3	16,6	16,2
	30	13	55	12,7	-34	58	22	2,204	2,473	92,9	16,7	16,4
Août	9	14	8	47,6	-35	44	28	2,335	2,494	86,9	16,9	16,5
	19	14	24	2,7	-36	33	42	2,466	2,516	81,1	17,0	16,7
	29	14	40	46,7	-37	24	31	2,597	2,539	75,5	17,2	16,8
Septembre	8	14	58	48,7	-38	15	6	2,726	2,564	70,1	17,3	16,9
	18	15	18	1,0	-39	3	47	2,853	2,589	64,8	17,5	17,0
	28	15	38	15,3	-39	49	1	2,976	2,616	59,6	17,6	17,2
Octobre	8	15	59	22,6	-40	29	14	3,095	2,643	54,5	17,8	17,3
	18	16	21	15,4	-41	3	8	3,210	2,672	49,5	17,9	17,4
	28	16	43	44,5	-41	29	37	3,318	2,701	44,5	18,0	17,5
Novembre	7	17	6	39,5	-41	47	45	3,419	2,730	39,6	18,1	17,6
	17	17	29	51,4	-41	56	57	3,513	2,761	34,9	18,2	17,6
	27	17	53	8,9	-41	56	56	3,598	2,792	30,4	18,3	17,7
Décembre	7	18	16	21,6	-41	47	40	3,674	2,823	26,2	18,4	17,8
	17	18	39	20,3	-41	29	27	3,739	2,855	22,5	18,5	17,8
	27	19	1	55,0	-41	2	53	3,794	2,888	19,7	18,6	17,9

Opposition le 28 avril à 10 h 54 min 02 s UTC.

Passage au périhélie le 3 avril à 2 h 49 min 29 s UTC.

226P/PIGOTT-LINEAR-KOWALSKI

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	18	31	16,1	-48	13	45	4,223	3,361	25,3	21,9	20,5
	11	18	52	0,2	-48	35	13	4,149	3,309	27,6	21,8	20,5
	21	19	13	30,2	-48	53	50	4,061	3,257	31,0	21,7	20,4
	31	19	35	41,3	-49	9	25	3,960	3,204	35,1	21,6	20,3
Février	10	19	58	29,1	-49	21	47	3,847	3,151	39,7	21,4	20,2
	20	20	21	50,1	-49	30	59	3,724	3,098	44,5	21,3	20,1
Mars	2	20	45	39,6	-49	37	17	3,594	3,044	49,4	21,1	20,0
	12	21	9	53,5	-49	40	56	3,458	2,989	54,3	21,0	19,9
	22	21	34	28,9	-49	42	27	3,317	2,935	59,2	20,8	19,7
Avril	1	21	59	21,0	-49	42	29	3,174	2,880	64,0	20,6	19,6
	11	22	24	26,1	-49	41	41	3,030	2,825	68,7	20,4	19,4
	21	22	49	40,7	-49	40	54	2,888	2,770	73,2	20,3	19,3
Mai	1	23	14	58,6	-49	41	8	2,748	2,715	77,5	20,1	19,1
	11	23	40	14,2	-49	43	14	2,612	2,659	81,6	19,9	19,0
	21	0	5	20,1	-49	48	22	2,481	2,604	85,5	19,7	18,8
	31	0	30	5,4	-49	57	43	2,356	2,549	89,1	19,5	18,7
Juin	10	0	54	18,3	-50	12	16	2,237	2,495	92,4	19,2	18,5
	20	1	17	43,6	-50	33	24	2,126	2,440	95,4	19,0	18,4
	30	1	40	0,5	-51	2	16	2,021	2,387	98,1	18,8	18,2
Juillet	10	2	0	46,6	-51	39	40	1,923	2,334	100,5	18,6	18,0
	20	2	19	32,9	-52	26	41	1,830	2,281	102,8	18,4	17,9
	30	2	35	42,4	-53	23	23	1,744	2,230	104,8	18,2	17,7
Août	9	2	48	33,0	-54	28	59	1,663	2,181	106,6	18,0	17,6
	19	2	57	9,9	-55	41	38	1,586	2,132	108,3	17,8	17,4
	29	3	0	27,1	-56	56	23	1,513	2,086	109,9	17,6	17,3
Septembre	8	2	57	17,3	-58	4	50	1,446	2,041	111,4	17,4	17,1
	18	2	46	40,2	-58	53	31	1,383	1,999	112,7	17,2	17,0
	28	2	28	31,7	-59	2	17	1,327	1,960	113,9	17,1	16,9
Octobre	8	2	4	36,4	-58	8	9	1,279	1,923	114,6	16,9	16,7
	18	1	38	32,9	-55	50	55	1,242	1,890	114,8	16,8	16,6
	28	1	14	46,8	-52	2	1	1,218	1,861	114,2	16,7	16,6
Novembre	7	0	56	20,7	-46	49	16	1,211	1,835	112,5	16,6	16,5
	17	0	44	14,3	-40	32	0	1,223	1,813	109,7	16,6	16,5
	27	0	38	4,7	-33	35	27	1,254	1,796	105,9	16,6	16,5
Décembre	7	0	36	50,8	-26	24	24	1,306	1,784	101,3	16,6	16,6
	17	0	39	32,8	-19	18	18	1,377	1,776	96,2	16,7	16,7
	27	0	45	21,0	-12	30	27	1,464	1,774	90,7	16,8	16,9

Opposition le 19 septembre à 6 h 00 min 44 s UTC.

71P/CLARK

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	17	36	5,4	-24	58	6	2,529	1,603	15,5	16,7	17,2
	11	18	9	25,6	-25	39	46	2,498	1,593	18,2	16,7	17,2
	21	18	43	5,6	-25	54	46	2,470	1,589	20,8	16,6	17,1
	31	19	16	39,4	-25	43	5	2,445	1,591	23,5	16,6	17,1
Février	10	19	49	41,4	-25	6	1	2,423	1,598	26,2	16,6	17,1
	20	20	21	50,6	-24	6	3	2,404	1,612	29,0	16,6	17,1
Mars	2	20	52	48,7	-22	46	39	2,386	1,630	31,9	16,7	17,1
	12	21	22	23,9	-21	11	47	2,369	1,654	34,8	16,7	17,1
	22	21	50	29,8	-19	25	35	2,352	1,682	38,0	16,8	17,2
Avril	1	22	17	2,8	-17	32	14	2,334	1,715	41,3	16,9	17,2
	11	22	42	2,8	-15	35	31	2,313	1,751	44,8	16,9	17,2
	21	23	5	31,7	-13	38	46	2,290	1,791	48,6	17,0	17,2
Mai	1	23	27	30,3	-11	45	4	2,263	1,834	52,6	17,1	17,3
	11	23	48	0,0	-9	56	54	2,231	1,880	56,8	17,2	17,3
	21	0	7	1,3	-8	16	21	2,194	1,927	61,4	17,2	17,3
	31	0	24	31,6	-6	45	21	2,152	1,977	66,4	17,3	17,3
Juin	10	0	40	27,7	-5	25	20	2,104	2,028	71,7	17,4	17,3
	20	0	54	43,8	-4	17	34	2,050	2,080	77,4	17,4	17,3
	30	1	7	10,2	-3	23	17	1,993	2,134	83,6	17,5	17,3
Juillet	10	1	17	36,6	-2	43	14	1,931	2,188	90,3	17,5	17,3
	20	1	25	49,1	-2	18	13	1,868	2,242	97,7	17,5	17,3
	30	1	31	32,0	-2	8	40	1,805	2,297	105,6	17,6	17,3
Août	9	1	34	31,5	-2	14	17	1,745	2,352	114,3	17,6	17,2
	19	1	34	35,2	-2	34	20	1,693	2,407	123,7	17,6	17,2
	29	1	31	39,4	-3	6	39	1,652	2,462	133,9	17,7	17,2
Septembre	8	1	25	55,4	-3	47	29	1,627	2,517	144,6	17,7	17,2
	18	1	17	50,6	-4	31	51	1,623	2,572	155,4	17,8	17,3
	28	1	8	14,5	-5	13	20	1,645	2,626	165,2	17,9	17,3
Octobre	8	0	58	10,1	-5	45	52	1,693	2,680	168,6	18,1	17,5
	18	0	48	41,0	-6	4	52	1,769	2,733	161,6	18,3	17,6
	28	0	40	42,9	-6	7	45	1,873	2,786	151,4	18,5	17,8
Novembre	7	0	34	50,7	-5	54	26	2,000	2,838	140,8	18,7	17,9
	17	0	31	20,1	-5	26	14	2,148	2,890	130,5	18,9	18,1
	27	0	30	12,3	-4	45	10	2,313	2,941	120,6	19,2	18,3
Décembre	7	0	31	16,3	-3	53	38	2,491	2,992	111,2	19,4	18,5
	17	0	34	17,9	-2	53	42	2,677	3,041	102,2	19,6	18,7
	27	0	39	1,1	-1	47	12	2,868	3,091	93,6	19,9	18,9

Opposition le 5 octobre à 13 h 49 min 45 s UTC.

Passage au périhélie le 22 janvier à 19 h 34 min 15 s UTC.

213P/VAN NESS

Mois	Jour	α			δ			Distance	Distance	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	à la Terre au	au Soleil au			
Janvier	1	15	15	2,3	-27	1	28	3,530	2,949	47,0	18,4	18,5
	11	15	30	33,6	-28	11	38	3,383	2,907	53,5	18,3	18,4
	21	15	46	0,2	-29	18	17	3,228	2,865	60,0	18,1	18,2
	31	16	1	13,3	-30	21	12	3,066	2,823	66,5	17,9	18,1
Février	10	16	16	3,8	-31	20	20	2,900	2,781	73,2	17,8	17,9
	20	16	30	20,7	-32	15	52	2,731	2,739	80,0	17,6	17,8
Mars	2	16	43	49,5	-33	7	57	2,560	2,697	87,0	17,4	17,6
	12	16	56	14,9	-33	57	0	2,391	2,655	94,2	17,1	17,4
	22	17	7	18,3	-34	43	26	2,225	2,613	101,6	16,9	17,2
Avril	1	17	16	37,0	-35	27	30	2,064	2,572	109,2	16,7	17,0
	11	17	23	48,1	-36	9	14	1,911	2,531	117,2	16,4	16,8
	21	17	28	25,7	-36	48	2	1,768	2,491	125,6	16,2	16,6
Mai	1	17	30	5,5	-37	22	12	1,638	2,451	134,4	16,0	16,4
	11	17	28	33,0	-37	48	48	1,524	2,412	143,5	15,7	16,2
	21	17	23	46,6	-38	3	27	1,428	2,373	152,6	15,5	16,1
	31	17	16	13,2	-38	0	58	1,354	2,336	160,9	15,3	15,9
Juin	10	17	6	53,6	-37	37	20	1,303	2,299	165,3	15,2	15,8
	20	16	57	11,9	-36	51	21	1,275	2,264	162,2	15,1	15,7
	30	16	48	45,5	-35	46	19	1,271	2,230	154,1	15,0	15,7
Juillet	10	16	42	54,8	-34	29	8	1,288	2,198	144,8	15,0	15,7
	20	16	40	28,9	-33	7	39	1,323	2,167	135,3	15,0	15,7
	30	16	41	49,2	-31	48	37	1,373	2,138	126,4	15,0	15,7
Août	9	16	46	49,8	-30	35	59	1,436	2,111	118,0	15,0	15,8
	19	16	55	13,0	-29	30	59	1,507	2,086	110,2	15,1	15,9
	29	17	6	36,7	-28	32	57	1,585	2,063	103,1	15,1	16,0
Septembre	8	17	20	34,1	-27	39	45	1,668	2,043	96,5	15,2	16,1
	18	17	36	42,3	-26	48	44	1,754	2,026	90,3	15,3	16,2
	28	17	54	39,8	-25	57	7	1,842	2,011	84,5	15,4	16,3
Octobre	8	18	14	4,8	-25	2	13	1,931	1,999	79,1	15,4	16,3
	18	18	34	39,8	-24	1	44	2,021	1,990	73,9	15,5	16,4
	28	18	56	8,0	-22	53	48	2,111	1,984	68,9	15,6	16,5
Novembre	7	19	18	13,0	-21	37	5	2,200	1,981	64,2	15,7	16,6
	17	19	40	42,3	-20	10	44	2,290	1,981	59,5	15,8	16,7
	27	20	3	23,9	-18	34	25	2,378	1,984	55,0	15,9	16,8
Décembre	7	20	26	7,3	-16	48	19	2,465	1,990	50,5	15,9	16,9
	17	20	48	45,4	-14	52	52	2,550	1,999	46,2	16,0	16,9
	27	21	11	11,7	-12	48	57	2,634	2,011	41,8	16,1	17,0

Opposition le 10 juin à 12 h 21 min 53 s UTC.

Passage au périhélie le 11 novembre à 22 h 31 min 27 s UTC.

96P/MACHHOLZ 1

Mois	Jour	α			δ			Distance	Distance	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	à la Terre	au Soleil			
Janvier	1	19	53	23,6	-42	28	2	1,726	0,922	24,2	14,4	16,1
	11	20	24	56,3	-39	36	19	1,504	0,691	21,5	12,9	15,2
	21	21	0	39,7	-33	55	48	1,226	0,417	17,8	10,2	13,7
	31	21	5	24,2	-15	20	45	0,888	0,117	3,9	4,0	10,2
Février	10	20	13	26,0	-6	28	41	1,133	0,412	21,0	10,0	13,5
	20	20	10	30,7	-6	39	33	1,329	0,687	30,1	12,6	14,9
Mars	2	20	13	39,7	-7	7	53	1,454	0,918	38,6	14,0	15,7
	12	20	17	17,0	-7	34	1	1,529	1,123	47,2	15,0	16,3
	22	20	19	43,9	-7	58	53	1,566	1,308	56,2	15,7	16,7
Avril	1	20	20	6,5	-8	26	8	1,573	1,479	65,8	16,3	16,9
	11	20	17	45,3	-8	59	41	1,558	1,638	76,2	16,7	17,1
	21	20	12	2,6	-9	43	7	1,527	1,788	87,3	17,0	17,3
Mai	1	20	2	20,9	-10	39	41	1,489	1,930	99,5	17,3	17,4
	11	19	48	14,9	-11	50	53	1,454	2,065	112,6	17,5	17,5
	21	19	29	40,0	-13	15	21	1,431	2,194	126,9	17,8	17,6
	31	19	7	13,8	-14	48	4	1,433	2,317	141,9	18,0	17,7
Juin	10	18	42	29,3	-16	20	30	1,466	2,435	157,3	18,3	17,9
	20	18	17	35,3	-17	44	5	1,539	2,548	171,7	18,6	18,1
	30	17	54	45,6	-18	53	50	1,651	2,658	170,0	18,9	18,3
Juillet	10	17	35	34,9	-19	49	22	1,800	2,763	156,8	19,3	18,6
	20	17	20	43,5	-20	33	33	1,980	2,865	144,0	19,6	18,9
	30	17	10	11,6	-21	10	4	2,186	2,964	132,1	20,0	19,2
Août	9	17	3	32,9	-21	41	50	2,411	3,060	121,0	20,3	19,4
	19	17	0	13,4	-22	10	53	2,649	3,152	110,7	20,7	19,7
	29	16	59	40,0	-22	38	15	2,894	3,242	101,0	21,0	20,0
Septembre	8	17	1	21,5	-23	4	24	3,143	3,330	91,8	21,3	20,2
	18	17	4	53,1	-23	29	26	3,390	3,415	82,9	21,6	20,4
	28	17	9	54,1	-23	53	14	3,633	3,497	74,3	21,8	20,6
Octobre	8	17	16	6,3	-24	15	36	3,867	3,577	65,9	22,0	20,8
	18	17	23	16,3	-24	36	18	4,090	3,655	57,6	22,3	21,0
	28	17	31	11,7	-24	55	8	4,299	3,731	49,5	22,5	21,1
Novembre	7	17	39	41,7	-25	11	56	4,491	3,805	41,5	22,6	21,3
	17	17	48	37,9	-25	26	37	4,664	3,877	33,4	22,8	21,4
	27	17	57	51,4	-25	39	8	4,815	3,947	25,5	22,9	21,5
Décembre	7	18	7	14,4	-25	49	33	4,944	4,016	17,5	23,1	21,6
	17	18	16	40,2	-25	58	0	5,049	4,082	9,7	23,2	21,7
	27	18	26	1,3	-26	4	43	5,129	4,147	3,0	23,3	21,7

Opposition le 1^{er} février à 13 h 48 min 45 s UTC.

Opposition le 23 juin à 23 h 54 min 20 s UTC.

Passage au périhélie le 31 janvier à 2 h 10 min 23 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 24 janvier à 21 h 46 min 02 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 5 février à 8 h 48 min 56 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 10 décembre à 4 h 26 min 30 s UTC.

364P/PANSTARRS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	12	1	37,2	+17	44	33	1,454	1,968	106,1	20,7	19,9
	11	12	16	42,3	+17	42	36	1,261	1,871	112,4	20,1	19,5
	21	12	31	56,5	+17	57	24	1,077	1,772	118,5	19,5	19,0
	31	12	47	30,0	+18	32	35	0,904	1,670	124,2	18,9	18,5
Février	10	13	3	50,0	+19	31	54	0,742	1,566	129,4	18,2	18,0
	20	13	21	48,9	+21	0	35	0,594	1,462	133,4	17,4	17,3
Mars	2	13	43	23,9	+23	5	5	0,458	1,356	135,4	16,5	16,6
	12	14	13	36,1	+25	54	43	0,336	1,251	134,2	15,5	15,8
	22	15	6	44,5	+29	39	32	0,227	1,147	127,0	14,3	14,7
Avril	1	17	9	12,4	+32	5	30	0,143	1,049	106,5	12,9	13,5
	11	20	44	4,7	+17	23	45	0,126	0,959	66,6	12,2	13,1
	21	22	50	16,3	-0	22	32	0,195	0,883	46,9	12,8	13,8
Mai	1	23	46	56,1	-7	10	16	0,299	0,829	46,2	13,5	14,6
	11	0	21	46,0	-9	4	29	0,415	0,803	49,2	14,0	15,3
	21	0	49	6,1	-8	46	44	0,534	0,809	52,7	14,6	15,8
	31	1	12	57,5	-7	27	27	0,646	0,847	56,3	15,2	16,3
Juin	10	1	34	18,5	-5	45	6	0,745	0,911	60,0	15,9	16,8
	20	1	53	10,5	-4	2	20	0,827	0,993	64,3	16,5	17,2
	30	2	9	18,4	-2	31	29	0,890	1,087	69,2	17,0	17,6
Juillet	10	2	22	29,6	-1	17	55	0,935	1,188	74,8	17,5	17,9
	20	2	32	26,8	-0	24	13	0,964	1,292	81,4	17,9	18,1
	30	2	38	46,9	+0	8	51	0,979	1,398	89,0	18,3	18,3
Août	9	2	41	7,5	+0	21	48	0,983	1,503	97,6	18,6	18,5
	19	2	39	3,3	+0	15	21	0,982	1,608	107,4	18,9	18,6
	29	2	32	17,3	-0	8	15	0,981	1,710	118,4	19,2	18,8
Septembre	8	2	20	58,0	-0	44	52	0,986	1,811	130,6	19,4	18,9
	18	2	5	46,5	-1	28	26	1,006	1,910	143,5	19,7	19,1
	28	1	48	12,1	-2	10	21	1,047	2,006	156,6	20,0	19,3
Octobre	8	1	30	15,5	-2	42	15	1,114	2,100	167,4	20,4	19,5
	18	1	13	52,7	-2	58	24	1,209	2,192	167,1	20,7	19,8
	28	1	0	30,6	-2	56	18	1,333	2,282	157,2	21,1	20,1
Novembre	7	0	50	47,3	-2	37	3	1,482	2,369	146,0	21,5	20,4
	17	0	44	44,2	-2	3	11	1,653	2,454	135,1	21,9	20,7
	27	0	42	2,4	-1	17	29	1,841	2,537	124,8	22,3	21,0
Décembre	7	0	42	11,7	-0	22	46	2,042	2,618	115,2	22,6	21,3
	17	0	44	43,0	+0	38	53	2,253	2,697	106,1	23,0	21,6
	27	0	49	10,2	+1	45	43	2,471	2,774	97,4	23,3	21,8

Opposition le 12 octobre à 1 h 51 min 26 s UTC.

Passage au périhélie le 14 mai à 0 h 26 min 48 s UTC.

62P/Tsuchinshan I

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	22	22	48,6	-14	30	51	3,986	3,473	52,3	21,3	20,6
	11	22	32	6,4	-13	28	42	4,045	3,416	44,7	21,3	20,6
	21	22	42	14,2	-12	21	22	4,088	3,358	37,2	21,2	20,6
	31	22	53	5,2	-11	9	15	4,114	3,298	30,0	21,1	20,6
Février	10	23	4	33,2	-9	52	50	4,123	3,238	23,0	21,1	20,5
	20	23	16	34,0	-8	32	30	4,113	3,177	16,3	21,0	20,5
Mars	2	23	29	3,6	-7	8	42	4,086	3,114	9,9	20,9	20,4
	12	23	41	59,0	-5	41	53	4,040	3,051	4,4	20,8	20,4
	22	23	55	18,5	-4	12	26	3,978	2,987	4,9	20,6	20,3
Avril	1	0	9	0,6	-2	40	50	3,899	2,921	10,2	20,5	20,2
	11	0	23	4,5	-1	7	33	3,804	2,855	16,0	20,3	20,1
	21	0	37	30,6	+0	27	3	3,695	2,787	21,8	20,2	20,0
Mai	1	0	52	19,1	+2	2	27	3,573	2,718	27,4	20,0	19,9
	11	1	7	31,1	+3	38	12	3,439	2,649	32,9	19,8	19,7
	21	1	23	8,7	+5	13	54	3,295	2,579	38,3	19,6	19,6
	31	1	39	13,3	+6	48	59	3,141	2,507	43,6	19,4	19,4
Juin	10	1	55	48,0	+8	23	2	2,981	2,435	48,8	19,1	19,2
	20	2	12	56,2	+9	55	33	2,815	2,362	53,8	18,9	19,0
	30	2	30	40,9	+11	25	56	2,645	2,288	58,7	18,6	18,8
Juillet	10	2	49	6,9	+12	53	39	2,472	2,214	63,5	18,3	18,6
	20	3	8	19,5	+14	18	6	2,299	2,139	68,1	18,0	18,4
	30	3	28	23,6	+15	38	32	2,126	2,065	72,6	17,7	18,1
Août	9	3	49	26,8	+16	54	17	1,955	1,990	77,0	17,3	17,9
	19	4	11	36,7	+18	4	28	1,788	1,915	81,2	17,0	17,6
	29	4	35	1,3	+19	8	5	1,627	1,841	85,1	16,6	17,3
Septembre	8	4	59	52,5	+20	4	5	1,472	1,768	88,9	16,2	17,0
	18	5	26	21,0	+20	51	0	1,326	1,696	92,4	15,8	16,7
	28	5	54	38,3	+21	27	9	1,189	1,627	95,5	15,4	16,4
Octobre	8	6	24	58,9	+21	50	28	1,063	1,561	98,3	15,0	16,0
	18	6	57	30,8	+21	58	20	0,949	1,498	100,7	14,5	15,7
	28	7	32	16,9	+21	47	57	0,848	1,441	102,6	14,1	15,4
Novembre	7	8	9	11,0	+21	16	21	0,761	1,389	104,1	13,7	15,0
	17	8	47	42,8	+20	21	47	0,688	1,345	105,2	13,4	14,8
	27	9	27	1,3	+19	4	50	0,630	1,309	106,0	13,1	14,5
Décembre	7	10	5	55,8	+17	29	21	0,585	1,284	106,9	12,8	14,3
	17	10	42	56,5	+15	43	47	0,552	1,269	108,0	12,6	14,1
	27	11	16	37,1	+13	58	48	0,529	1,265	109,8	12,5	14,0

Conjonction supérieure le 16 mars à 8 h 52 min 39 s UTC.

Passage au périhélie le 25 décembre à 2 h 55 min 48 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 21 février à 23 h 43 min 33 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 9 avril à 5 h 32 min 30 s UTC.

103P/HARTLEY 2

Mois	Jour	α			δ			Distance	Distance	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	à la Terre	au Soleil			
Janvier	1	18	15	28,2	-15	6	55	4,132	3,169	10,3	22,6	21,5
	11	18	29	53,3	-14	49	23	4,037	3,099	15,3	22,4	21,4
	21	18	44	37,0	-14	24	0	3,924	3,028	21,2	22,2	21,3
	31	18	59	34,9	-13	50	21	3,796	2,955	27,2	22,1	21,2
Février	10	19	14	43,3	-13	8	6	3,653	2,881	33,4	21,9	21,0
	20	19	29	59,5	-12	16	54	3,497	2,805	39,4	21,7	20,9
Mars	2	19	45	20,0	-11	16	29	3,330	2,728	45,5	21,4	20,7
	12	20	0	42,7	-10	6	36	3,154	2,650	51,4	21,2	20,5
	22	20	16	6,2	-8	46	54	2,970	2,570	57,2	20,9	20,3
Avril	1	20	31	28,6	-7	17	5	2,781	2,490	62,9	20,7	20,1
	11	20	46	49,8	-5	36	51	2,588	2,407	68,4	20,4	19,9
	21	21	2	10,7	-3	45	35	2,393	2,324	73,9	20,0	19,6
Mai	1	21	17	31,7	-1	42	49	2,199	2,239	79,1	19,7	19,4
	11	21	32	56,4	+0	32	12	2,007	2,153	84,2	19,3	19,1
	21	21	48	29,2	+3	0	32	1,819	2,066	89,0	18,9	18,8
	31	22	4	16,2	+5	43	11	1,636	1,979	93,6	18,5	18,5
Juin	10	22	20	29,3	+8	41	36	1,461	1,890	97,9	18,1	18,1
	20	22	37	23,9	+11	57	34	1,294	1,801	101,8	17,6	17,8
	30	22	55	23,9	+15	32	38	1,138	1,713	105,2	17,1	17,4
Juillet	10	23	15	9,4	+19	28	44	0,992	1,624	107,9	16,6	17,0
	20	23	37	39,4	+23	46	59	0,859	1,537	109,8	16,0	16,5
	30	0	4	30,2	+28	25	49	0,739	1,452	110,8	15,4	16,1
Août	9	0	38	17,7	+33	18	25	0,633	1,371	110,5	14,8	15,6
	19	1	22	46,6	+38	3	4	0,544	1,295	108,8	14,3	15,2
	29	2	22	19,3	+41	47	58	0,472	1,225	105,7	13,7	14,7
Septembre	8	3	37	52,5	+43	2	20	0,420	1,165	101,3	13,2	14,4
	18	4	59	52,1	+40	15	58	0,390	1,117	96,2	12,9	14,1
	28	6	12	34,8	+33	37	48	0,383	1,083	91,6	12,7	14,0
Octobre	8	7	8	37,6	+25	2	24	0,396	1,066	88,6	12,7	14,0
	18	7	49	35,6	+16	24	19	0,422	1,067	87,7	12,9	14,2
	28	8	19	17,7	+8	42	5	0,455	1,086	88,9	13,1	14,4
Novembre	7	8	40	37,4	+2	10	25	0,491	1,121	91,9	13,4	14,6
	17	8	55	1,6	-3	13	28	0,525	1,170	96,4	13,8	14,9
	27	9	3	10,9	-7	34	27	0,555	1,231	102,3	14,1	15,1
Décembre	7	9	5	25,9	-10	55	19	0,583	1,302	109,5	14,4	15,3
	17	9	2	1,9	-13	13	57	0,611	1,379	117,7	14,8	15,5
	27	8	53	46,6	-14	25	35	0,641	1,460	126,7	15,2	15,8

Passage au périhélie le 12 octobre à 12 h 22 min 06 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 10 janvier à 9 h 40 min 07 s UTC.

185P/PETRIEW

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	18	24	2,2	-14	33	42	3,437	2,474	9,7	20,0	19,4
	11	18	42	32,2	-14	10	4	3,338	2,391	13,1	19,8	19,3
	21	19	1	48,5	-13	34	58	3,225	2,306	17,6	19,5	19,1
	31	19	21	51,0	-12	47	20	3,100	2,220	22,2	19,3	18,9
Février	10	19	42	41,2	-11	46	11	2,965	2,132	26,8	19,0	18,8
	20	20	4	23,4	-10	30	27	2,823	2,042	31,1	18,7	18,6
Mars	2	20	27	2,2	-8	59	4	2,675	1,950	35,2	18,4	18,3
	12	20	50	46,0	-7	11	2	2,524	1,858	38,9	18,0	18,1
	22	21	15	46,5	-5	5	16	2,372	1,763	42,1	17,7	17,9
Avril	1	21	42	18,2	-2	41	5	2,222	1,668	44,8	17,3	17,6
	11	22	10	40,7	+0	1	46	2,078	1,573	46,8	16,9	17,3
	21	22	41	18,9	+3	2	43	1,943	1,477	48,2	16,5	17,0
Mai	1	23	14	40,4	+6	19	16	1,820	1,383	48,8	16,1	16,8
	11	23	51	16,1	+9	46	19	1,713	1,290	48,6	15,6	16,5
	21	0	31	34,3	+13	15	4	1,625	1,202	47,5	15,2	16,2
	31	1	15	49,2	+16	32	5	1,560	1,120	45,8	14,8	16,0
Juin	10	2	3	51,2	+19	20	33	1,519	1,048	43,4	14,5	15,8
	20	2	54	53,1	+21	23	24	1,504	0,990	40,8	14,2	15,6
	30	3	47	25,4	+22	27	42	1,513	0,950	38,1	14,0	15,5
Juillet	10	4	39	37,1	+22	29	16	1,543	0,931	35,7	14,0	15,5
	20	5	29	41,2	+21	33	15	1,590	0,936	33,8	14,1	15,6
	30	6	16	17,9	+19	51	10	1,649	0,964	32,6	14,3	15,8
Août	9	6	58	47,7	+17	36	58	1,715	1,013	32,2	14,6	15,9
	19	7	37	3,6	+15	3	16	1,784	1,077	32,5	14,9	16,2
	29	8	11	17,1	+12	20	4	1,851	1,154	33,6	15,3	16,4
Septembre	8	8	41	51,8	+9	34	23	1,914	1,238	35,4	15,7	16,6
	18	9	9	12,7	+6	50	44	1,971	1,329	37,8	16,1	16,8
	28	9	33	41,2	+4	12	5	2,019	1,422	40,9	16,4	17,0
Octobre	8	9	55	36,7	+1	40	13	2,056	1,517	44,6	16,7	17,2
	18	10	15	12,8	-0	43	53	2,081	1,613	49,0	17,0	17,4
	28	10	32	37,6	-2	59	17	2,094	1,708	53,9	17,3	17,5
Novembre	7	10	47	56,3	-5	5	24	2,094	1,803	59,3	17,5	17,6
	17	11	1	8,3	-7	1	36	2,081	1,897	65,4	17,7	17,7
	27	11	12	8,5	-8	46	49	2,056	1,989	72,1	17,9	17,8
Décembre	7	11	20	49,6	-10	19	58	2,021	2,080	79,4	18,1	17,9
	17	11	26	59,4	-11	39	23	1,978	2,169	87,4	18,2	17,9
	27	11	30	24,7	-12	42	44	1,929	2,256	96,1	18,3	17,9

Passage au périhélie le 12 juillet à 21 h 36 min 49 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 15 janvier à 7 h 24 min 47 s UTC.

263P/GIBBS

Mois	Jour	α			δ			Distance	Distance	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	à la Terre	au Soleil			
Janvier	1	10	18	33,8	+16	28	26	0,413	1,285	129,2	16,6	17,6
	11	10	59	5,3	+19	12	27	0,373	1,258	130,6	16,3	17,4
	21	11	40	26,2	+22	16	34	0,349	1,242	131,2	16,1	17,2
	31	12	19	9,0	+25	15	58	0,340	1,236	131,4	16,0	17,1
Février	10	12	51	46,0	+27	48	14	0,343	1,243	132,0	16,1	17,2
	20	13	15	47,4	+29	42	24	0,356	1,260	133,4	16,2	17,3
Mars	2	13	30	25,3	+30	51	43	0,377	1,288	135,7	16,4	17,4
	12	13	36	35,9	+31	10	31	0,405	1,325	138,8	16,7	17,7
	22	13	36	14,5	+30	35	10	0,441	1,371	142,0	17,1	17,9
Avril	1	13	32	2,0	+29	4	0	0,487	1,423	144,4	17,4	18,2
	11	13	26	43,2	+26	43	46	0,544	1,481	145,2	17,9	18,5
	21	13	22	17,2	+23	47	39	0,614	1,543	143,8	18,3	18,9
Mai	1	13	19	58,5	+20	29	57	0,698	1,609	140,6	18,8	19,3
	11	13	20	13,6	+17	4	27	0,797	1,678	136,1	19,2	19,6
	21	13	22	57,0	+13	40	46	0,910	1,748	130,8	19,7	20,0
	31	13	27	55,0	+10	24	21	1,037	1,820	125,1	20,1	20,4
Juin	10	13	34	46,0	+7	18	27	1,176	1,892	119,3	20,6	20,7
	20	13	43	9,6	+4	24	6	1,326	1,965	113,4	21,0	21,1
	30	13	52	50,9	+1	41	14	1,487	2,038	107,5	21,4	21,4
Juillet	10	14	3	34,9	-0	50	20	1,655	2,110	101,6	21,8	21,7
	20	14	15	10,7	-3	11	16	1,831	2,182	95,8	22,2	22,0
	30	14	27	30,8	-5	22	12	2,011	2,254	90,0	22,5	22,3
Août	9	14	40	27,4	-7	23	32	2,196	2,324	84,2	22,8	22,5
	19	14	53	55,4	-9	15	46	2,382	2,394	78,4	23,1	22,8
	29	15	7	51,0	-10	59	14	2,568	2,463	72,6	23,4	23,0
Septembre	8	15	22	9,4	-12	34	8	2,753	2,531	66,8	23,7	23,2
	18	15	36	48,1	-14	0	42	2,934	2,598	60,9	24,0	23,4
	28	15	51	43,6	-15	19	2	3,110	2,664	54,9	24,2	23,6
Octobre	8	16	6	52,4	-16	29	12	3,280	2,729	48,9	24,4	23,8
	18	16	22	11,9	-17	31	22	3,440	2,793	42,8	24,6	23,9
	28	16	37	38,5	-18	25	33	3,590	2,855	36,6	24,8	24,1
Novembre	7	16	53	8,2	-19	11	55	3,728	2,917	30,4	25,0	24,2
	17	17	8	37,8	-19	50	37	3,853	2,977	24,1	25,1	24,3
	27	17	24	2,8	-20	21	52	3,962	3,036	17,7	25,3	24,4
Décembre	7	17	39	18,6	-20	45	58	4,055	3,094	11,2	25,4	24,5
	17	17	54	21,4	-21	3	17	4,131	3,151	4,9	25,5	24,6
	27	18	9	5,6	-21	14	16	4,188	3,207	3,3	25,6	24,7

Opposition le 29 mars à 19 h 59 min 00 s UTC.

Conjonction supérieure le 23 décembre à 7 h 31 min 53 s UTC.

Passage au périhélie le 30 janvier à 13 h 58 min 25 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 1^{er} décembre à 2 h 32 min 25 s UTC.

2P/ENCKE

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	22	48	3,4	-3	10	57	3,685	3,343	62,3	32,1	21,6
	11	22	54	50,4	-2	32	5	3,771	3,290	54,0	31,5	21,6
	21	23	2	38,1	-1	45	25	3,841	3,234	45,9	30,9	21,6
	31	23	11	18,3	-0	51	37	3,893	3,177	38,1	30,3	21,6
Février	10	23	20	43,1	+0	8	35	3,925	3,117	30,6	29,6	21,5
	20	23	30	47,2	+1	14	38	3,937	3,054	23,4	28,9	21,5
Mars	2	23	41	25,9	+2	26	0	3,927	2,989	16,4	28,2	21,4
	12	23	52	35,2	+3	42	8	3,896	2,922	9,9	27,5	21,4
	22	0	4	13,2	+5	2	40	3,843	2,851	4,7	26,7	21,3
Avril	1	0	16	18,4	+6	27	15	3,770	2,778	6,1	25,9	21,2
	11	0	28	50,0	+7	55	30	3,676	2,702	11,6	25,1	21,1
	21	0	41	49,3	+9	27	18	3,563	2,623	17,6	24,2	21,0
Mai	1	0	55	17,8	+11	2	27	3,432	2,541	23,5	23,4	20,8
	11	1	9	18,8	+12	40	53	3,285	2,455	29,3	22,5	20,6
	21	1	23	57,6	+14	22	43	3,122	2,365	35,0	21,5	20,4
	31	1	39	20,8	+16	8	2	2,946	2,272	40,4	20,6	20,2
Juin	10	1	55	38,9	+17	57	9	2,758	2,174	45,7	19,6	20,0
	20	2	13	6,8	+19	50	32	2,561	2,072	50,7	18,6	19,7
	30	2	32	4,6	+21	48	35	2,356	1,965	55,3	17,6	19,4
Juillet	10	2	53	3,6	+23	51	52	2,147	1,853	59,6	16,5	19,1
	20	3	16	49,8	+26	0	39	1,935	1,735	63,3	15,5	18,7
	30	3	44	32,4	+28	14	1	1,724	1,611	66,3	14,4	18,3
Août	9	4	18	0,4	+30	28	17	1,518	1,480	68,2	13,3	17,9
	19	4	59	57,7	+32	32	10	1,323	1,341	68,6	12,1	17,3
	29	5	54	4,7	+33	56	24	1,148	1,193	66,8	11,0	16,8
Septembre	8	7	3	42,3	+33	37	20	1,007	1,036	61,9	10,0	16,2
	18	8	27	8,0	+29	56	18	0,918	0,867	53,4	9,0	15,6
	28	9	53	52,4	+21	54	9	0,907	0,689	41,9	8,4	15,1
Octobre	8	11	13	22,8	+10	44	35	0,990	0,506	29,5	8,0	14,6
	18	12	27	25,1	-1	31	23	1,161	0,361	17,2	8,0	14,2
	28	13	45	2,7	-13	4	52	1,348	0,370	5,3	8,4	14,6
Novembre	7	14	59	56,6	-21	6	46	1,498	0,523	6,1	9,0	15,6
	17	16	5	38,3	-25	35	35	1,648	0,706	11,3	9,7	16,4
	27	17	1	43,7	-27	40	40	1,810	0,884	13,8	10,6	17,1
Décembre	7	17	49	10,7	-28	16	46	1,978	1,051	14,2	11,5	17,7
	17	18	29	24,5	-27	59	48	2,146	1,208	13,0	12,5	18,2
	27	19	3	49,3	-27	11	48	2,309	1,354	10,6	13,4	18,6

Conjonction supérieure le 25 mars à 7 h 15 min 50 s UTC.

Conjonction supérieure le 1^{er} novembre à 15 h 10 min 15 s UTC.

Passage au périhélie le 22 octobre à 12 h 38 min 00 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 4 mars à 1 h 26 min 47 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 16 avril à 15 h 43 min 42 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 19 octobre à 17 h 55 min 09 s UTC.

C/2020 K1 PANSTARRS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	18	24	59,1	-25	15	24	4,296	3,317	4,7	13,5	14,9
	11	18	35	52,6	-26	52	33	4,234	3,282	12,7	13,4	14,9
	21	18	47	6,0	-28	31	41	4,151	3,249	20,7	13,3	14,8
	31	18	58	34,4	-30	14	43	4,048	3,219	28,7	13,2	14,7
Février	10	19	10	13,3	-32	3	53	3,928	3,192	36,7	13,1	14,6
	20	19	21	59,4	-34	1	45	3,791	3,167	44,8	13,0	14,5
Mars	2	19	33	48,1	-36	11	16	3,642	3,145	52,9	12,9	14,4
	12	19	45	36,0	-38	35	42	3,484	3,126	61,0	12,7	14,3
	22	19	57	19,8	-41	18	38	3,321	3,109	69,1	12,6	14,2
Avril	1	20	8	54,7	-44	23	51	3,158	3,096	77,3	12,5	14,1
	11	20	20	16,6	-47	54	46	3,000	3,086	85,4	12,4	14,0
	21	20	31	20,1	-51	54	10	2,853	3,078	93,3	12,2	13,9
Mai	1	20	41	55,7	-56	23	11	2,723	3,074	100,8	12,1	13,8
	11	20	51	51,0	-61	20	3	2,615	3,073	107,5	12,1	13,7
	21	21	0	41,4	-66	39	38	2,535	3,076	113,1	12,0	13,6
	31	21	7	32,7	-72	12	23	2,487	3,081	116,9	12,0	13,6
Juin	10	21	10	10,4	-77	45	23	2,472	3,089	118,6	12,0	13,6
	20	21	0	0,1	-83	3	26	2,490	3,101	118,0	12,0	13,6
	30	19	25	19,0	-87	38	55	2,539	3,115	115,5	12,0	13,6
Juillet	10	12	10	30,3	-87	4	19	2,614	3,133	111,5	12,1	13,7
	20	11	13	47,1	-83	35	9	2,709	3,153	106,6	12,2	13,8
	30	11	7	18,0	-80	37	44	2,818	3,176	101,2	12,4	13,9
Août	9	11	10	13,0	-78	19	23	2,936	3,202	95,8	12,5	14,0
	19	11	16	22,4	-76	38	58	3,058	3,231	90,6	12,6	14,1
	29	11	23	51,0	-75	33	55	3,179	3,262	85,6	12,7	14,2
Septembre	8	11	31	49,8	-75	0	55	3,297	3,295	81,1	12,9	14,3
	18	11	39	53,0	-74	57	5	3,408	3,331	77,1	13,0	14,4
	28	11	47	35,5	-75	19	43	3,510	3,369	73,7	13,1	14,5
Octobre	8	11	54	32,4	-76	6	13	3,602	3,410	71,0	13,2	14,6
	18	12	0	8,8	-77	14	31	3,683	3,452	68,9	13,3	14,7
	28	12	3	20,7	-78	42	31	3,753	3,497	67,6	13,4	14,7
Novembre	7	12	2	10,1	-80	27	50	3,812	3,543	66,9	13,5	14,8
	17	11	52	6,4	-82	27	21	3,862	3,591	66,9	13,6	14,8
	27	11	20	47,9	-84	33	54	3,903	3,640	67,4	13,7	14,9
Décembre	7	9	50	6,4	-86	23	53	3,937	3,691	68,5	13,7	15,0
	17	6	44	14,4	-86	37	41	3,966	3,744	69,9	13,8	15,0
	27	4	43	35,9	-84	38	29	3,992	3,798	71,6	13,9	15,0

Opposition le 26 juin à 21 h 33 min 25 s UTC.

Passage au périhélie le 9 mai à 1 h 48 min 12 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 13 janvier à 21 h 26 min 00 s UTC.

C/2020 S4 PANSTARRS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	9	36	45,9	+20	8	30	2,579	3,390	139,7	14,7	15,6
	11	9	36	41,5	+21	26	14	2,493	3,381	150,0	14,6	15,6
	21	9	35	5,8	+22	51	13	2,433	3,375	160,1	14,6	15,5
	31	9	32	20,5	+24	18	23	2,400	3,371	168,4	14,5	15,5
Février	10	9	28	57,7	+25	41	54	2,396	3,370	168,9	14,5	15,5
	20	9	25	34,2	+26	56	23	2,421	3,371	161,0	14,6	15,5
Mars	2	9	22	49,2	+27	57	30	2,474	3,375	151,1	14,6	15,5
	12	9	21	16,0	+28	42	53	2,550	3,382	141,1	14,7	15,6
	22	9	21	17,0	+29	11	53	2,648	3,391	131,5	14,8	15,7
Avril	1	9	23	5,7	+29	24	59	2,764	3,403	122,2	14,9	15,8
	11	9	26	43,8	+29	23	33	2,893	3,417	113,4	15,0	15,9
	21	9	32	5,8	+29	9	13	3,032	3,434	105,1	15,1	16,0
Mai	1	9	39	2,5	+28	43	31	3,178	3,453	97,3	15,3	16,1
	11	9	47	21,1	+28	7	59	3,329	3,475	89,8	15,4	16,3
	21	9	56	48,5	+27	23	56	3,482	3,499	82,6	15,5	16,4
	31	10	7	13,2	+26	32	30	3,634	3,525	75,8	15,6	16,5
Juin	10	10	18	23,0	+25	34	50	3,784	3,553	69,2	15,8	16,6
	20	10	30	8,5	+24	31	51	3,931	3,584	62,8	15,9	16,7
	30	10	42	21,4	+23	24	30	4,073	3,616	56,7	16,0	16,8
Juillet	10	10	54	54,1	+22	13	43	4,209	3,650	50,7	16,1	16,9
	20	11	7	41,1	+21	0	17	4,338	3,687	44,8	16,2	17,0
	30	11	20	37,6	+19	45	6	4,457	3,725	39,1	16,3	17,0
Août	9	11	33	39,0	+18	29	0	4,568	3,765	33,5	16,4	17,1
	19	11	46	42,4	+17	12	44	4,668	3,806	28,2	16,5	17,2
	29	11	59	44,7	+15	57	11	4,756	3,849	23,3	16,6	17,3
Septembre	8	12	12	43,0	+14	43	8	4,832	3,894	19,0	16,7	17,3
	18	12	25	35,1	+13	31	20	4,896	3,940	16,0	16,8	17,4
	28	12	38	18,3	+12	22	39	4,946	3,987	15,2	16,8	17,4
Octobre	8	12	50	49,9	+11	17	48	4,982	4,036	16,9	16,9	17,5
	18	13	3	7,2	+10	17	34	5,003	4,085	20,6	17,0	17,5
	28	13	15	6,7	+9	22	43	5,010	4,136	25,7	17,0	17,5
Novembre	7	13	26	44,9	+8	33	58	5,002	4,188	31,5	17,1	17,5
	17	13	37	57,6	+7	51	59	4,980	4,242	37,8	17,1	17,6
	27	13	48	39,6	+7	17	29	4,944	4,296	44,5	17,2	17,6
Décembre	7	13	58	46,0	+6	50	57	4,895	4,351	51,5	17,2	17,6
	17	14	8	10,7	+6	32	55	4,835	4,407	58,8	17,2	17,6
	27	14	16	46,7	+6	23	45	4,765	4,463	66,4	17,3	17,6

Opposition le 6 février à 5 h 52 min 43 s UTC.

Conjonction supérieure le 27 septembre à 5 h 10 min 41 s UTC.

Passage au périhélie le 9 février à 5 h 35 min 46 s UTC.

C/2020 V2 ZTF

Mois	Jour	α			δ			Distance	Distance	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	à la Terre au	au Soleil au			
Janvier	1	2	20	41,6	+ 80	58	19	2,068	2,657	116,5	10,1	12,3
	11	1	37	15,4	+ 72	49	37	2,069	2,598	111,6	10,0	12,2
	21	1	28	31,3	+ 64	46	37	2,122	2,543	103,8	10,0	12,2
	31	1	29	9,8	+ 57	28	36	2,216	2,491	94,2	10,0	12,3
Février	10	1	33	31,4	+ 51	10	3	2,339	2,443	84,0	10,0	12,4
	20	1	39	41,5	+ 45	51	50	2,480	2,398	73,7	10,1	12,5
Mars	2	1	46	49,9	+ 41	28	1	2,626	2,359	63,6	10,1	12,5
	12	1	54	29,3	+ 37	49	36	2,768	2,324	53,8	10,2	12,6
	22	2	2	25,1	+ 34	47	32	2,898	2,294	44,3	10,2	12,7
Avril	1	2	10	27,1	+ 32	13	42	3,011	2,269	35,2	10,2	12,8
	11	2	18	27,1	+ 30	0	59	3,103	2,250	26,4	10,3	12,8
	21	2	26	20,0	+ 28	3	30	3,169	2,237	18,2	10,3	12,8
Mai	1	2	33	59,8	+ 26	16	13	3,208	2,229	11,5	10,3	12,9
	11	2	41	20,7	+ 24	34	39	3,218	2,228	9,5	10,3	12,9
	21	2	48	17,4	+ 22	54	54	3,199	2,232	14,4	10,3	12,9
	31	2	54	42,3	+ 21	13	1	3,151	2,243	22,0	10,3	12,8
Juin	10	3	0	27,2	+ 19	25	3	3,075	2,259	30,4	10,3	12,8
	20	3	5	22,2	+ 17	26	50	2,974	2,281	39,3	10,2	12,7
	30	3	9	13,5	+ 15	13	23	2,850	2,308	48,6	10,2	12,7
Juillet	10	3	11	44,7	+ 12	39	3	2,708	2,340	58,3	10,1	12,6
	20	3	12	34,8	+ 9	37	3	2,552	2,378	68,6	10,1	12,5
	30	3	11	15,3	+ 5	59	24	2,390	2,420	79,5	10,0	12,4
Août	9	3	7	13,0	+ 1	37	48	2,230	2,466	91,0	9,9	12,3
	19	2	59	46,2	- 3	34	54	2,083	2,516	103,3	9,9	12,2
	29	2	48	8,4	- 9	40	5	1,962	2,570	115,9	9,8	12,1
Septembre	8	2	31	39,9	- 16	26	54	1,882	2,627	128,1	9,8	12,1
	18	2	10	1,3	- 23	27	1	1,855	2,687	137,9	9,9	12,1
	28	1	43	46,7	- 29	57	24	1,889	2,749	142,0	10,1	12,2
Octobre	8	1	14	43,0	- 35	17	27	1,984	2,814	138,8	10,3	12,3
	18	0	45	34,5	- 39	6	27	2,133	2,882	130,5	10,5	12,5
	28	0	19	10,5	- 41	27	52	2,322	2,951	120,3	10,8	12,8
Novembre	7	23	57	21,6	- 42	40	22	2,541	3,022	109,7	11,1	13,0
	17	23	40	45,6	- 43	5	17	2,776	3,094	99,3	11,4	13,3
	27	23	29	7,6	- 43	0	32	3,020	3,168	89,5	11,7	13,5
Décembre	7	23	21	45,1	- 42	38	53	3,263	3,243	80,2	12,0	13,7
	17	23	17	52,2	- 42	8	36	3,499	3,320	71,4	12,2	13,9
	27	23	16	45,9	- 41	35	8	3,724	3,397	63,2	12,4	14,1

Conjonction supérieure le 6 mai à 1 h 43 min 19 s UTC.

Opposition le 1^{er} octobre à 6 h 26 min 14 s UTC.

Passage au périhélie le 8 mai à 13 h 14 min 33 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 25 avril à 8 h 40 min 16 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 21 mai à 22 h 19 min 57 s UTC.

C/2021 C5 PANSTARRS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	14	32	16,3	-60	19	3	3,700	3,266	56,7	16,5	
	11	14	59	24,8	-63	0	15	3,631	3,255	60,2	16,5	
	21	15	29	10,1	-65	30	22	3,563	3,248	63,6	16,4	
	31	16	1	41,8	-67	46	14	3,496	3,244	67,2	16,4	
Février	10	16	36	58,6	-69	44	53	3,431	3,242	70,7	16,3	
	20	17	14	37,1	-71	24	20	3,367	3,243	74,4	16,3	
Mars	2	17	53	41,3	-72	43	43	3,304	3,247	78,1	16,2	
	12	18	32	49,7	-73	43	53	3,242	3,254	81,9	16,2	
	22	19	10	23,4	-74	27	50	3,181	3,263	85,8	16,2	
Avril	1	19	44	41,1	-74	59	59	3,121	3,275	89,9	16,2	
	11	20	14	21,5	-75	25	20	3,063	3,290	94,1	16,1	
	21	20	38	20,4	-75	48	49	3,007	3,308	98,5	16,1	
Mai	1	20	55	40,1	-76	13	59	2,955	3,328	102,9	16,1	
	11	21	5	27,3	-76	42	17	2,907	3,351	107,4	16,1	
	21	21	6	36,9	-77	12	38	2,866	3,376	111,8	16,1	
	31	20	58	2,9	-77	40	7	2,834	3,403	116,1	16,1	
Juin	10	20	39	29,2	-77	55	57	2,812	3,433	119,9	16,1	
	20	20	12	34,3	-77	48	44	2,803	3,465	123,2	16,2	
	30	19	41	51,7	-77	7	44	2,810	3,499	125,4	16,2	
Juillet	10	19	13	15,1	-75	48	35	2,835	3,536	126,5	16,3	
	20	18	50	50,4	-73	54	31	2,879	3,574	126,2	16,4	
	30	18	35	55,0	-71	33	37	2,942	3,614	124,4	16,5	
Août	9	18	27	45,1	-68	55	30	3,027	3,656	121,2	16,6	
	19	18	24	58,1	-66	8	27	3,130	3,700	116,9	16,7	
	29	18	26	17,1	-63	19	4	3,253	3,745	111,6	16,8	
Septembre	8	18	30	37,1	-60	32	8	3,392	3,792	105,8	17,0	
	18	18	37	10,3	-57	50	36	3,545	3,840	99,4	17,1	
	28	18	45	22,2	-55	16	18	3,709	3,889	92,8	17,3	
Octobre	8	18	54	45,3	-52	49	59	3,882	3,940	86,0	17,4	
	18	19	5	0,6	-50	31	41	4,061	3,993	79,0	17,6	
	28	19	15	53,1	-48	21	6	4,241	4,046	72,0	17,7	
Novembre	7	19	27	10,1	-46	17	38	4,421	4,100	64,9	17,9	
	17	19	38	43,0	-44	20	34	4,597	4,156	57,8	18,0	
	27	19	50	23,5	-42	29	15	4,766	4,212	50,8	18,2	
Décembre	7	20	2	4,8	-40	43	2	4,926	4,269	43,8	18,3	
	17	20	13	41,8	-39	1	21	5,074	4,327	36,9	18,4	
	27	20	25	9,1	-37	23	49	5,208	4,386	30,2	18,5	

Opposition le 1^{er} juillet à 13 h 31 min 24 s UTC.

Passage au périhélie le 11 février à 1 h 52 min 09 s UTC.

C/2019 US PANSTARRS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	13	51	33,3	+3	42	7	3,825	3,710	75,9	13,3	14,4
	11	13	48	36,9	+2	49	44	3,626	3,692	86,1	13,1	14,3
	21	13	43	29,3	+2	2	28	3,424	3,676	97,0	13,0	14,2
	31	13	35	44,8	+1	20	8	3,227	3,662	108,5	12,8	14,0
Février	10	13	25	1,4	+0	42	15	3,044	3,650	120,9	12,7	13,9
	20	13	11	4,6	+0	8	27	2,883	3,640	134,0	12,6	13,8
Mars	2	12	53	56,9	-0	21	47	2,755	3,633	147,9	12,5	13,7
	12	12	34	8,2	-0	49	13	2,668	3,628	162,5	12,4	13,6
	22	12	12	37,1	-1	14	32	2,629	3,625	177,4	12,4	13,6
Avril	1	11	50	46,4	-1	38	49	2,642	3,624	167,6	12,4	13,6
	11	11	30	3,1	-2	3	18	2,705	3,626	153,0	12,4	13,6
	21	11	11	35,8	-2	29	10	2,811	3,630	139,0	12,5	13,7
Mai	1	10	56	6,4	-2	57	43	2,953	3,636	125,9	12,6	13,8
	11	10	43	46,5	-3	29	54	3,121	3,644	113,6	12,7	14,0
	21	10	34	27,8	-4	6	24	3,306	3,655	102,1	12,9	14,1
	31	10	27	51,6	-4	47	49	3,499	3,667	91,5	13,0	14,2
Juin	10	10	23	33,6	-5	34	26	3,693	3,682	81,5	13,2	14,3
	20	10	21	10,6	-6	26	25	3,882	3,699	72,1	13,3	14,5
	30	10	20	21,4	-7	24	0	4,062	3,718	63,3	13,4	14,6
Juillet	10	10	20	46,3	-8	27	13	4,229	3,739	55,0	13,5	14,7
	20	10	22	9,7	-9	36	11	4,378	3,763	47,2	13,6	14,8
	30	10	24	17,2	-10	51	1	4,508	3,788	40,0	13,7	14,8
Août	9	10	26	56,2	-12	11	46	4,617	3,815	33,6	13,8	14,9
	19	10	29	56,2	-13	38	37	4,704	3,843	28,4	13,9	15,0
	29	10	33	6,6	-15	11	42	4,767	3,874	24,9	13,9	15,0
Septembre	8	10	36	17,6	-16	51	8	4,806	3,906	23,8	14,0	15,0
	18	10	39	19,9	-18	37	9	4,823	3,940	25,6	14,0	15,1
	28	10	42	2,6	-20	29	51	4,816	3,976	29,6	14,1	15,1
Octobre	8	10	44	15,1	-22	29	16	4,788	4,013	35,2	14,1	15,1
	18	10	45	45,0	-24	35	30	4,740	4,051	41,7	14,1	15,1
	28	10	46	17,7	-26	48	13	4,676	4,091	48,9	14,1	15,1
Novembre	7	10	45	37,5	-29	6	53	4,597	4,132	56,4	14,1	15,1
	17	10	43	25,6	-31	30	32	4,508	4,175	64,3	14,1	15,1
	27	10	39	20,5	-33	57	13	4,412	4,219	72,3	14,1	15,0
Décembre	7	10	33	0,2	-36	24	9	4,316	4,264	80,4	14,1	15,0
	17	10	24	1,6	-38	47	10	4,224	4,310	88,4	14,1	15,0
	27	10	12	6,9	-41	0	24	4,141	4,358	96,1	14,1	15,0

Opposition le 23 mars à 18 h 23 min 12 s UTC.

Conjonction supérieure le 11 septembre à 7 h 18 min 08 s UTC.

Passage au périhélie le 29 mars à 19 h 58 min 14 s UTC.

C/2021 T4 LEMMON

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	0	37	14,8	-13	46	23	3,059	3,101	83,3	14,7	
	11	0	30	10,9	-13	44	18	3,158	3,001	71,9	14,6	
	21	0	25	27,0	-13	32	11	3,246	2,902	61,1	14,5	
	31	0	22	42,9	-13	13	13	3,317	2,802	50,9	14,4	
Février	10	0	21	37,2	-12	50	6	3,366	2,702	41,1	14,3	
	20	0	21	51,2	-12	24	52	3,389	2,603	32,0	14,1	
Mars	2	0	23	8,2	-11	59	22	3,381	2,504	23,6	13,9	
	12	0	25	12,5	-11	35	17	3,342	2,407	16,6	13,7	
	22	0	27	51,3	-11	14	6	3,269	2,310	13,1	13,5	
Avril	1	0	30	51,9	-10	57	32	3,163	2,215	15,3	13,3	
	11	0	34	2,2	-10	47	31	3,023	2,122	21,5	13,0	
	21	0	37	10,5	-10	46	20	2,849	2,032	29,2	12,7	
Mai	1	0	40	2,5	-10	57	18	2,643	1,945	37,6	12,3	
	11	0	42	20,9	-11	24	58	2,408	1,863	46,5	11,9	
	21	0	43	42,1	-12	16	27	2,145	1,785	55,8	11,5	
	31	0	43	25,9	-13	43	48	1,859	1,713	65,8	11,0	
Juin	10	0	40	21,2	-16	8	32	1,554	1,649	76,7	10,4	
	20	0	31	54,6	-20	13	36	1,240	1,594	89,3	9,8	
	30	0	11	19,0	-27	30	56	0,932	1,548	105,1	9,1	
Juillet	10	23	14	56,2	-40	52	25	0,668	1,514	126,7	8,2	
	20	20	12	52,1	-55	46	7	0,542	1,492	144,9	7,7	
	30	16	40	7,1	-45	34	35	0,646	1,483	125,0	8,1	
Août	9	15	30	24,4	-32	1	57	0,899	1,488	102,0	8,8	
	19	15	5	55,4	-24	17	6	1,200	1,506	85,4	9,5	
	29	14	55	53,8	-19	48	3	1,506	1,537	72,2	10,1	
Septembre	8	14	52	1,4	-16	59	28	1,802	1,579	60,8	10,6	
	18	14	51	20,4	-15	6	18	2,076	1,631	50,4	11,0	
	28	14	52	30,2	-13	45	32	2,324	1,693	40,6	11,4	
Octobre	8	14	54	47,7	-12	44	19	2,541	1,763	31,1	11,8	
	18	14	57	47,7	-11	54	55	2,725	1,839	22,0	12,1	
	28	15	1	11,2	-11	11	57	2,873	1,920	13,4	12,4	
Novembre	7	15	4	43,3	-10	31	35	2,985	2,006	7,1	12,7	
	17	15	8	11,1	-9	50	43	3,062	2,095	10,0	13,0	
	27	15	11	20,6	-9	6	34	3,103	2,187	18,2	13,2	
Décembre	7	15	13	57,9	-8	16	38	3,110	2,281	27,5	13,4	
	17	15	15	47,6	-7	18	22	3,086	2,377	37,2	13,5	
	27	15	16	31,1	-6	9	2	3,033	2,475	47,3	13,7	

Conjonction supérieure le 23 mars à 4 h 13 min 37 s UTC.

Opposition le 19 juillet à 4 h 00 min 31 s UTC.

Conjonction supérieure le 9 novembre à 22 h 38 min 51 s UTC.

Passage au périhélie le 31 juillet à 12 h 14 min 17 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 15 mars à 3 h 11 min 08 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 31 mars à 6 h 34 min 48 s UTC.

Début de la période d'invisibilité le 26 octobre à 0 h 18 min 12 s UTC.

Fin de la période d'invisibilité le 23 novembre à 8 h 29 min 26 s UTC.

C/2021 Y1 ATLAS

Mois	Jour	α			δ			Distance	Distance	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	à la Terre au	au Soleil au			
Janvier	1	3	32	50,5	-3	11	53	1,762	2,478	126,7	12,9	14,5
	11	3	23	31,3	-6	45	59	1,844	2,414	113,8	12,8	14,5
	21	3	17	42,0	-9	38	36	1,940	2,354	102,2	12,8	14,6
	31	3	15	17,4	-11	55	45	2,043	2,297	91,9	12,9	14,6
Février	10	3	15	59,7	-13	45	41	2,145	2,245	82,7	12,9	14,7
	20	3	19	28,9	-15	16	5	2,240	2,197	74,7	12,9	14,8
Mars	2	3	25	27,2	-16	33	50	2,323	2,155	67,9	12,9	14,8
	12	3	33	38,3	-17	44	52	2,393	2,118	62,1	12,8	14,8
	22	3	43	50,7	-18	53	45	2,447	2,088	57,5	12,8	14,8
Avril	1	3	55	57,7	-20	4	34	2,485	2,064	54,0	12,8	14,8
	11	4	9	54,3	-21	20	42	2,508	2,046	51,8	12,8	14,8
	21	4	25	41,1	-22	44	46	2,516	2,036	50,8	12,8	14,8
Mai	1	4	43	21,1	-24	19	13	2,513	2,032	50,8	12,8	14,8
	11	5	2	59,3	-26	5	38	2,500	2,036	51,8	12,8	14,8
	21	5	24	44,4	-28	4	42	2,482	2,047	53,4	12,8	14,8
	31	5	48	45,3	-30	16	22	2,463	2,065	55,5	12,8	14,8
Juin	10	6	15	10,1	-32	38	45	2,447	2,090	57,7	12,8	14,8
	20	6	44	6,2	-35	8	24	2,440	2,121	59,9	12,9	14,9
	30	7	15	33,2	-37	40	21	2,445	2,158	61,7	13,0	14,9
Juillet	10	7	49	21,5	-40	7	57	2,467	2,200	63,0	13,1	15,0
	20	8	25	10,3	-42	24	24	2,507	2,248	63,6	13,2	15,0
	30	9	2	23,4	-44	23	51	2,568	2,301	63,4	13,4	15,1
Août	9	9	40	13,9	-46	2	6	2,649	2,357	62,4	13,5	15,3
	19	10	17	52,3	-47	17	57	2,748	2,418	60,6	13,7	15,4
	29	10	54	31,0	-48	12	37	2,862	2,482	58,2	13,9	15,5
Septembre	8	11	29	33,6	-48	48	49	2,989	2,550	55,1	14,1	15,7
	18	12	2	38,3	-49	10	24	3,123	2,620	51,6	14,3	15,9
	28	12	33	33,8	-49	21	6	3,261	2,692	47,8	14,6	16,0
Octobre	8	13	2	19,1	-49	24	2	3,399	2,766	43,9	14,8	16,2
	18	13	28	59,7	-49	21	53	3,532	2,843	40,0	15,0	16,3
	28	13	53	42,0	-49	16	33	3,658	2,920	36,5	15,2	16,4
Novembre	7	14	16	34,1	-49	9	18	3,774	3,000	33,7	15,3	16,6
	17	14	37	43,2	-49	1	9	3,876	3,080	31,8	15,5	16,7
	27	14	57	13,5	-48	52	40	3,962	3,161	31,3	15,7	16,8
Décembre	7	15	15	8,7	-48	44	13	4,031	3,244	32,5	15,8	16,9
	17	15	31	29,9	-48	36	10	4,082	3,326	35,2	16,0	17,0
	27	15	46	15,1	-48	28	36	4,113	3,410	39,3	16,1	17,0

Conjonction supérieure le 16 novembre à 0 h 47 min 49 s UTC.

Passage au périhélie le 30 avril à 16 h 46 min 42 s UTC.

C/2022 A2 PANSTARRS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	15	36	5,0	+47	59	56	1,695	1,845	82,5	13,2	
	11	16	41	21,3	+53	48	30	1,625	1,805	83,7	13,1	
	21	18	3	31,2	+57	43	16	1,617	1,774	82,1	13,0	
	31	19	31	26,3	+58	40	48	1,667	1,752	78,1	13,0	
Février	10	20	48	11,5	+57	5	10	1,763	1,739	72,3	13,1	
	20	21	46	56,8	+54	14	17	1,891	1,735	65,6	13,2	
Mars	2	22	30	22,6	+51	9	45	2,035	1,742	58,8	13,4	
	12	23	3	3,5	+48	20	16	2,182	1,758	52,2	13,6	
	22	23	28	30,4	+45	54	49	2,322	1,784	46,2	13,8	
Avril	1	23	48	56,7	+43	53	31	2,447	1,818	41,2	14,0	
	11	0	5	44,7	+42	12	59	2,552	1,861	37,5	14,2	
	21	0	19	45,6	+40	49	25	2,634	1,911	35,7	14,4	
Mai	1	0	31	28,0	+39	38	56	2,691	1,967	36,0	14,5	
	11	0	41	8,2	+38	37	44	2,722	2,029	38,4	14,7	
	21	0	48	53,3	+37	42	34	2,726	2,097	42,7	14,8	
	31	0	54	41,8	+36	49	57	2,704	2,169	48,4	15,0	
Juin	10	0	58	27,7	+35	56	17	2,659	2,244	55,4	15,1	
	20	1	0	0,1	+34	57	44	2,594	2,323	63,4	15,2	
	30	0	59	3,5	+33	49	27	2,511	2,405	72,3	15,2	
Juillet	10	0	55	22,2	+32	25	45	2,416	2,489	82,0	15,3	
	20	0	48	41,3	+30	39	54	2,316	2,574	92,8	15,4	
	30	0	38	52,4	+28	24	2	2,219	2,662	104,5	15,4	
Août	9	0	26	3,3	+25	31	2	2,133	2,750	117,3	15,5	
	19	0	10	41,2	+21	56	30	2,071	2,840	131,0	15,6	
	29	23	53	39,9	+17	42	40	2,042	2,930	145,4	15,7	
Septembre	8	23	36	13,0	+13	1	13	2,057	3,021	159,4	15,8	
	18	23	19	37,0	+8	11	26	2,122	3,113	168,5	16,0	
	28	23	4	58,3	+3	34	53	2,236	3,205	162,2	16,2	
Octobre	8	22	52	57,9	-0	31	51	2,396	3,297	149,7	16,5	
	18	22	43	51,8	-4	0	27	2,594	3,389	136,8	16,8	
	28	22	37	38,1	-6	49	40	2,822	3,482	124,4	17,1	
Novembre	7	22	34	1,2	-9	2	52	3,071	3,574	112,8	17,4	
	17	22	32	41,3	-10	45	11	3,334	3,666	101,8	17,7	
	27	22	33	17,7	-12	2	0	3,603	3,758	91,4	18,0	
Décembre	7	22	35	29,6	-12	58	21	3,873	3,850	81,4	18,2	
	17	22	38	59,6	-13	38	23	4,137	3,942	71,8	18,5	
	27	22	43	31,9	-14	5	39	4,391	4,034	62,6	18,7	

Conjonction inférieure le 25 janvier à 3 h 51 min 00 s UTC.

Conjonction supérieure le 11 avril à 14 h 40 min 42 s UTC.

Opposition le 17 septembre à 16 h 04 min 30 s UTC.

Passage au périhélie le 18 février à 6 h 39 min 45 s UTC.

C/2022 A3 LEMMON-ATLAS

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	10	19	46,3	+ 0	35	38	3,789	4,401	122,9	17,0	
	11	10	11	13,9	- 0	45	41	3,614	4,356	134,0	16,9	
	21	10	0	40,9	- 2	3	2	3,468	4,311	145,0	16,7	
	31	9	48	23,8	- 3	14	28	3,355	4,268	154,9	16,6	
Février	10	9	34	53,7	- 4	18	15	3,280	4,226	161,1	16,5	
	20	9	20	52,2	- 5	12	58	3,245	4,185	159,3	16,4	
Mars	2	9	7	7,6	- 5	58	10	3,249	4,145	151,2	16,4	
	12	8	54	25,7	- 6	34	44	3,289	4,107	140,7	16,4	
	22	8	43	21,6	- 7	4	23	3,360	4,070	129,8	16,4	
Avril	1	8	34	18,4	- 7	29	40	3,454	4,035	119,0	16,4	
	11	8	27	24,7	- 7	53	18	3,566	4,001	108,7	16,5	
	21	8	22	39,0	- 8	17	41	3,687	3,969	98,9	16,5	
Mai	1	8	19	53,6	- 8	45	3	3,813	3,938	89,7	16,5	
	11	8	18	55,8	- 9	17	9	3,937	3,909	81,0	16,6	
	21	8	19	32,3	- 9	55	19	4,055	3,882	73,0	16,6	
	31	8	21	30,0	- 10	40	44	4,164	3,856	65,6	16,6	
Juin	10	8	24	35,6	- 11	34	17	4,260	3,833	58,8	16,7	
	20	8	28	38,0	- 12	36	39	4,341	3,811	52,6	16,7	
	30	8	33	26,8	- 13	48	37	4,407	3,791	47,3	16,7	
Juillet	10	8	38	52,3	- 15	10	42	4,455	3,773	42,8	16,7	
	20	8	44	46,6	- 16	43	32	4,486	3,757	39,5	16,7	
	30	8	51	1,7	- 18	27	45	4,499	3,743	37,4	16,7	
Août	9	8	57	30,2	- 20	23	53	4,495	3,731	36,7	16,7	
	19	9	4	5,4	- 22	32	35	4,475	3,721	37,4	16,6	
	29	9	10	39,6	- 24	54	28	4,439	3,714	39,3	16,6	
Septembre	8	9	17	5,2	- 27	30	0	4,391	3,708	42,3	16,6	
	18	9	23	14,0	- 30	19	46	4,332	3,705	46,0	16,5	
	28	9	28	55,1	- 33	24	2	4,263	3,704	50,3	16,5	
Octobre	8	9	33	56,6	- 36	42	46	4,189	3,704	54,8	16,5	
	18	9	38	2,6	- 40	15	44	4,111	3,707	59,6	16,4	
	28	9	40	51,7	- 44	1	49	4,034	3,713	64,3	16,4	
Novembre	7	9	41	56,2	- 47	59	9	3,960	3,720	68,9	16,4	
	17	9	40	36,4	- 52	4	47	3,893	3,729	73,2	16,3	
	27	9	35	56,3	- 56	13	55	3,836	3,741	77,1	16,3	
Décembre	7	9	26	38,2	- 60	19	54	3,791	3,754	80,4	16,3	
	17	9	10	53,3	- 64	13	19	3,760	3,770	83,1	16,3	
	27	8	46	30,0	- 67	41	1	3,744	3,788	85,0	16,3	

Opposition le 15 février à 4 h 59 min 45 s UTC.

Conjonction supérieure le 20 août à 20 h 56 min 03 s UTC.

Passage au périhélie le 28 septembre à 20 h 45 min 44 s UTC.

C/2022 E3 ZTF

Mois	Jour	α			δ			Distance à la Terre	Distance au Soleil	Élongation	m_1	m_2
		h	min	s	°	'	"	au	au	°		
Janvier	1	15	53	4,4	+31	4	47	1,039	1,129	67,8	7,8	10,9
	11	15	49	18,4	+37	11	54	0,758	1,113	78,3	7,0	10,2
	21	15	32	43,0	+51	13	4	0,479	1,120	93,5	6,1	9,2
	31	8	44	48,0	+79	20	25	0,290	1,151	118,3	5,1	8,2
Février	10	4	50	34,5	+29	25	15	0,395	1,203	114,0	5,9	8,9
	20	4	38	56,4	+8	52	59	0,667	1,271	98,4	7,3	10,2
Mars	2	4	38	30,9	+0	48	52	0,968	1,354	87,5	8,4	11,1
	12	4	41	33,8	-3	19	30	1,266	1,447	78,6	9,3	11,9
	22	4	46	24,0	-5	51	54	1,552	1,548	71,0	10,0	12,5
Avril	1	4	52	24,6	-7	39	15	1,822	1,654	64,2	10,6	13,0
	11	4	59	13,8	-9	4	30	2,073	1,764	58,2	11,2	13,4
	21	5	6	39,4	-10	19	30	2,303	1,876	52,9	11,7	13,7
Mai	1	5	14	31,8	-11	31	30	2,511	1,990	48,4	12,1	14,1
	11	5	22	42,0	-12	45	2	2,697	2,105	44,8	12,5	14,3
	21	5	31	3,7	-14	3	11	2,861	2,220	42,4	12,9	14,6
	31	5	39	30,1	-15	28	30	3,003	2,336	41,1	13,2	14,8
Juin	10	5	47	54,3	-17	2	43	3,124	2,451	41,0	13,5	15,0
	20	5	56	10,6	-18	47	18	3,225	2,565	42,2	13,8	15,1
	30	6	4	11,7	-20	43	36	3,308	2,679	44,5	14,0	15,3
Juillet	10	6	11	50,1	-22	52	28	3,374	2,793	47,7	14,3	15,4
	20	6	18	58,2	-25	14	42	3,425	2,905	51,6	14,5	15,5
	30	6	25	25,5	-27	50	47	3,464	3,017	56,1	14,7	15,7
Août	9	6	31	0,9	-30	40	35	3,493	3,128	60,9	14,8	15,8
	19	6	35	31,1	-33	43	44	3,516	3,238	65,9	15,0	15,8
	29	6	38	38,1	-36	59	0	3,536	3,347	71,0	15,1	15,9
Septembre	8	6	40	1,8	-40	24	10	3,556	3,455	76,1	15,3	16,0
	18	6	39	16,3	-43	56	9	3,580	3,563	80,9	15,4	16,1
	28	6	35	49,7	-47	30	15	3,612	3,669	85,4	15,6	16,2
Octobre	8	6	29	7,1	-51	0	22	3,653	3,775	89,3	15,7	16,3
	18	6	18	29,7	-54	19	0	3,707	3,880	92,5	15,9	16,3
	28	6	3	25,8	-57	17	1	3,775	3,983	94,8	16,0	16,4
Novembre	7	5	43	46,6	-59	44	57	3,860	4,087	96,2	16,2	16,5
	17	5	20	3,3	-61	34	0	3,960	4,189	96,5	16,4	16,7
	27	4	53	47,0	-62	38	6	4,075	4,290	95,9	16,5	16,8
Décembre	7	4	27	13,8	-62	56	19	4,204	4,391	94,4	16,7	16,9
	17	4	2	44,4	-62	32	53	4,345	4,491	92,2	16,9	17,0
	27	3	42	1,7	-61	36	9	4,495	4,590	89,3	17,0	17,1

Opposition le 28 janvier à 10 h 23 min 36 s UTC.

Conjonction supérieure le 20 juin à 22 h 15 min 49 s UTC.

Opposition le 14 novembre à 12 h 42 min 37 s UTC.

Passage au périhélie le 12 janvier à 18 h 57 min 17 s UTC.

Éléments elliptiques pour le 1^{er} juillet 2023 à 0 h TT (jour julien : 2460126,5)

Comète	τ	ω	Ω	i	e	q
	JJ	°	°	°		au
39P/Oterma	2460137,50367	103,13597	295,94574	1,54739	0,2102125	5,7071337
P/2004 V3 P/Siding Spring	2460271,46008	322,52888	356,12555	50,44486	0,4457144	3,9499389
P/2005 E1 P/Tubbiolo	2460222,17157	194,01484	335,37064	4,25769	0,3761289	4,4050725
199P/Shoemaker 4	2460164,83883	191,77733	92,34811	24,93729	0,5052607	2,9103474
P/2008 L2 P/Hill	2460075,45996	141,25306	218,01178	25,87021	0,6140638	2,3299259
126P/IRAS	2460130,79699	356,59283	357,87182	45,87562	0,6965234	1,7105243
404P/Bressi	2460251,73654	169,23949	260,06224	9,78308	0,1287529	4,1326718
256P/LINEAR	2460015,72777	124,18946	81,32786	27,62042	0,4179752	2,7002972
121P/Shoemaker-Holt 2	2460124,26359	11,66186	94,11525	20,16458	0,1862504	3,7302855
P/2012 WA34 P/Lemmon-PANSTARRS	2460134,31760	356,64546	93,55377	6,08274	0,3434334	3,0712927
280P/Larsen	2460161,14526	104,72517	131,38376	11,77207	0,4171495	2,6401967
281P/MOSS	2459978,60468	26,82371	87,18495	4,71795	0,1731390	4,0345654
285P/LINEAR	2459956,71508	178,40203	185,50504	25,03771	0,6186680	1,7191011
287P/Christensen	2460131,70951	189,13105	139,04028	16,32206	0,2712600	3,0342259
291P/NEAT	2460068,67099	173,52315	237,66198	6,30889	0,4346063	2,5650583
P/2014 A3 P/PANSTARRS	2460057,18325	214,17799	229,97884	13,71759	0,2464110	3,4716883
P/2013 YG46 P/Spacewatch	2459950,97602	242,63717	48,83186	7,85753	0,4547569	1,7858077
72P/Denning-Fujikawa	2460110,91387	346,73452	26,70264	10,94863	0,8186785	0,7809903
170P/Christensen	2460054,08996	225,38411	142,87577	10,11344	0,3059184	2,9237542
310P/Hill	2460241,33765	31,65676	8,92273	13,12617	0,4228467	2,4165223
P/2014 W1 P/PANSTARRS	2460297,38100	152,09000	246,20674	8,83619	0,3898480	2,7281949
237P/LINEAR	2460079,19009	25,26281	245,35963	14,01671	0,4339702	1,9870443
180P/NEAT	2460137,70582	94,66824	84,56546	16,85997	0,3534293	2,5008080
77P/Longmore	2460037,59808	196,72473	14,76773	24,31855	0,3518354	2,3487480
P/2015 T3 P/PANSTARRS	2460067,04338	196,70558	119,86467	12,23657	0,4666127	2,1549643
326P/Hill	2460308,95898	278,64097	99,80842	2,47104	0,3184984	2,7695528
94P/Russell 4	2460085,56988	92,41665	70,85411	6,18765	0,3655276	2,2270663
279P/La Sagra	2460054,04064	5,84617	346,22910	5,05113	0,3992485	2,1480809
339P/Gibbs	2460187,44787	27,46270	172,72317	5,73329	0,6356796	1,3482709
226P/Pigott-LINEAR-Kowalski	2460305,76737	341,07905	54,01310	44,04445	0,5290339	1,7737316
347P/PANSTARRS	2460145,55273	98,43271	261,01442	11,75376	0,3863769	2,2125093
225P/LINEAR	2460164,55503	3,91407	14,20444	21,36672	0,6385524	1,3188001
71P/Clark	2459967,33877	209,07631	59,39606	9,44049	0,4937201	1,5889986
213P/Van Ness	2460260,40978	5,75373	311,27329	10,38098	0,4081128	1,9802143
96P/Machholz 1	2459975,59126	14,74871	93,95430	57,50908	0,9616008	0,1164157
427P/ATLAS	2460022,83703	99,97531	252,33685	11,85667	0,3150886	2,1704208
P/2017 S9 P/PANSTARRS	2460002,22591	237,51209	146,20026	14,13779	0,3054277	2,1916202
365P/PANSTARRS	2460226,88383	67,77321	86,30645	9,84471	0,5812984	1,3213787
364P/PANSTARRS	2460078,51978	212,02113	46,14790	12,13760	0,7217065	0,8012911
62P/Tsuchinshan 1	2460303,60677	47,28836	68,67655	4,73735	0,6247262	1,2647680

Éléments elliptiques pour le 1^{er} juillet 2023 à 0 h TT (jour julien : 2460126,5)

Comète	τ	ω	Ω	i	e	q
	JJ	°	°	°		au
103P/Hartley 2	2460230,01843	181,30195	219,75103	13,61029	0,6937913	1,0640934
185P/Petrew	2460138,40178	181,88822	214,11426	14,01467	0,6997428	0,9303078
P/2018 P3 P/PANSTARRS	2460305,15888	306,00263	59,16048	8,91470	0,4171158	1,7507956
263P/Gibbs	2459975,08495	35,04817	105,50564	11,52178	0,5935734	1,2362849
300P/Catalina	2460045,61372	222,95373	95,62225	5,67412	0,6917054	0,8320515
C/2019 E3 ATLAS	2460263,54440	280,68933	347,24246	84,29739	0,9994138	10,3130348
P/2019 A4 P/PANSTARRS	2460007,02800	343,05617	119,24249	13,30702	0,0871552	2,3859007
426P/PANSTARRS	2460199,91509	118,81230	280,45379	17,76455	0,1619173	2,6737105
26P/Grigg-Skjelleru	2460303,85240	2,15129	211,54135	22,43310	0,6405641	1,0838731
2P/Encke	2460240,02364	187,27797	334,02851	11,33796	0,8469656	0,3395769
358P/PANSTARRS	2460259,67316	299,77238	85,69440	11,06004	0,2392090	2,3948262
C/2020 K1 PANSTARRS	2460073,58055	213,98546	94,35620	89,67138	0,9999854	3,0732963
C/2020 S4 PANSTARRS	2459984,73727	20,99263	117,72016	20,56845	1,0014328	3,3696832
C/2020 V2 ZTF	2460073,03535	162,42186	212,37160	131,61231	1,0013178	2,2277341
C/2021 A9 PANSTARRS	2460280,19153	211,46340	314,83964	158,01697	1,0019033	7,7600477
C/2021 C5 PANSTARRS	2459986,57274	270,92362	323,67995	50,78220	0,9985525	3,2419399
C/2019 U5 PANSTARRS	2460033,30988	181,49066	2,63690	113,51916	1,0014363	3,6241269
C/2021 P2 PANSTARRS	2459967,27573	76,70054	32,08044	150,06367	0,9982089	5,0691254
C/2021 Q4 Fuls	2460106,18037	147,01160	183,33234	71,47509	1,0030203	7,5649047
C/2021 T4 Lemmon	2460157,00927	329,81625	257,88271	160,77615	0,9998842	1,4832480
P/2021 V2 P/Fuls	2459965,92164	259,83150	232,27969	12,69398	0,6141307	3,4966858
C/2021 Y1 ATLAS	2460065,20343	245,81967	244,77111	77,19012	1,0008654	2,0323750
C/2022 A2 PANSTARRS	2459993,79063	88,37523	171,58156	108,14399	1,0003966	1,7353441
C/2022 A3 Lemmon-ATLAS	2460216,36190	234,84678	325,48137	88,34480	0,9958997	3,7035450
C/2022 E3 ZTF	2459957,28822	145,81676	302,55531	109,16757	1,0002448	1,1122848
79P/Du Toit-Hartley	2460219,85512	281,76425	280,52863	3,14866	0,6193807	1,1211312

Chapitre septième

LES ÉPHÉMÉRIDES POUR LES OBSERVATIONS PHYSIQUES

1. DONNÉES POUR L'OBSERVATION DE LA SURFACE DU SOLEIL

Le Soleil tourne sur lui-même dans le sens direct autour d'un axe incliné de $82^{\circ}45'$ sur l'écliptique avec une période de 25,38 jours (rotation sidérale). Puisque la Terre tourne en un an autour du Soleil dans le sens direct, un point de la surface du Soleil ne revient dans la même position relative par rapport à la Terre qu'au bout d'une période plus longue que la précédente et égale à 27,275 3 jours (rotation synodique).

L'équateur du Soleil, qui est dans le plan perpendiculaire à l'axe de rotation passant par le centre, fait un angle de $7^{\circ}15'$ avec le plan de l'écliptique qu'il coupe en deux points. Celui de ces points par où l'on passe en venant de l'hémisphère sud vers l'hémisphère nord en longeant l'équateur solaire dans le sens direct s'appelle le *noeud ascendant*.

Un système de coordonnées héliographiques, dont le plan fondamental est le plan de l'équateur solaire est défini comme suit. Les latitudes héliographiques sont comptées à partir de ce plan positivement vers le nord. Les longitudes héliographiques sont comptées de 0° à 360° dans le sens direct (c'est-à-dire vers l'ouest sur le disque du Soleil tel qu'il est vu sur la sphère céleste géocentrique) à partir d'un méridien origine choisi comme étant le méridien du Soleil qui passait par le noeud ascendant, défini ci-dessus, le 1^{er} janvier 1854 à midi moyen de Greenwich (soit à la date julienne 2 398 220,0).

Ci-après, les tableaux donnent de 4 jours en 4 jours :

- l'angle P , angle de position de l'extrémité nord de l'axe de rotation du Soleil, mesuré positivement vers l'est à partir du point nord du disque solaire ;
- la latitude héliographique B_0 et la longitude héliographique L_0 du centre du disque solaire.

Les rotations synodiques du Soleil sont numérotées de manière continue, la première étant celle qui a commencé le 9 novembre 1853. On trouvera à la suite les époques des débuts de toutes les rotations synodiques du Soleil pour l'année en cours et pour les huit années précédentes. Au début d'une rotation, L_0 est par définition égal à zéro.

Enfin sont donnés, de 8 jours en 8 jours, la parallaxe, le demi-diamètre apparent et la distance du Soleil à la Terre.

EXEMPLE 1

Aspect du Soleil à Paris le 2 juin 2023 à 17 h UT.

En interpolant la table de l'éphéméride du chapitre 4 à l'aide des explications du chapitre 3 (exemple 4), on trouve les coordonnées du Soleil pour cet instant :

$$\alpha = 4 \text{ h } 41 \text{ min } 39 \text{ s} \quad \delta = 22^\circ 12,3'$$

Par ailleurs, le Temps sidéral à Paris (de longitude $\lambda = 9 \text{ min } 21 \text{ s}$) se calcule en utilisant l'éphéméride du chapitre 4 et les explications du chapitre 3 (exemple 1). On trouve :

$$T = 9 \text{ h } 52 \text{ min } 58 \text{ s}$$

Donc, l'angle horaire du Soleil est :

$$H = T - \alpha = 5 \text{ h } 11 \text{ min } 19 \text{ s}$$

En prenant la latitude de Paris $\varphi = 48^\circ 50'$, les formules du chapitre 2 :

$$\begin{aligned} \cos z &= \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H \\ \sin z \cdot \sin S &= \cos \varphi \cdot \sin H \end{aligned}$$

donnent la distance zénithale z du Soleil et l'angle à l'astre S entre la direction du pôle Nord de la sphère céleste et la direction du zénith :

$$z = 65,61^\circ \quad S = 44,95^\circ$$

Enfin, l'interpolation des tableaux des pages suivantes donne :

$$\begin{aligned} P &= -14,89^\circ \\ B_0 &= -0,52^\circ \\ L_0 &= 150,74^\circ \end{aligned}$$

Soleil à 0 h UTC - 2023

Mois	Jour	P	B ₀	L ₀	Mois	Jour	P	B ₀	L ₀
Janvier	1	+ 2,19	- 2,97	4,97	Juillet	4	- 1,47	+ 3,14	96,55
	5	+ 0,25	- 3,43	312,29		8	+ 0,34	+ 3,57	43,61
	9	- 1,67	- 3,88	259,61		12	+ 2,14	+ 3,98	350,67
	13	- 3,58	- 4,30	206,94		16	+ 3,92	+ 4,38	297,74
	17	- 5,46	- 4,71	154,27		20	+ 5,67	+ 4,75	244,81
	21	- 7,29	- 5,09	101,60		24	+ 7,39	+ 5,10	191,89
	25	- 9,07	- 5,44	48,94		28	+ 9,06	+ 5,44	138,98
	29	- 10,79	- 5,77	356,27					
Février	2	- 12,45	- 6,06	303,61	Août	1	+ 10,68	+ 5,74	86,07
	6	- 14,02	- 6,33	250,94		5	+ 12,24	+ 6,03	33,16
	10	- 15,52	- 6,56	198,27		9	+ 13,74	+ 6,28	340,27
	14	- 16,94	- 6,77	145,60		13	+ 15,18	+ 6,51	287,39
	18	- 18,27	- 6,93	92,93		17	+ 16,54	+ 6,71	234,51
	22	- 19,50	- 7,07	40,26		21	+ 17,83	+ 6,88	181,65
	26	- 20,64	- 7,16	347,58		25	+ 19,04	+ 7,02	128,79
						29	+ 20,17	+ 7,13	75,94
Mars	2	- 21,68	- 7,23	294,89	Septembre	2	+ 21,21	+ 7,20	23,10
	6	- 22,62	- 7,25	242,19		6	+ 22,17	+ 7,24	330,26
	10	- 23,46	- 7,24	189,49		10	+ 23,03	+ 7,25	277,44
	14	- 24,19	- 7,20	136,78		14	+ 23,80	+ 7,23	224,62
	18	- 24,81	- 7,12	84,06		18	+ 24,47	+ 7,17	171,82
	22	- 25,33	- 7,00	31,33		22	+ 25,03	+ 7,07	119,01
	26	- 25,73	- 6,85	338,58		26	+ 25,50	+ 6,95	66,22
	30	- 26,02	- 6,67	285,83		30	+ 25,85	+ 6,79	13,43
Avril	3	- 26,20	- 6,46	233,06	Octobre	4	+ 26,10	+ 6,60	320,64
	7	- 26,26	- 6,22	180,28		8	+ 26,24	+ 6,38	267,87
	11	- 26,21	- 5,95	127,49		12	+ 26,25	+ 6,12	215,10
	15	- 26,04	- 5,65	74,68		16	+ 26,15	+ 5,84	162,33
	19	- 25,75	- 5,33	21,86		20	+ 25,93	+ 5,53	109,57
	23	- 25,34	- 4,98	329,03		24	+ 25,59	+ 5,19	56,82
	27	- 24,82	- 4,61	276,19		28	+ 25,13	+ 4,82	4,06
Mai	1	- 24,18	- 4,22	223,33	Novembre	1	+ 24,53	+ 4,43	311,31
	5	- 23,42	- 3,81	170,46		5	+ 23,82	+ 4,02	258,57
	9	- 22,55	- 3,39	117,58		9	+ 22,97	+ 3,59	205,83
	13	- 21,57	- 2,95	64,69		13	+ 22,01	+ 3,14	153,09
	17	- 20,48	- 2,50	11,79		17	+ 20,92	+ 2,68	100,36
	21	- 19,29	- 2,04	318,88		21	+ 19,71	+ 2,20	47,64
	25	- 18,01	- 1,57	265,96		25	+ 18,39	+ 1,70	354,91
	29	- 16,63	- 1,09	213,04		29	+ 16,96	+ 1,20	302,19
Juin	2	- 15,16	- 0,61	160,11	Décembre	3	+ 15,44	+ 0,70	249,47
	6	- 13,62	- 0,13	107,17		7	+ 13,82	+ 0,19	196,76
	10	- 12,01	+ 0,36	54,23		11	+ 12,12	- 0,33	144,05
	14	- 10,35	+ 0,84	1,28		15	+ 10,34	- 0,84	91,35
	18	- 8,63	+ 1,32	308,34		19	+ 8,51	- 1,35	38,65
	22	- 6,87	+ 1,79	255,39		23	+ 6,63	- 1,85	345,96
	26	- 5,09	+ 2,25	202,44		27	+ 4,72	- 2,34	293,27
	30	- 3,28	+ 2,70	149,50		31	+ 2,79	- 2,82	240,58

Rotations synodiques du Soleil – 2015 à 2023

Commencement	Numéro		Commencement	Numéro		Commencement	Numéro	
2015								
Janv.	4,94	2159	Janv.	21,83	2173	Janv.	10,38	2186
Févr.	1,28	2160	Févr.	18,17	2174	Févr.	6,72	2187
Févr.	28,62	2161	Mars.	16,50	2175	Mars.	6,06	2188
Mars.	27,93	2162	Avril.	12,79	2176	Avril.	2,36	2189
Avril.	24,20	2163	Mai.	10,03	2177	Avril.	29,63	2190
Mai.	21,43	2164	Juin.	6,25	2178	Mai.	26,85	2191
Juin.	17,64	2165	Juill.	3,44	2179	Juin.	23,05	2192
Juill.	14,84	2166	Juill.	30,65	2180	Juill.	20,25	2193
Août.	11,05	2167	Août.	26,88	2181	Août.	16,47	2194
Sept.	7,30	2168	Sept.	23,15	2182	Sept.	12,73	2195
Oct.	4,57	2169	Oct.	20,43	2183	Oct.	10,00	2196
Oct.	31,86	2170	Nov.	16,73	2184	Nov.	6,30	2197
Nov.	28,17	2171	Déc.	14,05	2185	Déc.	3,61	2198
Déc.	25,49	2172				Déc.	30,94	2199
<hr/>								
2016								
Janv.	27,27	2200	Janv.	16,83	2213	Janv.	6,38	2226
Févr.	23,61	2201	Févr.	13,17	2214	Févr.	2,72	2227
Mars.	22,93	2202	Mars.	12,50	2215	Mars.	1,06	2228
Avril.	19,22	2203	Avril.	8,80	2216	Mars.	28,37	2229
Mai.	16,45	2204	Mai.	6,05	2217	Avril.	24,64	2230
Juin.	12,66	2205	Juin.	2,27	2218	Mai.	21,87	2231
Juill.	9,86	2206	Juin.	29,47	2219	Juin.	18,07	2232
Août.	6,07	2207	Juill.	26,67	2220	Juill.	15,27	2233
Sept.	2,31	2208	Août.	22,90	2221	Août.	11,49	2234
Sept.	29,58	2209	Sept.	19,15	2222	Sept.	7,74	2235
Oct.	26,87	2210	Oct.	16,44	2223	Oct.	5,01	2236
Nov.	23,17	2211	Nov.	12,74	2224	Nov.	1,30	2237
Déc.	20,49	2212	Déc.	10,05	2225	Nov.	28,61	2238
<hr/>								
2017								
Janv.	22,27	2240	Janv.	11,82	2253	Janv.	1,38	2266
Févr.	18,61	2241	Févr.	8,17	2254	Janv.	28,72	2267
Mars.	17,94	2242	Mars.	7,50	2255	Févr.	25,06	2268
Avril.	14,23	2243	Avril.	3,81	2256	Mars.	24,38	2269
Mai.	11,47	2244	Mai.	1,07	2257	Avril.	20,66	2270
Juin.	7,68	2245	Mai.	28,29	2258	Mai.	17,89	2271
Juill.	4,88	2246	Juin.	24,49	2259	Juin.	14,10	2272
Août.	1,09	2247	Juill.	21,69	2260	Juill.	11,30	2273
Août.	28,32	2248	Août.	17,91	2261	Août.	7,51	2274
Sept.	24,59	2249	Sept.	14,17	2262	Sept.	3,75	2275
Oct.	21,87	2250	Oct.	11,44	2263	Oct.	1,02	2276
Nov.	18,17	2251	Nov.	7,74	2264	Oct.	28,31	2277
Déc.	15,49	2252	Déc.	5,05	2265	Nov.	24,61	2278
<hr/>								
2018								
Janv.	22,27	2240	Janv.	11,82	2253	Janv.	1,38	2266
Févr.	18,61	2241	Févr.	8,17	2254	Janv.	28,72	2267
Mars.	17,94	2242	Mars.	7,50	2255	Févr.	25,06	2268
Avril.	14,23	2243	Avril.	3,81	2256	Mars.	24,38	2269
Mai.	11,47	2244	Mai.	1,07	2257	Avril.	20,66	2270
Juin.	7,68	2245	Mai.	28,29	2258	Mai.	17,89	2271
Juill.	4,88	2246	Juin.	24,49	2259	Juin.	14,10	2272
Août.	1,09	2247	Juill.	21,69	2260	Juill.	11,30	2273
Août.	28,32	2248	Août.	17,91	2261	Août.	7,51	2274
Sept.	24,59	2249	Sept.	14,17	2262	Sept.	3,75	2275
Oct.	21,87	2250	Oct.	11,44	2263	Oct.	1,02	2276
Nov.	18,17	2251	Nov.	7,74	2264	Oct.	28,31	2277
Déc.	15,49	2252	Déc.	5,05	2265	Nov.	24,61	2278
<hr/>								
2019								
Janv.	22,27	2240	Janv.	11,82	2253	Janv.	1,38	2266
Févr.	18,61	2241	Févr.	8,17	2254	Janv.	28,72	2267
Mars.	17,94	2242	Mars.	7,50	2255	Févr.	25,06	2268
Avril.	14,23	2243	Avril.	3,81	2256	Mars.	24,38	2269
Mai.	11,47	2244	Mai.	1,07	2257	Avril.	20,66	2270
Juin.	7,68	2245	Mai.	28,29	2258	Mai.	17,89	2271
Juill.	4,88	2246	Juin.	24,49	2259	Juin.	14,10	2272
Août.	1,09	2247	Juill.	21,69	2260	Juill.	11,30	2273
Août.	28,32	2248	Août.	17,91	2261	Août.	7,51	2274
Sept.	24,59	2249	Sept.	14,17	2262	Sept.	3,75	2275
Oct.	21,87	2250	Oct.	11,44	2263	Oct.	1,02	2276
Nov.	18,17	2251	Nov.	7,74	2264	Oct.	28,31	2277
Déc.	15,49	2252	Déc.	5,05	2265	Nov.	24,61	2278
<hr/>								
2020								
Janv.	22,27	2240	Janv.	11,82	2253	Janv.	1,38	2266
Févr.	18,61	2241	Févr.	8,17	2254	Janv.	28,72	2267
Mars.	17,94	2242	Mars.	7,50	2255	Févr.	25,06	2268
Avril.	14,23	2243	Avril.	3,81	2256	Mars.	24,38	2269
Mai.	11,47	2244	Mai.	1,07	2257	Avril.	20,66	2270
Juin.	7,68	2245	Mai.	28,29	2258	Mai.	17,89	2271
Juill.	4,88	2246	Juin.	24,49	2259	Juin.	14,10	2272
Août.	1,09	2247	Juill.	21,69	2260	Juill.	11,30	2273
Août.	28,32	2248	Août.	17,91	2261	Août.	7,51	2274
Sept.	24,59	2249	Sept.	14,17	2262	Sept.	3,75	2275
Oct.	21,87	2250	Oct.	11,44	2263	Oct.	1,02	2276
Nov.	18,17	2251	Nov.	7,74	2264	Oct.	28,31	2277
Déc.	15,49	2252	Déc.	5,05	2265	Nov.	24,61	2278
<hr/>								
2021								
Janv.	22,27	2240	Janv.	11,82	2253	Janv.	1,38	2266
Févr.	18,61	2241	Févr.	8,17	2254	Janv.	28,72	2267
Mars.	17,94	2242	Mars.	7,50	2255	Févr.	25,06	2268
Avril.	14,23	2243	Avril.	3,81	2256	Mars.	24,38	2269
Mai.	11,47	2244	Mai.	1,07	2257	Avril.	20,66	2270
Juin.	7,68	2245	Mai.	28,29	2258	Mai.	17,89	2271
Juill.	4,88	2246	Juin.	24,49	2259	Juin.	14,10	2272
Août.	1,09	2247	Juill.	21,69	2260	Juill.	11,30	2273
Août.	28,32	2248	Août.	17,91	2261	Août.	7,51	2274
Sept.	24,59	2249	Sept.	14,17	2262	Sept.	3,75	2275
Oct.	21,87	2250	Oct.	11,44	2263	Oct.	1,02	2276
Nov.	18,17	2251	Nov.	7,74	2264	Oct.	28,31	2277
Déc.	15,49	2252	Déc.	5,05	2265	Nov.	24,61	2278
<hr/>								
2022								
Janv.	22,27	2240	Janv.	11,82	2253	Janv.	1,38	2266
Févr.	18,61	2241	Févr.	8,17	2254	Janv.	28,72	2267
Mars.	17,94	2242	Mars.	7,50	2255	Févr.	25,06	2268
Avril.	14,23	2243	Avril.	3,81	2256	Mars.	24,38	2269
Mai.	11,47	2244	Mai.	1,07	2257	Avril.	20,66	2270
Juin.	7,68	2245	Mai.	28,29	2258	Mai.	17,89	2271
Juill.	4,88	2246	Juin.	24,49	2259	Juin.	14,10	2272
Août.	1,09	2247	Juill.	21,69	2260	Juill.	11,30	2273
Août.	28,32	2248	Août.	17,91	2261	Août.	7,51	2274
Sept.	24,59	2249	Sept.	14,17	2262	Sept.	3,75	2275
Oct.	21,87	2250	Oct.	11,44	2263	Oct.	1,02	2276
Nov.	18,17	2251	Nov.	7,74	2264	Oct.	28,31	2277
Déc.	15,49	2252	Déc.	5,05	2265	Nov.	24,61	2278
<hr/>								
2023								
Janv.	22,27	2240	Janv.	11,82	2253	Janv.	1,38	2266
Févr.	18,61	2241	Févr.	8,17	2254	Janv.	28,72	2267
Mars.	17,94	2242	Mars.	7,50	2255	Févr.	25,06	2268
Avril.	14,23	2243	Avril.	3,81	2256	Mars.	24,38	2269
Mai.	11,47	2244	Mai.	1,07	2257	Avril.	20,66	2270
Juin.	7,68	2245	Mai.	28,29	2258	Mai.	17,89	2271
Juill.	4,88	2246	Juin.	24,49	2259	Juin.	14,10	2272
Août.	1,09	2247	Juill.	21,69	2260	Juill.	11,30	2273
Août.	28,32	2248	Août.	17,91	2261	Août.	7,51	2274
Sept.	24,59	2249	Sept.	14,17	2262	Sept.	3,75	2275
Oct.	21,87	2250	Oct.	11,44	2263	Oct.	1,02	2276
Nov.	18,17	2251	Nov.	7,74	2264	Oct.	28,31	2277
Déc.	15,49	2252	Déc.	5,05	2265	Nov.	24,61	2278
<hr/>								
2023								
Janv.	22,27	2240	Janv.	11,82	2253	Janv.	1,38	2266
Févr.	18,61	2241	Févr.	8,17	2254	Janv.	28,72	2267
Mars.	17,94	2242	Mars.	7,50	2255	Févr.	25,06	2268
Avril.	14,23	2243	Avril.	3,81	2256	Mars.	24,38	2269
Mai.	11,47	2244	Mai.	1,07	2257	Avril.	20,66	2270
Juin.	7,68	2245	Mai.	28,29	2258	Mai.	17,89	2271
Juill.	4,88	2246	Juin.	24,49	2259	Juin.	14,10	2272
Août.	1,09	2247	Juill.	21,69	2260	Juill.	11,30	2273
Août.	28,32	2248	Août.	17,91	2261	Août.	7,51	2274
Sept.	24,59	2249	Sept.	14,17	2262	Sept.	3,75	2275
Oct.	21,87	2250	Oct.	11,44	2263	Oct.	1,02	2276
Nov.	18,17	2251	Nov.	7,74	2264	Oct.	28,31	2277
Déc.	15,49	2252	Déc.	5,05	2265	Nov.	24,61	2278
<hr/>								

Soleil - 2023

Mois	Jour	Parallaxe horizontale équatoriale	Demi-diamètre à 12 h UTC		Distance à 0 h UTC	
			'	"	en unités astronomiques de longueur	en dizaines de milliers de kilomètres
Janvier	1	8,94	16	15,50	0,983 34	14711
	9	8,94	16	15,45	0,983 35	14711
	17	8,94	16	15,03	0,983 76	14717
Février	25	8,93	16	14,34	0,984 44	14727
	2	8,92	16	13,40	0,985 38	14741
	10	8,91	16	12,13	0,986 64	14760
Mars	18	8,90	16	10,57	0,988 21	14783
	26	8,88	16	8,87	0,989 94	14809
	6	8,87	16	7,01	0,991 83	14838
Avril	14	8,85	16	4,94	0,993 95	14869
	22	8,83	16	2,77	0,996 19	14903
	30	8,81	16	0,61	0,998 42	14936
Mai	7	8,79	15	58,43	1,000 69	14970
	15	8,77	15	56,22	1,003 01	15005
	23	8,75	15	54,11	1,005 24	15038
Juin	1	8,73	15	52,15	1,007 31	15069
	9	8,71	15	50,30	1,009 28	15099
	17	8,70	15	48,58	1,011 12	15126
Juillet	25	8,68	15	47,12	1,012 70	15150
	2	8,67	15	45,90	1,014 01	15169
	10	8,66	15	44,88	1,015 13	15186
Août	18	8,66	15	44,10	1,015 98	15199
	26	8,65	15	43,66	1,016 48	15206
	4	8,65	15	43,50	1,016 67	15209
Septembre	12	8,65	15	43,56	1,016 62	15208
	20	8,65	15	43,92	1,016 25	15203
	28	8,66	15	44,62	1,015 52	15192
Octobre	5	8,67	15	45,55	1,014 54	15177
	13	8,68	15	46,68	1,013 34	15159
	21	8,69	15	48,10	1,011 85	15137
Novembre	29	8,71	15	49,76	1,010 09	15111
	6	8,72	15	51,54	1,008 20	15083
	14	8,74	15	53,47	1,006 18	15052
Décembre	22	8,76	15	55,57	1,003 97	15019
	30	8,78	15	57,76	1,001 68	14985
	8	8,80	15	59,92	0,999 42	14951
Janvier	16	8,82	16	2,11	0,997 15	14917
	24	8,84	16	4,32	0,994 87	14883
	1	8,86	16	6,40	0,992 71	14851
Février	9	8,88	16	8,31	0,990 74	14821
	17	8,89	16	10,10	0,988 91	14794
	25	8,91	16	11,72	0,987 24	14769
Mars	3	8,92	16	13,05	0,985 87	14748
	11	8,93	16	14,08	0,984 81	14733
	19	8,94	16	14,89	0,983 98	14720
Avril	27	8,94	16	15,39	0,983 45	14712

2. DONNÉES POUR L'OBSERVATION DE LA SURFACE DE LA LUNE

La Lune tourne dans le sens direct autour d'un axe voisin de la perpendiculaire au plan de son orbite autour de la Terre, en un temps égal à la durée de sa révolution sidérale (27,32 jours) : c'est pourquoi la Lune présente toujours la même face à la Terre.

Cependant, décrivant autour de la Terre une orbite elliptique suivant la loi des aires, la Lune ne tourne pas autour de celle-ci de manière uniforme. Il en résulte qu'au cours d'une révolution sidérale de la Lune, on aperçoit tantôt un peu plus du bord est et un peu moins du bord ouest, tantôt l'inverse. C'est le phénomène de *libration en longitude*.

D'autre part, l'axe de rotation de la Lune n'est pas perpendiculaire au plan de l'orbite, mais fait avec la perpendiculaire à ce plan un angle de $6^{\circ}41'$. Il en résulte qu'au cours d'une révolution sidérale de la Lune, on aperçoit tantôt un peu plus de la région nord et un peu moins de la région sud, tantôt l'inverse. C'est le phénomène de la *libration en latitude*.

On définit un système de coordonnées sélénographiques, dont le plan fondamental est l'équateur lunaire et le méridien origine le méridien de la Lune qui passe par le point central moyen du disque lunaire, compte tenu des phénomènes de libration. Les latitudes sélénographiques sont comptées positivement vers le nord, c'est-à-dire qu'elles sont positives dans l'hémisphère lunaire contenant la mer de la Sérénité ; les longitudes sélénographiques sont comptées positivement vers l'ouest sur la sphère céleste géocentrique, c'est-à-dire dans la direction de la mer des Crises.

On trouve plus loin, de jour en jour, à 0 h UT, la longitude sélénographique λ et la latitude sélénographique β de la Terre ; ces quantités sont aussi la longitude et la latitude sélénographiques géocentriques du point central apparent du disque lunaire à l'instant considéré.

Quand la longitude sélénographique de la Terre λ est positive, le point central moyen du disque lunaire est déplacé vers l'est par rapport au point central apparent, et la libration en longitude découvre alors une région située à l'ouest de la Lune. La quantité λ , appelée aussi *libration en longitude*, peut atteindre 8° en valeur absolue.

Quand la latitude sélénographique β de la Terre est positive, le point central moyen du disque lunaire est déplacé vers le sud par rapport au point central apparent et la libration en latitude découvre alors une région située au nord de la Lune. La quantité β , appelée aussi *libration en latitude*, peut atteindre 7° en valeur absolue.

On aurait des résultats inverses si les coordonnées sélénographiques de la Terre étaient négatives.

On donne aussi, de jour en jour, l'angle de position θ du milieu de la phase et la fraction illuminée du disque k , quantités définies comme suit.

L'angle de position du milieu de la phase θ est l'angle de position du point A (fig. 1), milieu du bord éclairé de la Lune, compté positivement vers l'est sur la sphère céleste à partir du point nord du bord du disque lunaire. La ligne qui joint les extrémités du terminateur, ligne qui passe par le centre du disque lunaire, est perpendiculaire à la droite qui joint le centre du disque au point A , milieu du bord éclairé. On s'assurera sans peine que l'angle de position de cette droite joignant les extrémités du terminateur est égal à $\theta + 90^\circ$ avant la pleine Lune, à $\theta - 90^\circ$ après la pleine Lune.

La fraction illuminée k du disque lunaire est égale au rapport de l'aire éclairée du disque à l'aire totale. La distance du centre du disque lunaire au point A' , milieu du terminateur, est égale au produit du rayon du disque par $2k - 1$. On aura soin de placer correctement ce point par rapport à O et A suivant la phase de la Lune à l'instant considéré.

Enfin, on publie P , l'angle de position de l'extrémité nord de l'axe de rotation de la Lune. Cet angle est compté positivement vers l'est à partir du bord nord du disque lunaire.

Pour pouvoir représenter l'aspect de la Lune à un certain instant, il faut connaître l'angle à l'astre S que fait sur la sphère céleste la direction du pôle céleste Nord avec la direction du zénith Z (fig. 1).

EXEMPLE 2

Aspect de la Lune à Mulhouse¹ le 13 juin 2023 à 5 h UT.

En interpolant la table de l'éphéméride du chapitre 4 et en se reportant aux calculs effectués pour le Soleil, on trouve :

$$\begin{aligned} \alpha &= 1 \text{ h } 24 \text{ min } 40 \text{ s} & T &= 22 \text{ h } 54 \text{ min } 22 \text{ s} & \delta &= 7^\circ 49,8' \\ z &= 51,04 & H &= 21 \text{ h } 29 \text{ min } 42 \text{ s} & S &= -31,82^\circ \end{aligned}$$

L'interpolation des tableaux des pages suivantes donne :

$$\theta = 67,8^\circ \quad k = 0,25 \quad 2k - 1 = -0,50$$

La Lune est donc à l'est du méridien. On voit d'ailleurs (chapitre 4) que le 13 juin 2023, on se trouve entre le dernier quartier et la nouvelle Lune, et que, par conséquent, la Lune est visible le matin.

Traçons un cercle de centre O et de rayon quelconque, le pôle céleste Nord étant dirigé vers le haut de la figure, on placera la direction du zénith compte tenu de la valeur

1. Les coordonnées de Mulhouse, $\varphi = 47^\circ 45'$ et $\lambda = 29 \text{ min } 21 \text{ s}$, sont données en fin d'ouvrage.

trouvée pour S . On placera ensuite par rapport au pôle Nord céleste le point A , tel que l'angle de \overline{OA} avec cette direction soit égal à θ , et le point A' tel que $\overline{OA'} = -(2k - 1)\overline{OA}$. Les extrémités du terminateur seront sur la perpendiculaire en O à \overline{OA} . On tracera une demi-ellipse de grand axe $2OA$ et passant par A' . On obtient aussi le demi-diamètre apparent de la Lune pour cette date en multipliant la parallaxe (donnée au chapitre 4) par 0,2725. On trouve :

$$OA = 15'44'' \quad \text{et} \quad OA' = 7'52''$$

Enfin, on a :

$$\lambda = 5,35^\circ \quad \text{et} \quad \beta = 1,16^\circ$$

La libration dégage une partie de la surface située à l'est et au nord du disque lunaire (compte tenu des signes respectifs de λ et β).

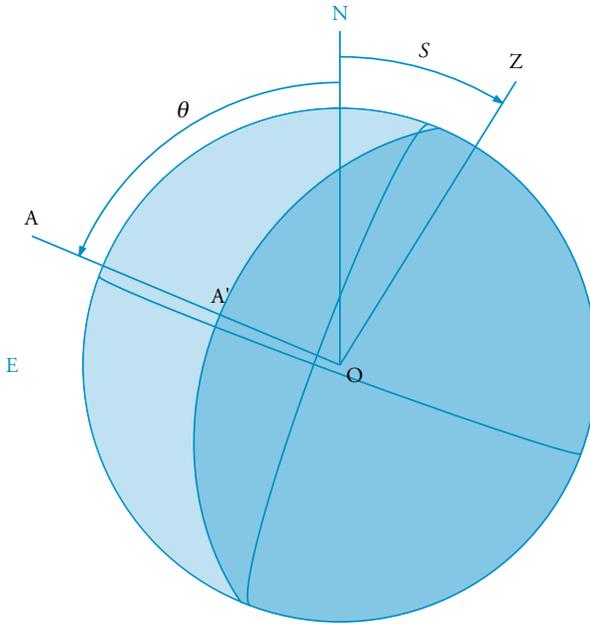


Fig. 1 – La Lune à Mulhouse le 13 juin 2023 à 5 h UT.

Lune à 0 h UTC - 2023

Jour du mois	Janvier					Février				
	λ	β	θ	k	P	λ	β	θ	k	P
1	+ 7,03	+ 0,86	249,9	0,70	341,74	+ 4,73	- 4,37	268,1	0,81	356,71
2	+ 6,41	- 0,60	253,6	0,79	344,81	+ 3,51	- 5,29	275,5	0,88	1,77
3	+ 5,56	- 2,00	258,7	0,86	348,61	+ 2,24	- 5,98	283,9	0,93	6,76
4	+ 4,56	- 3,30	265,6	0,92	353,06	+ 0,95	- 6,41	294,7	0,97	11,36
5	+ 3,45	- 4,43	275,3	0,96	357,97	- 0,32	- 6,57	315,8	0,99	15,30
6	+ 2,26	- 5,35	293,0	0,99	3,07	- 1,56	- 6,44	45,8	1,00	18,41
7	+ 1,03	- 6,04	12,2	1,00	8,01	- 2,76	- 6,03	92,8	0,98	20,61
8	- 0,24	- 6,46	78,9	0,99	12,48	- 3,89	- 5,34	104,0	0,95	21,90
9	- 1,51	- 6,60	94,1	0,96	16,23	- 4,94	- 4,41	108,8	0,91	22,32
10	- 2,78	- 6,46	101,9	0,92	19,10	- 5,87	- 3,27	110,9	0,84	21,88
11	- 4,01	- 6,04	106,9	0,86	21,06	- 6,63	- 1,96	111,2	0,76	20,60
12	- 5,16	- 5,34	110,2	0,79	22,13	- 7,18	- 0,53	109,8	0,67	18,45
13	- 6,19	- 4,40	112,0	0,70	22,32	- 7,44	+ 0,97	107,0	0,57	15,35
14	- 7,03	- 3,25	112,5	0,61	21,66	- 7,34	+ 2,44	102,6	0,47	11,26
15	- 7,60	- 1,90	111,6	0,51	20,13	- 6,82	+ 3,83	96,6	0,36	6,19
16	- 7,82	- 0,43	109,3	0,41	17,66	- 5,85	+ 5,02	89,1	0,25	0,33
17	- 7,61	+ 1,11	105,3	0,30	14,17	- 4,45	+ 5,92	80,5	0,16	354,16
18	- 6,92	+ 2,64	99,5	0,21	9,60	- 2,66	+ 6,45	70,9	0,08	348,34
19	- 5,73	+ 4,05	91,6	0,12	4,01	- 0,64	+ 6,53	58,7	0,03	343,53
20	- 4,07	+ 5,23	80,7	0,05	357,74	+ 1,45	+ 6,15	21,3	0,00	340,13
21	- 2,05	+ 6,07	61,9	0,01	351,45	+ 3,41	+ 5,34	269,6	0,01	338,22
22	+ 0,17	+ 6,48	325,5	0,00	345,91	+ 5,06	+ 4,17	253,8	0,04	337,71
23	+ 2,38	+ 6,42	267,9	0,02	341,69	+ 6,29	+ 2,77	249,8	0,10	338,40
24	+ 4,36	+ 5,91	256,1	0,07	339,01	+ 7,03	+ 1,24	249,4	0,18	340,14
25	+ 5,96	+ 5,01	250,8	0,14	337,79	+ 7,28	- 0,32	251,1	0,27	342,81
26	+ 7,07	+ 3,82	248,5	0,23	337,84	+ 7,07	- 1,81	254,4	0,37	346,31
27	+ 7,67	+ 2,43	248,2	0,33	338,97	+ 6,49	- 3,17	259,0	0,47	350,53
28	+ 7,77	+ 0,96	249,6	0,43	341,03	+ 5,61	- 4,35	264,5	0,57	355,29
29	+ 7,45	- 0,52	252,4	0,54	343,93					
30	+ 6,77	- 1,94	256,5	0,64	347,58					
31	+ 5,84	- 3,24	261,8	0,73	351,90					

Lune à 0 h UTC - 2023

Jour du mois	Mars					Avril				
	λ	β	θ	k	P	λ	β	θ	k	P
1	+ 4,51	- 5,31	270,8	0,66	0,36	+ 0,07	- 6,74	290,1	0,76	16,68
2	+ 3,29	- 6,03	277,3	0,75	5,42	- 1,16	- 6,40	294,4	0,84	19,40
3	+ 1,99	- 6,49	284,0	0,82	10,16	- 2,28	- 5,78	298,0	0,90	21,21
4	+ 0,70	- 6,67	290,5	0,89	14,29	- 3,26	- 4,89	301,1	0,95	22,13
5	- 0,56	- 6,56	297,2	0,94	17,63	- 4,07	- 3,76	304,9	0,98	22,17
6	- 1,74	- 6,17	305,6	0,98	20,07	- 4,69	- 2,43	331,9	1,00	21,35
7	- 2,83	- 5,50	327,6	1,00	21,61	- 5,09	- 0,95	107,1	0,99	19,64
8	- 3,80	- 4,57	80,3	1,00	22,26	- 5,28	+ 0,59	109,8	0,97	17,00
9	- 4,65	- 3,42	104,8	0,98	22,04	- 5,25	+ 2,13	107,4	0,92	13,38
10	- 5,35	- 2,09	109,5	0,94	20,97	- 4,99	+ 3,58	102,8	0,85	8,80
11	- 5,89	- 0,64	110,0	0,88	19,03	- 4,52	+ 4,85	96,8	0,76	3,40
12	- 6,22	+ 0,87	108,3	0,81	16,17	- 3,83	+ 5,84	89,8	0,66	357,52
13	- 6,32	+ 2,36	104,7	0,72	12,36	- 2,94	+ 6,51	82,6	0,55	351,69
14	- 6,14	+ 3,75	99,6	0,62	7,61	- 1,89	+ 6,78	75,8	0,43	346,51
15	- 5,64	+ 4,95	93,2	0,51	2,07	- 0,72	+ 6,64	70,1	0,32	342,40
16	- 4,82	+ 5,90	85,9	0,40	356,11	+ 0,51	+ 6,07	65,6	0,22	339,58
17	- 3,66	+ 6,49	78,3	0,29	350,30	+ 1,72	+ 5,13	62,6	0,13	338,07
18	- 2,23	+ 6,68	71,1	0,19	345,24	+ 2,85	+ 3,87	61,0	0,06	337,79
19	- 0,61	+ 6,44	64,5	0,11	341,38	+ 3,82	+ 2,38	60,4	0,02	338,63
20	+ 1,08	+ 5,76	58,1	0,04	338,90	+ 4,55	+ 0,76	53,9	0,00	340,52
21	+ 2,71	+ 4,69	46,8	0,01	337,80	+ 5,00	- 0,87	248,3	0,01	343,38
22	+ 4,12	+ 3,33	281,1	0,00	337,97	+ 5,14	- 2,41	251,3	0,04	347,13
23	+ 5,21	+ 1,78	252,2	0,02	339,26	+ 4,96	- 3,80	256,2	0,09	351,65
24	+ 5,91	+ 0,15	250,2	0,07	341,57	+ 4,48	- 4,96	262,0	0,16	356,70
25	+ 6,20	- 1,43	252,1	0,13	344,81	+ 3,73	- 5,86	268,4	0,24	1,97
26	+ 6,08	- 2,90	255,9	0,21	348,86	+ 2,76	- 6,48	274,7	0,32	7,07
27	+ 5,60	- 4,18	260,9	0,30	353,56	+ 1,62	- 6,81	280,6	0,42	11,68
28	+ 4,81	- 5,24	266,8	0,39	358,65	+ 0,38	- 6,84	285,8	0,51	15,56
29	+ 3,79	- 6,03	273,0	0,49	3,83	- 0,88	- 6,58	290,1	0,61	18,56
30	+ 2,61	- 6,56	279,2	0,59	8,74	- 2,09	- 6,04	293,4	0,70	20,67
31	+ 1,34	- 6,80	284,9	0,68	13,09					

Lune à 0 h UTC - 2023

Jour du mois	Mai					Juin				
	λ	β	θ	k	P	λ	β	θ	k	P
	°	°	°			°	°	°		
1	-3,20	-5,22	295,6	0,78	21,88	-6,16	-0,41	290,9	0,88	18,99
2	-4,12	-4,16	296,7	0,86	22,23	-6,10	+1,15	285,9	0,94	16,05
3	-4,81	-2,89	296,5	0,92	21,71	-5,64	+2,68	275,9	0,98	12,04
4	-5,23	-1,44	294,6	0,97	20,31	-4,80	+4,09	221,3	1,00	6,98
5	-5,36	+0,11	288,9	0,99	17,97	-3,63	+5,27	111,5	0,99	1,11
6	-5,18	+1,69	127,7	1,00	14,63	-2,22	+6,13	95,6	0,95	354,93
7	-4,71	+3,20	110,2	0,98	10,25	-0,69	+6,59	85,7	0,89	349,13
8	-3,99	+4,55	102,4	0,94	4,95	+0,82	+6,62	78,1	0,80	344,32
9	-3,06	+5,64	94,7	0,87	359,03	+2,21	+6,21	72,4	0,70	340,82
10	-1,99	+6,39	87,0	0,78	353,05	+3,39	+5,42	68,6	0,59	338,70
11	-0,86	+6,74	79,8	0,68	347,63	+4,31	+4,31	66,5	0,48	337,83
12	+0,28	+6,68	73,7	0,57	343,25	+4,95	+2,97	66,1	0,37	338,09
13	+1,37	+6,21	69,1	0,46	340,16	+5,32	+1,48	67,2	0,27	339,35
14	+2,34	+5,36	66,0	0,34	338,36	+5,45	-0,07	70,0	0,18	341,56
15	+3,18	+4,19	64,5	0,24	337,77	+5,36	-1,59	74,7	0,10	344,66
16	+3,86	+2,79	64,7	0,15	338,28	+5,07	-3,00	81,9	0,05	348,61
17	+4,35	+1,24	66,7	0,08	339,81	+4,61	-4,24	94,9	0,02	353,26
18	+4,64	-0,35	71,4	0,03	342,29	+3,98	-5,26	148,4	0,00	358,39
19	+4,72	-1,91	84,2	0,01	345,70	+3,19	-6,01	246,8	0,01	3,65
20	+4,57	-3,33	226,8	0,00	349,93	+2,24	-6,48	265,3	0,03	8,64
21	+4,20	-4,56	251,7	0,02	354,82	+1,16	-6,65	274,9	0,08	13,04
22	+3,60	-5,55	261,1	0,06	0,06	-0,04	-6,53	281,5	0,13	16,62
23	+2,79	-6,26	268,8	0,11	5,30	-1,33	-6,13	286,5	0,20	19,31
24	+1,79	-6,67	275,6	0,18	10,14	-2,64	-5,47	290,0	0,29	21,10
25	+0,64	-6,78	281,5	0,26	14,30	-3,93	-4,57	292,2	0,37	22,02
26	-0,60	-6,61	286,4	0,35	17,61	-5,10	-3,46	293,3	0,47	22,12
27	-1,88	-6,15	290,1	0,44	20,02	-6,08	-2,18	293,1	0,57	21,40
28	-3,12	-5,42	292,8	0,54	21,53	-6,78	-0,77	291,6	0,67	19,84
29	-4,24	-4,45	294,3	0,63	22,18	-7,11	+0,72	288,5	0,76	17,34
30	-5,17	-3,27	294,6	0,72	21,98	-7,01	+2,22	283,7	0,84	13,83
31	-5,83	-1,90	293,6	0,81	20,94					

Lune à 0 h UTC - 2023

Jour du mois	Juillet					Août				
	λ	β	θ	k	P	λ	β	θ	k	P
1	-6,43	+3,64	276,3	0,92	9,23	-2,56	+6,53	234,2	0,99	348,21
2	-5,37	+4,87	264,7	0,97	3,65	-0,43	+6,33	129,2	1,00	343,48
3	-3,90	+5,82	234,8	1,00	357,46	+1,71	+5,68	82,9	0,98	340,17
4	-2,12	+6,40	115,7	0,99	351,33	+3,68	+4,63	73,0	0,92	338,34
5	-0,19	+6,53	88,5	0,96	345,96	+5,31	+3,29	69,0	0,85	337,86
6	+1,70	+6,22	78,1	0,91	341,87	+6,51	+1,76	67,9	0,76	338,56
7	+3,41	+5,48	72,0	0,83	339,24	+7,27	+0,17	68,8	0,66	340,31
8	+4,81	+4,40	68,6	0,73	337,98	+7,58	-1,38	71,4	0,55	343,01
9	+5,83	+3,06	67,2	0,62	337,95	+7,50	-2,82	75,4	0,44	346,57
10	+6,45	+1,58	67,5	0,51	338,98	+7,09	-4,07	80,7	0,34	350,90
11	+6,71	+0,04	69,4	0,40	340,97	+6,42	-5,11	87,1	0,25	355,80
12	+6,65	-1,47	72,8	0,30	343,86	+5,55	-5,89	94,2	0,17	0,97
13	+6,32	-2,87	77,8	0,21	347,58	+4,53	-6,39	102,0	0,10	6,08
14	+5,78	-4,10	84,2	0,13	352,04	+3,40	-6,60	110,8	0,05	10,76
15	+5,06	-5,11	92,5	0,07	357,03	+2,18	-6,53	122,6	0,02	14,76
16	+4,19	-5,88	103,8	0,03	2,24	+0,91	-6,17	155,4	0,00	17,91
17	+3,20	-6,37	126,1	0,01	7,30	-0,40	-5,55	258,3	0,00	20,17
18	+2,11	-6,57	218,7	0,00	11,86	-1,72	-4,69	281,5	0,02	21,55
19	+0,92	-6,48	266,3	0,02	15,67	-3,03	-3,62	288,3	0,06	22,11
20	-0,35	-6,10	279,1	0,05	18,61	-4,29	-2,39	291,1	0,11	21,86
21	-1,67	-5,47	285,7	0,09	20,64	-5,44	-1,04	291,7	0,18	20,84
22	-3,01	-4,60	289,6	0,16	21,80	-6,42	+0,38	290,7	0,26	18,99
23	-4,31	-3,53	291,7	0,23	22,14	-7,16	+1,81	288,2	0,36	16,28
24	-5,51	-2,30	292,5	0,32	21,69	-7,57	+3,19	284,2	0,46	12,62
25	-6,53	-0,94	291,8	0,41	20,43	-7,58	+4,44	278,7	0,56	7,99
26	-7,28	+0,50	289,9	0,51	18,32	-7,14	+5,47	271,9	0,67	2,51
27	-7,68	+1,94	286,4	0,61	15,27	-6,21	+6,22	264,0	0,77	356,52
28	-7,63	+3,33	281,3	0,71	11,19	-4,81	+6,60	255,5	0,86	350,62
29	-7,08	+4,58	274,5	0,81	6,10	-3,02	+6,54	246,4	0,93	345,46
30	-6,02	+5,59	265,7	0,89	0,20	-0,97	+6,02	234,4	0,98	341,52
31	-4,47	+6,27	254,3	0,95	354,00	+1,16	+5,07	171,9	1,00	339,02

Lune à 0 h UTC - 2023

Jour du mois	Septembre					Octobre				
	λ	β	θ	k	P	λ	β	θ	k	P
1	+ 3,18	+ 3,76	78,8	0,99	337,94	+ 5,42	- 0,52	68,2	0,96	340,77
2	+ 4,93	+ 2,21	70,0	0,94	338,15	+ 6,39	- 2,17	70,0	0,91	343,82
3	+ 6,29	+ 0,55	68,5	0,88	339,52	+ 6,95	- 3,65	74,0	0,84	347,82
4	+ 7,20	- 1,10	69,8	0,79	341,95	+ 7,09	- 4,89	79,3	0,75	352,60
5	+ 7,65	- 2,64	73,0	0,70	345,32	+ 6,84	- 5,84	85,6	0,66	357,85
6	+ 7,67	- 3,98	77,7	0,60	349,54	+ 6,25	- 6,48	92,1	0,56	3,19
7	+ 7,31	- 5,09	83,4	0,49	354,39	+ 5,38	- 6,80	98,5	0,46	8,24
8	+ 6,64	- 5,93	89,8	0,39	359,59	+ 4,30	- 6,82	104,3	0,37	12,67
9	+ 5,73	- 6,47	96,5	0,30	4,79	+ 3,07	- 6,55	109,3	0,28	16,28
10	+ 4,65	- 6,73	103,1	0,22	9,62	+ 1,77	- 6,00	113,3	0,20	19,02
11	+ 3,44	- 6,68	109,2	0,14	13,80	+ 0,45	- 5,19	116,4	0,13	20,86
12	+ 2,16	- 6,35	115,0	0,08	17,17	- 0,83	- 4,16	118,5	0,07	21,86
13	+ 0,85	- 5,75	120,9	0,04	19,65	- 2,02	- 2,93	119,7	0,03	22,05
14	- 0,46	- 4,90	129,8	0,01	21,25	- 3,08	- 1,56	120,9	0,01	21,44
15	- 1,73	- 3,83	188,6	0,00	22,02	- 3,99	- 0,11	290,4	0,00	20,01
16	- 2,94	- 2,59	282,8	0,01	21,98	- 4,70	+ 1,38	293,5	0,02	17,72
17	- 4,06	- 1,22	290,4	0,03	21,14	- 5,21	+ 2,82	290,4	0,05	14,52
18	- 5,05	+ 0,22	291,4	0,08	19,51	- 5,48	+ 4,14	285,7	0,11	10,39
19	- 5,86	+ 1,67	289,9	0,14	17,02	- 5,51	+ 5,26	279,8	0,18	5,39
20	- 6,44	+ 3,06	286,7	0,22	13,62	- 5,28	+ 6,12	272,9	0,27	359,80
21	- 6,75	+ 4,33	281,9	0,31	9,30	- 4,79	+ 6,65	265,7	0,37	354,04
22	- 6,73	+ 5,41	275,9	0,41	4,14	- 4,05	+ 6,80	258,8	0,48	348,67
23	- 6,35	+ 6,21	268,9	0,52	358,41	- 3,08	+ 6,55	252,7	0,60	344,16
24	- 5,57	+ 6,67	261,5	0,63	352,61	- 1,91	+ 5,89	248,0	0,71	340,82
25	- 4,41	+ 6,73	254,3	0,74	347,29	- 0,60	+ 4,85	244,7	0,81	338,75
26	- 2,92	+ 6,37	248,0	0,84	342,97	+ 0,78	+ 3,49	243,2	0,89	337,93
27	- 1,20	+ 5,57	242,7	0,91	339,94	+ 2,15	+ 1,90	243,6	0,95	338,29
28	+ 0,64	+ 4,38	237,8	0,97	338,28	+ 3,43	+ 0,19	247,4	0,99	339,78
29	+ 2,45	+ 2,88	225,5	1,00	337,92	+ 4,52	- 1,51	41,0	1,00	342,36
30	+ 4,08	+ 1,21	73,9	1,00	338,78	+ 5,35	- 3,08	65,9	0,98	345,98
31						+ 5,87	- 4,44	72,9	0,94	350,52

Lune à 0 h UTC - 2023

Jour du mois	Novembre					Décembre				
	λ	β	θ	k	P	λ	β	θ	k	P
1	+ 6,03	- 5,52	79,8	0,88	355,71	+ 4,20	- 6,71	94,1	0,86	9,50
2	+ 5,85	- 6,28	86,8	0,81	1,18	+ 3,38	- 6,60	100,5	0,79	13,81
3	+ 5,32	- 6,72	93,7	0,72	6,48	+ 2,33	- 6,19	105,7	0,71	17,20
4	+ 4,50	- 6,84	99,9	0,63	11,22	+ 1,10	- 5,53	109,6	0,62	19,66
5	+ 3,45	- 6,64	105,2	0,54	15,17	- 0,23	- 4,63	112,2	0,52	21,23
6	+ 2,23	- 6,16	109,5	0,44	18,20	- 1,58	- 3,53	113,7	0,43	21,96
7	+ 0,92	- 5,43	112,7	0,35	20,34	- 2,86	- 2,27	114,0	0,34	21,91
8	- 0,41	- 4,46	114,7	0,26	21,60	- 3,97	- 0,90	113,0	0,25	21,07
9	- 1,67	- 3,29	115,5	0,18	22,05	- 4,84	+ 0,54	110,6	0,17	19,40
10	- 2,79	- 1,97	115,1	0,11	21,71	- 5,40	+ 1,98	106,3	0,10	16,83
11	- 3,72	- 0,53	112,9	0,06	20,55	- 5,58	+ 3,36	99,1	0,05	13,26
12	- 4,40	+ 0,95	107,6	0,02	18,54	- 5,37	+ 4,59	84,3	0,01	8,69
13	- 4,81	+ 2,42	85,6	0,00	15,60	- 4,80	+ 5,59	0,7	0,00	3,23
14	- 4,93	+ 3,78	304,5	0,00	11,67	- 3,90	+ 6,27	287,3	0,02	357,28
15	- 4,78	+ 4,97	288,4	0,03	6,81	- 2,78	+ 6,58	271,5	0,05	351,44
16	- 4,36	+ 5,90	279,2	0,08	1,24	- 1,53	+ 6,47	261,9	0,12	346,33
17	- 3,74	+ 6,50	270,8	0,15	355,40	- 0,26	+ 5,95	255,1	0,20	342,35
18	- 2,95	+ 6,72	263,1	0,24	349,85	+ 0,93	+ 5,05	250,4	0,30	339,67
19	- 2,05	+ 6,55	256,5	0,34	345,13	+ 1,98	+ 3,85	247,5	0,41	338,25
20	- 1,08	+ 5,98	251,3	0,45	341,54	+ 2,86	+ 2,42	246,5	0,53	337,98
21	- 0,09	+ 5,04	247,7	0,56	339,20	+ 3,57	+ 0,87	247,1	0,64	338,78
22	+ 0,89	+ 3,79	245,7	0,67	338,06	+ 4,11	- 0,72	249,4	0,74	340,60
23	+ 1,85	+ 2,31	245,4	0,78	338,06	+ 4,49	- 2,25	253,5	0,83	343,41
24	+ 2,74	+ 0,69	247,0	0,86	339,14	+ 4,73	- 3,63	259,6	0,90	347,19
25	+ 3,54	- 0,95	250,9	0,93	341,28	+ 4,82	- 4,80	268,8	0,96	351,82
26	+ 4,21	- 2,53	259,0	0,98	344,45	+ 4,75	- 5,70	285,6	0,99	357,07
27	+ 4,70	- 3,93	288,9	1,00	348,60	+ 4,49	- 6,29	358,7	1,00	2,53
28	+ 4,98	- 5,10	55,7	0,99	353,55	+ 4,02	- 6,56	74,3	0,99	7,75
29	+ 5,01	- 5,96	75,9	0,97	358,99	+ 3,33	- 6,51	91,0	0,96	12,35
30	+ 4,75	- 6,50	86,1	0,92	4,46	+ 2,42	- 6,16	99,7	0,91	16,08
31						+ 1,31	- 5,54	105,5	0,85	18,87

3. DONNÉES POUR L'OBSERVATION DE LA SURFACE DES PLANÈTES

3.1. Mercure et Vénus

On donne, comme pour la Lune, l'angle de position du milieu de la phase θ et la fraction illuminée du disque k . On donne aussi l'angle de phase i qui est l'angle des directions planète-Terre, planète-Soleil. On démontre facilement que :

$$k = \frac{1}{2} (1 + \cos i)$$

3.2. Mars

On trouve plus loin k et i définis comme ci-dessus et θ_0 , angle de position du milieu du bord sombre du disque (effet de phase). On trouve, de plus, des données concernant le pôle et les coordonnées aréocentriques (ou planétocentriques). Mars tourne sur lui-même dans le sens direct avec une période sidérale de 24 h 37 min 22,6689 s (en Temps des éphémérides). Le pôle Nord de l'axe de rotation qui est fixe sur la sphère céleste, à une lente précession de l'axe de rotation de Mars près, est déterminé par la donnée de son ascension droite et de sa déclinaison à une époque donnée.

On rapporte un point quelconque de la surface de Mars à un système de coordonnées dont le plan fondamental est l'équateur de Mars et le méridien fondamental un méridien de Mars tel que la longitude, par rapport à ce méridien pris comme origine, de l'atterrisseur Viking 1 ait une longitude de 47,951 37° Ouest. Ce méridien origine passe par le cratère d'impact Airy-O. Sur Mars, les longitudes sont comptées positivement dans le sens rétrograde, c'est-à-dire vers l'est sur la sphère céleste géocentrique.

On donne aussi l'angle de position de l'axe P , angle entre la direction du méridien central du disque et la direction du pôle Nord sur la sphère céleste. Cet angle est mesuré positivement vers l'est à partir du nord. On donne enfin la latitude aréocentrique D de la Terre dans le système de coordonnées défini ci-dessus et, dans le même système, la longitude du méridien central du disque de Mars. Lorsque D est positif, on voit apparaître le pôle Nord de Mars ; lorsque D est négatif, on voit son pôle Sud ; et lorsque D est petit, les pôles sont confondus avec le contour apparent du disque. On en déduit pour l'instant considéré l'aspect du disque de Mars et les parties de la planète qui sont visibles, comme on le voit dans l'exemple ci-après.

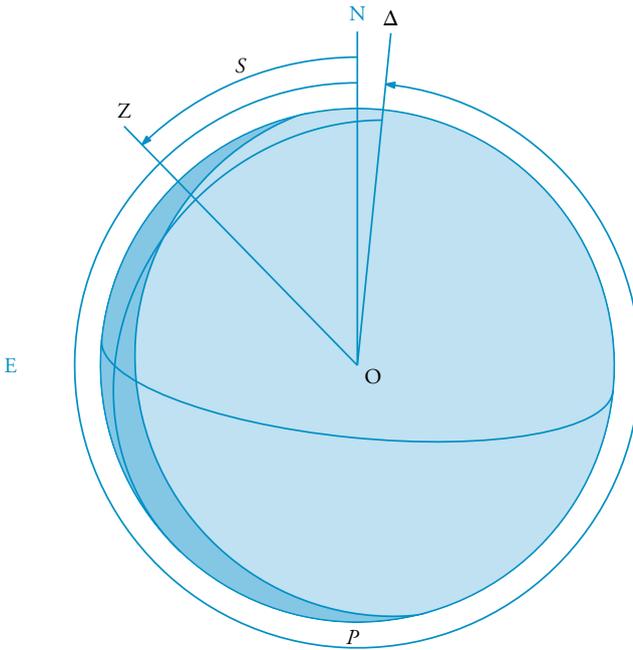


Fig. 2 – Mars à Nancy le 30 mai 2023 à 21 h UT.

EXEMPLE 3

Aspect de Mars à Nancy¹ le 30 mai 2023 à 21 h UT.

En interpolant la table de l'éphéméride du chapitre 4 et en se reportant aux calculs effectués pour le Soleil, on trouve :

$$\alpha = 8 \text{ h } 34 \text{ min } 33 \text{ s} \quad T = 13 \text{ h } 57 \text{ min } 12 \text{ s} \quad \delta = 20^\circ 14,1'$$

$$z = 68,88^\circ \quad H = 5 \text{ h } 22 \text{ min } 39 \text{ s} \quad S = 44,28^\circ$$

L'interpolation des tableaux des pages suivantes donne :

$$\theta_0 = 103,42^\circ \quad D = 16,36^\circ \quad P = 354,25^\circ$$

Mars est donc à l'ouest du méridien. On dessine un cercle de centre O et de rayon R quelconque représentant le disque de Mars, puis on place la direction du zénith par rapport à celle du pôle Nord de la sphère céleste, puis la droite $(O\Delta)$ sur laquelle se trouve le pôle Nord de Mars, cette direction faisant l'angle P avec la direction du pôle céleste Nord. Le pôle Nord de Mars se projette en P_N sur $(O\Delta)$ de telle sorte que OP_N soit égal au produit $R \cos D$ (de même pour PS , projection du pôle Sud de Mars). L'équateur de Mars se projette suivant une ellipse de grand axe $2R$ perpendiculaire à $(O\Delta)$ et de petit axe égal au produit $2R \sin D$.

1. Les coordonnées de Nancy, $\varphi = 48^\circ 42'$ et $\lambda = 24 \text{ min } 45 \text{ s}$, sont données en fin d'ouvrage.

On pourrait tracer les projections sur le disque de n'importe quel parallèle de Mars de latitude donnée. Enfin, en interpolant la table donnée plus loin, on trouve qu'à l'instant considéré, le méridien central $O\Delta$ a une longitude $l = 290,05^\circ$ ($-69,95^\circ$), ce qui indique quelle portion de la surface de la planète est visible. On peut ajouter à ceci l'effet de phase qu'on calcule comme pour la Lune. À la date choisie, on trouve $k = 0,93$ et $2k - 1 = 0,86$. La limite de la fraction illuminée est proche du bord de la planète. Remarquons enfin que si l'on a choisi une longueur arbitraire pour représenter le rayon de Mars sur la figure ci-contre, cette longueur représente sur la sphère céleste un arc égal au demi-diamètre apparent à l'instant considéré, quantité que l'on déduit des tableaux du chapitre 5.

3.3. Jupiter

Jupiter a la forme d'un ellipsoïde de révolution aplati qui tourne autour de son axe de révolution. La période de révolution sidérale varie suivant la latitude. En effet, pour les points dont la latitude (comptée à partir de l'équateur de Jupiter positivement vers le nord) est comprise entre -10° et $+10^\circ$, la période est de 9 h 50 min 30 s ; pour les autres points, la période est de 9 h 55 min 41 s. Ceci amène à définir deux systèmes de longitudes sur Jupiter, le système I correspondant au premier cas et le système II correspondant au second¹. À chacun des systèmes correspond un méridien origine auquel on rapporte le méridien central du disque, en donnant la longitude de ce méridien central dans l'un ou l'autre système. Le 14 juillet 1897, les longitudes du méridien central étaient à 12 h (JJ = 2 414 120,0) :

$$l_1 = 47,31^\circ \quad l_2 = 96,58^{\circ 2}$$

L'équateur de Jupiter fait un angle de $3^\circ 4'$ avec le plan de son orbite. Comme le plan de cette orbite fait un angle de $1^\circ 19'$ avec le plan de l'écliptique, on voit que l'angle D , entre la direction Jupiter-Terre et l'équateur jovien est, en valeur absolue, au maximum égal à la somme des angles précédents, soit $4^\circ 23'$. Si l'on se reporte à ce qui a été dit pour Mars, on voit qu'en projection sur la sphère céleste la distance du centre du disque de Jupiter au pôle Nord de Jupiter est égale au produit du rayon polaire de Jupiter par $\cos D$. Comme $\cos D$ est ici égal, au minimum, à 0,997, nous le confondons avec 1. Autrement dit, on suppose que le pôle Nord de Jupiter est toujours projeté sur le contour apparent du disque sur la sphère céleste. Cela revient à considérer que l'angle D est toujours nul, il n'est donc pas donné. On donne en revanche la valeur du diamètre polaire. On trouve également l'angle de phase i , l'angle de position de l'axe P et θ_0 définis comme pour Mars.

-
1. Il existe un troisième système qui ne sera pas mentionné ici.
 2. SEIDELMANN (P. Kenneth), *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, États-Unis, University Science Books, 1992, p. 338.

EXEMPLE 4

Aspect de Jupiter à Angers¹ le 1^{er} novembre 2023 à 4 h UT.

En se reportant aux calculs effectués pour Mars, on trouve :

$$\alpha = 2 \text{ h } 35 \text{ min } 16 \text{ s} \quad T = 6 \text{ h } 38 \text{ min } 32 \text{ s} \quad \delta = 13^{\circ}43,0'$$

$$z = 60,33^{\circ} \quad H = 4 \text{ h } 03 \text{ min } 16 \text{ s} \quad S = 42,79^{\circ}$$

On a aussi : $P = 340,92^{\circ}$; $l_1 = 292,31^{\circ}$ et $l_2 = 92,07^{\circ}$.

Diamètre polaire = $46,3'' = 2OP_n$.

Diamètre équatorial (voir chapitre 4) = $49,5''$.

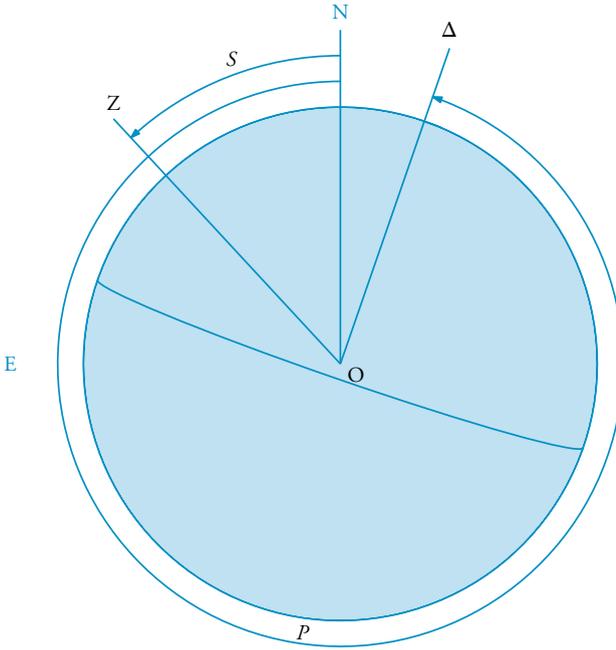


Fig. 3 – Jupiter à Angers le 1^{er} novembre 2023 à 4 h UT.

1. Les coordonnées d'Angers, $\varphi = 47^{\circ}28'$ et $\lambda = -2 \text{ min } 13 \text{ s}$, sont données en fin d'ouvrage.

3.4. Saturne et anneaux

Pour cette planète, on donne :

- l'angle de phase i ;
- l'angle P , angle de position entre la direction du méridien central du disque et la direction du pôle Nord sur la sphère céleste ;
- la latitude saturnicentrique B de la Terre par rapport au plan des anneaux. Si B est positif, on voit de la Terre la face nord des anneaux ; si B est négatif, on en voit la face sud ;
- la latitude saturnicentrique B' du Soleil par rapport au plan des anneaux. Si B' est positif, la face nord des anneaux est éclairée ; si B' est négatif, la face sud est éclairée.

On donne aussi en secondes de degré les grandeurs du grand axe G_a et du petit axe P_a de l'ellipse projection sur la sphère céleste du bord extérieur de l'anneau extérieur. On en déduit les ellipses-projection du bord intérieur de l'anneau extérieur, du bord extérieur de l'anneau intérieur, du bord intérieur de l'anneau intérieur et du bord intérieur de l'anneau de crêpe.

EXEMPLE 5

Aspect de Saturne à Nice¹ le 23 août 2023 à 2 h UT.

En se reportant aux calculs effectués pour Mars, on trouve :

$$\alpha = 22 \text{ h } 26 \text{ min } 48 \text{ s} \quad T = 0 \text{ h } 33 \text{ min } 39 \text{ s} \quad \delta = -11^\circ 37,9'$$

$$z = 62,44^\circ \quad H = 2 \text{ h } 06 \text{ min } 52 \text{ s} \quad S = 25,37^\circ$$

On a aussi en interpolant la table donnée plus loin :

$$P = 5,84^\circ \quad G_a = 43,01'' \quad B = 8,89^\circ$$

$$P_a = 6,65'' \quad B' = 8,94^\circ$$

Diamètre équatorial (*voir* chapitre 4) = 18,9''.

La valeur de la latitude saturnicentrique B' du Soleil est positive, la face nord de l'anneau est éclairée. La latitude saturnicentrique B de la Terre est positive, on voit la face nord des anneaux.

1. Les coordonnées de Nice, $\varphi = 43^\circ 44'$ et $\lambda = 29 \text{ min } 12 \text{ s}$, sont données en fin d'ouvrage.

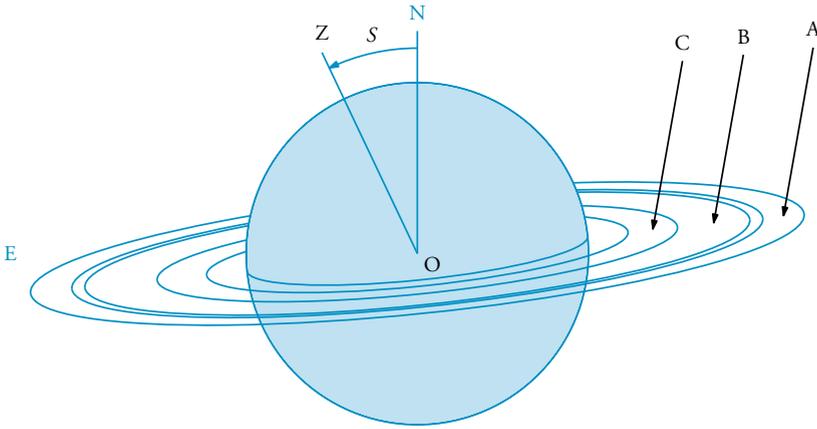


Fig. 4 – Saturne à Nice le 23 août 2023 à 2 h UT.

Sont également représentés les bords des anneaux A (anneau extérieur), B (anneau le plus brillant) et C (anneau de crêpe) et, par conséquent, la division de Cassini. Pour cela, on a multiplié les demi-axes du bord externe de l’anneau extérieur respectivement par 0,9, 0,86, 0,67 et 0,55.

*Mercur*e à 0 h UTC – 2023

Mois	Jour	i	θ	k	Mois	Jour	i	θ	k
Janvier	1	132	257	0,164	Juillet	5	15	258	0,982
	6	166	228	0,015		10	32	271	0,926
	11	153	107	0,054		15	45	278	0,855
	16	124	97	0,219		20	56	283	0,783
	21	102	93	0,394		25	65	287	0,714
	26	86	89	0,534		30	73	290	0,647
	31	74	85	0,639					
Février	5	64	81	0,717	Août	4	81	293	0,579
	10	56	77	0,776		9	89	295	0,507
	15	50	73	0,824		14	98	298	0,427
	20	43	69	0,864		19	109	300	0,335
	25	37	65	0,899		24	123	304	0,230
				29	139	309	0,120		
Mars	2	30	60	0,932	Septembre	3	159	326	0,032
	7	23	55	0,961		8	168	63	0,012
	12	14	46	0,986		13	144	103	0,096
	17	4	352	0,999		18	116	111	0,279
	22	14	258	0,985		23	89	115	0,509
	27	32	248	0,924		28	64	119	0,718
Avril	1	53	245	0,798	Octobre	3	43	122	0,864
	6	76	244	0,620		8	27	124	0,946
	11	98	244	0,431		13	14	128	0,985
	16	118	244	0,263		18	5	145	0,998
	21	138	242	0,130		23	4	276	0,999
	26	157	239	0,040		28	11	289	0,991
Mai	1	176	220	0,001	Novembre	2	17	291	0,977
	6	166	67	0,016		7	23	290	0,959
	11	149	64	0,071		12	30	288	0,934
	16	135	63	0,149		17	37	286	0,902
	21	122	63	0,237		22	45	283	0,856
	26	110	64	0,326		27	54	279	0,791
	31	99	66	0,418					
Juin	5	88	68	0,515	Décembre	2	67	276	0,695
	10	76	71	0,620		7	84	273	0,553
	15	62	75	0,736		12	107	270	0,356
	20	45	81	0,854		17	137	266	0,134
	25	26	91	0,951		22	171	224	0,006
	30	6	130	0,997		27	148	109	0,078

Vénus à 0 h UTC – 2023

Mois	Jour	i	θ	k	Mois	Jour	i	θ	k
		°	°				°	°	
Janvier	1	23	263	0,959	Juillet	5	115	289	0,290
	6	25	261	0,953		10	120	291	0,248
	11	27	259	0,946		15	126	293	0,203
	16	28	257	0,940		20	133	295	0,158
	21	30	255	0,932		25	141	298	0,113
	26	32	253	0,925		30	149	303	0,071
	31	34	252	0,916					
Février	5	35	251	0,908	Août	4	158	312	0,037
	10	37	250	0,899		9	166	334	0,015
	15	39	249	0,889		14	169	24	0,009
	20	41	248	0,879		19	163	64	0,021
	25	43	248	0,868		24	155	80	0,048
				29	146	88	0,085		
Mars	2	45	248	0,856	Septembre	3	138	93	0,129
	7	46	248	0,844		8	131	96	0,174
	12	48	249	0,832		13	124	99	0,220
	17	50	249	0,818		18	118	101	0,263
	22	53	250	0,804		23	113	103	0,304
	27	55	251	0,789		28	108	105	0,342
Avril	1	57	252	0,774	Octobre	3	104	107	0,378
	6	59	254	0,758		8	100	108	0,412
	11	61	256	0,741		13	97	110	0,443
	16	64	258	0,723		18	93	111	0,473
	21	66	260	0,705		23	90	112	0,501
	26	68	262	0,685		28	87	113	0,527
Mai	1	71	264	0,665	Novembre	2	84	114	0,552
	6	73	266	0,644		7	81	114	0,576
	11	76	269	0,622		12	79	115	0,598
	16	79	271	0,599		17	76	115	0,620
	21	81	273	0,575		22	74	115	0,641
	26	84	276	0,549		27	71	114	0,661
	31	87	278	0,523					
Juin	5	91	280	0,495	Décembre	2	69	113	0,680
	10	94	282	0,466		7	67	112	0,698
	15	98	283	0,435		12	64	111	0,716
	20	101	285	0,402		17	62	110	0,732
	25	105	286	0,367		22	60	108	0,748
	30	110	288	0,329		27	58	106	0,764

Mars à 0 h UTC – 2023

Mois	Jour	i °	θ °	k	D °	P °
Janvier	1	19,09	85,64	0,973	- 8,82	324,82
	11	24,88	83,75	0,954	- 9,25	324,54
	21	29,32	82,97	0,936	- 9,04	324,66
	31	32,55	82,94	0,921	- 8,29	325,15
Février	10	34,78	83,47	0,911	- 7,11	325,99
	20	36,24	84,44	0,903	- 5,59	327,17
Mars	2	37,05	85,75	0,899	- 3,79	328,68
	12	37,37	87,35	0,897	- 1,79	330,51
	22	37,30	89,16	0,898	+ 0,37	332,66
Avril	1	36,90	91,13	0,900	+ 2,64	335,10
	11	36,25	93,20	0,903	+ 4,97	337,81
	21	35,40	95,32	0,908	+ 7,33	340,75
Mai	1	34,37	97,45	0,913	+ 9,69	343,90
	11	33,21	99,53	0,918	+ 12,00	347,22
	21	31,93	101,54	0,924	+ 14,25	350,70
	31	30,55	103,44	0,931	+ 16,39	354,29
Juin	10	29,09	105,19	0,937	+ 18,39	357,98
	20	27,56	106,77	0,943	+ 20,23	1,74
	30	25,96	108,17	0,950	+ 21,86	5,55
Juillet	10	24,32	109,37	0,956	+ 23,26	9,37
	20	22,63	110,36	0,962	+ 24,39	13,17
	30	20,90	111,13	0,967	+ 25,24	16,92
Août	9	19,14	111,67	0,972	+ 25,76	20,56
	19	17,34	111,98	0,977	+ 25,95	24,04
	29	15,51	112,04	0,982	+ 25,79	27,30
Septembre	8	13,66	111,85	0,986	+ 25,27	30,26
	18	11,78	111,42	0,989	+ 24,39	32,87
	28	9,89	110,72	0,993	+ 23,17	35,06
Octobre	8	7,98	109,79	0,995	+ 21,60	36,76
	18	6,06	108,62	0,997	+ 19,72	37,94
	28	4,12	107,32	0,999	+ 17,55	38,55
Novembre	7	2,18	106,32	1,000	+ 15,12	38,55
	17	0,25	119,44	1,000	+ 12,46	37,94
	27	1,70	277,17	1,000	+ 9,60	36,71
Décembre	7	3,64	275,75	0,999	+ 6,59	34,87
	17	5,57	273,19	0,998	+ 3,46	32,45
	27	7,48	270,27	0,996	+ 0,25	29,49

*Mars – Longitude du méridien central à 0 h UTC**1^{er} semestre 2023*

Jour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
1	314,30	30,41	127,04	191,62	263,58	324,15
2	305,31	21,09	117,56	182,05	253,95	314,46
3	296,31	11,77	108,07	172,48	244,32	304,77
4	287,31	2,43	98,58	162,90	234,68	295,07
5	278,28	353,09	89,09	153,32	225,05	285,38
6	269,25	343,74	79,59	143,74	215,41	275,68
7	260,21	334,39	70,09	134,16	205,77	265,98
8	251,15	325,02	60,59	124,57	196,13	256,28
9	242,08	315,65	51,08	114,99	186,48	246,57
10	232,99	306,28	41,57	105,40	176,84	236,87
11	223,90	296,89	32,06	95,81	167,19	227,16
12	214,79	287,50	22,54	86,21	157,54	217,45
13	205,68	278,11	13,02	76,62	147,89	207,74
14	196,55	268,71	3,50	67,02	138,24	198,02
15	187,41	259,30	353,98	57,42	128,58	188,31
16	178,26	249,89	344,45	47,82	118,92	178,59
17	169,09	240,47	334,92	38,22	109,27	168,87
18	159,92	231,04	325,38	28,62	99,60	159,15
19	150,73	221,61	315,84	19,01	89,94	149,42
20	141,54	212,18	306,30	9,40	80,28	139,70
21	132,33	202,74	296,76	359,79	70,61	129,97
22	123,11	193,29	287,22	350,18	60,94	120,24
23	113,89	183,84	277,67	340,56	51,27	110,51
24	104,65	174,38	268,12	330,95	41,60	100,77
25	95,40	164,92	258,56	321,33	31,92	91,03
26	86,14	155,46	249,01	311,71	22,25	81,30
27	76,88	145,99	239,45	302,09	12,57	71,56
28	67,60	136,52	229,89	292,46	2,89	61,81
29	58,32		220,32	282,84	353,21	52,07
30	49,03		210,76	273,21	343,52	42,32
31	39,72		201,19		333,84	

*Mars – Longitude du méridien central à 0 h UTC**2^e semestre 2023*

Jour	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1	32,58	89,48	145,15	210,47	266,69	333,55
2	22,83	79,68	135,32	200,65	256,91	323,79
3	13,07	69,87	125,49	190,84	247,12	314,03
4	3,32	60,07	115,67	181,03	237,34	304,27
5	353,56	50,26	105,84	171,22	227,56	294,50
6	343,81	40,45	96,01	161,41	217,78	284,74
7	334,05	30,64	86,19	151,60	208,01	274,98
8	324,29	20,83	76,36	141,79	198,23	265,22
9	314,52	11,02	66,54	131,98	188,45	255,46
10	304,76	1,21	56,71	122,18	178,68	245,70
11	294,99	351,40	46,88	112,37	168,90	235,94
12	285,22	341,58	37,06	102,57	159,13	226,18
13	275,45	331,77	27,23	92,76	149,35	216,42
14	265,68	321,95	17,41	82,96	139,58	206,66
15	255,90	312,13	7,58	73,16	129,81	196,90
16	246,13	302,32	357,76	63,36	120,04	187,14
17	236,35	292,50	347,94	53,56	110,27	177,37
18	226,57	282,68	338,11	43,76	100,50	167,61
19	216,79	272,86	328,29	33,96	90,73	157,85
20	207,00	263,04	318,47	24,16	80,96	148,09
21	197,22	253,21	308,65	14,37	71,19	138,33
22	187,43	243,39	298,83	4,57	61,43	128,56
23	177,64	233,57	289,00	354,78	51,66	118,80
24	167,85	223,74	279,19	344,99	41,90	109,04
25	158,06	213,92	269,37	335,20	32,13	99,27
26	148,27	204,10	259,55	325,41	22,37	89,51
27	138,47	194,27	249,73	315,62	12,60	79,74
28	128,68	184,45	239,91	305,83	2,84	69,98
29	118,88	174,62	230,10	296,04	353,08	60,21
30	109,08	164,80	220,28	286,26	343,31	50,45
31	99,28	154,97		276,47		40,68

Jupiter à 0 h UTC – 2023

Mois	Jour	i	θ_0	P	Diamètre polaire
		°	°	°	"
Janvier	1	11,31	66,77	334,52	36,8
	11	10,89	66,99	334,56	35,7
	21	10,24	67,23	334,63	34,7
	31	9,39	67,51	334,72	33,8
Février	10	8,36	67,86	334,85	33,1
	20	7,19	68,30	335,01	32,4
Mars	2	5,91	68,91	335,22	31,9
	12	4,54	69,80	335,47	31,5
	22	3,11	71,35	335,76	31,2
Avril	1	1,65	75,23	336,10	31,0
	11	0,26	125,42	336,48	31,0
	21	1,37	239,49	336,90	31,0
Mai	1	2,84	244,60	337,35	31,1
	11	4,27	246,53	337,84	31,3
	21	5,64	247,73	338,34	31,7
	31	6,93	248,65	338,86	32,1
Juin	10	8,12	249,44	339,39	32,7
	20	9,19	250,16	339,91	33,3
	30	10,11	250,81	340,42	34,1
Juillet	10	10,86	251,42	340,90	35,0
	20	11,40	251,98	341,33	35,9
	30	11,72	252,49	341,70	37,0
Août	9	11,78	252,94	342,01	38,2
	19	11,56	253,34	342,23	39,4
	29	11,03	253,68	342,35	40,7
Septembre	8	10,17	253,98	342,37	42,0
	18	8,98	254,28	342,28	43,2
	28	7,46	254,63	342,09	44,3
Octobre	8	5,65	255,24	341,81	45,2
	18	3,61	256,72	341,47	45,9
	28	1,43	263,43	341,08	46,3
Novembre	7	0,90	53,76	340,69	46,2
	17	3,09	66,50	340,32	45,9
	27	5,16	68,48	339,99	45,2
Décembre	7	7,00	69,23	339,74	44,2
	17	8,56	69,65	339,56	43,1
	27	9,77	69,96	339,48	41,8

*Jupiter – Longitude l_1 du méridien central à 0 h UTC – Système I**1^{er} semestre 2023*

Jour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
1	58,77	266,51	0,35	207,12	256,98	105,81
2	216,47	64,16	157,99	4,77	54,66	263,54
3	14,16	221,80	315,62	162,42	212,34	61,27
4	171,86	19,45	113,25	320,07	10,03	219,01
5	329,55	177,09	270,89	117,72	167,71	16,74
6	127,24	334,73	68,52	275,37	325,40	174,48
7	284,92	132,37	226,15	73,02	123,09	332,22
8	82,61	290,01	23,79	230,67	280,78	129,97
9	240,29	87,65	181,42	28,32	78,47	287,71
10	37,97	245,29	339,05	185,98	236,16	85,46
11	195,65	42,93	136,69	343,63	33,85	243,21
12	353,33	200,57	294,32	141,29	191,55	40,96
13	151,00	358,21	91,96	298,95	349,25	198,71
14	308,67	155,84	249,59	96,61	146,94	356,46
15	106,35	313,48	47,23	254,27	304,65	154,22
16	264,01	111,12	204,87	51,93	102,35	311,98
17	61,68	268,75	2,50	209,59	260,05	109,74
18	219,35	66,39	160,14	7,25	57,76	267,50
19	17,01	224,02	317,78	164,91	215,46	65,27
20	174,67	21,65	115,42	322,58	13,17	223,04
21	332,33	179,29	273,05	120,25	170,88	20,80
22	129,99	336,92	70,69	277,91	328,59	178,58
23	287,65	134,56	228,33	75,58	126,31	336,35
24	85,31	292,19	25,97	233,25	284,02	134,13
25	242,96	89,82	183,61	30,92	81,74	291,90
26	40,62	247,45	341,26	188,60	239,46	89,68
27	198,27	45,09	138,90	346,27	37,18	247,47
28	355,92	202,72	296,54	143,95	194,90	45,25
29	153,57		94,19	301,62	352,62	203,04
30	311,22		251,83	99,30	150,35	0,83
31	108,87		49,48		308,08	

Jupiter – Longitude l , du méridien central à 0 h UTC – Système I
2^e semestre 2023

Jour	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1	158,62	11,38	226,74	286,67	145,97	206,02
2	316,41	169,25	24,70	84,71	304,00	3,97
3	114,21	327,12	182,67	242,74	102,04	161,92
4	272,01	125,00	340,63	40,77	260,07	319,86
5	69,81	282,88	138,60	198,81	58,10	117,80
6	227,61	80,77	296,57	356,84	216,13	275,74
7	25,42	238,65	94,55	154,88	14,16	73,67
8	183,23	36,54	252,53	312,92	172,19	231,60
9	341,04	194,43	50,51	110,96	330,21	29,52
10	138,85	352,33	208,49	269,00	128,23	187,44
11	296,66	150,23	6,47	67,05	286,25	345,35
12	94,48	308,13	164,46	225,09	84,27	143,26
13	252,30	106,03	322,45	23,13	242,29	301,17
14	50,13	263,94	120,44	181,18	40,30	99,07
15	207,95	61,85	278,44	339,22	198,31	256,97
16	5,78	219,76	76,44	137,27	356,31	54,86
17	163,61	17,67	234,44	295,31	154,32	212,75
18	321,44	175,59	32,44	93,36	312,32	10,63
19	119,28	333,51	190,45	251,40	110,32	168,51
20	277,11	131,44	348,45	49,45	268,31	326,39
21	74,95	289,36	146,46	207,50	66,30	124,26
22	232,80	87,29	304,48	5,54	224,29	282,13
23	30,64	245,22	102,49	163,59	22,27	79,99
24	188,49	43,16	260,51	321,63	180,25	237,85
25	346,34	201,10	58,53	119,68	338,23	35,70
26	144,20	359,04	216,55	277,72	136,21	193,55
27	302,05	156,98	14,57	75,76	294,18	351,40
28	99,91	314,93	172,59	233,81	92,14	149,24
29	257,77	112,88	330,62	31,85	250,11	307,08
30	55,64	270,83	128,65	189,89	48,06	104,91
31	213,51	68,79		347,93		262,74

*Jupiter – Longitude l_2 du méridien central à 0 h UTC – Système II**1^{er} semestre 2023*

Jour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
1	19,37	350,60	230,82	201,06	22,02	354,31
2	169,44	140,62	20,82	351,08	172,07	144,41
3	319,50	290,63	170,82	141,10	322,12	294,51
4	109,57	80,65	320,83	291,12	112,18	84,62
5	259,63	230,66	110,83	81,14	262,23	234,72
6	49,69	20,67	260,83	231,16	52,29	24,83
7	199,75	170,69	50,84	21,18	202,35	174,94
8	349,80	320,70	200,84	171,20	352,41	325,05
9	139,86	110,71	350,85	321,22	142,47	115,17
10	289,91	260,72	140,85	111,25	292,53	265,28
11	79,96	50,73	290,86	261,27	82,59	55,40
12	230,00	200,73	80,86	51,30	232,66	205,52
13	20,05	350,74	230,87	201,33	22,72	355,64
14	170,09	140,75	20,87	351,36	172,79	145,77
15	320,13	290,76	170,88	141,39	322,86	295,90
16	110,17	80,76	320,88	291,42	112,93	86,02
17	260,21	230,77	110,89	81,45	263,01	236,15
18	50,25	20,77	260,90	231,48	53,08	26,29
19	200,28	170,78	50,91	21,52	203,16	176,42
20	350,32	320,78	200,91	171,55	353,24	326,56
21	140,35	110,79	350,92	321,59	143,32	116,70
22	290,38	260,79	140,93	111,62	293,40	266,84
23	80,41	50,80	290,94	261,66	83,48	56,98
24	230,43	200,80	80,95	51,70	233,56	207,13
25	20,46	350,80	230,96	201,75	23,65	357,27
26	170,48	140,81	20,98	351,79	173,74	147,42
27	320,50	290,81	170,99	141,83	323,83	297,58
28	110,53	80,81	321,00	291,88	113,92	87,73
29	260,55		111,02	81,92	264,02	237,89
30	50,57		261,03	231,97	54,11	28,05
31	200,58		51,05		204,21	

Jupiter – Longitude l_2 du méridien central à 0 h UTC – Système II
2^e semestre 2023

Jour	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1	178,21	154,41	133,23	324,25	307,00	138,16
2	328,37	304,66	283,56	114,65	97,41	288,48
3	118,54	94,90	73,89	265,05	247,81	78,80
4	268,70	245,15	224,23	55,45	38,22	229,11
5	58,87	35,40	14,57	205,86	188,62	19,42
6	209,05	185,65	164,91	356,26	339,02	169,73
7	359,22	335,91	315,25	146,67	129,42	320,03
8	149,40	126,16	105,60	297,08	279,81	110,33
9	299,58	276,43	255,95	87,49	70,21	260,62
10	89,76	66,69	46,30	237,90	220,60	50,91
11	239,95	216,96	196,65	28,31	10,99	201,20
12	30,13	7,23	347,01	178,73	161,38	351,48
13	180,32	157,50	137,37	329,14	311,76	141,75
14	330,51	307,78	287,73	119,55	102,14	292,02
15	120,71	98,05	78,10	269,97	252,52	82,29
16	270,91	248,34	228,47	60,38	42,90	232,56
17	61,10	38,62	18,84	210,80	193,27	22,82
18	211,31	188,91	169,21	1,21	343,64	173,07
19	1,51	339,20	319,58	151,63	134,01	323,32
20	151,72	129,49	109,96	302,05	284,38	113,57
21	301,93	279,79	260,34	92,46	74,74	263,81
22	92,14	70,08	50,72	242,88	225,10	54,05
23	242,36	220,39	201,10	33,29	15,45	204,28
24	32,57	10,69	351,49	183,71	165,80	354,51
25	182,80	161,00	141,88	334,12	316,15	144,73
26	333,02	311,31	292,27	124,54	106,49	294,95
27	123,24	101,62	82,66	274,95	256,83	85,17
28	273,47	251,94	233,05	65,36	47,17	235,38
29	63,70	42,26	23,45	215,77	197,51	25,59
30	213,94	192,58	173,85	6,18	347,83	175,79
31	4,17	342,90		156,59		325,99

Saturne et anneaux de Saturne à 0 h UTC – 2023

Mois	Jour	i	P	B	B'	G_a	P_a
		°	°	°	°	"	"
Janvier	1	3,85	6,37	+ 13,63	+ 12,04	35,78	8,43
	11	3,12	6,33	+ 13,18	+ 11,91	35,44	8,08
	21	2,33	6,28	+ 12,70	+ 11,78	35,18	7,73
	31	1,48	6,23	+ 12,19	+ 11,65	35,00	7,39
Février	10	0,61	6,18	+ 11,67	+ 11,52	34,91	7,06
	20	0,32	6,13	+ 11,14	+ 11,39	34,89	6,74
Mars	2	1,19	6,07	+ 10,62	+ 11,26	34,96	6,44
	12	2,05	6,02	+ 10,10	+ 11,13	35,12	6,16
	22	2,86	5,96	+ 9,61	+ 11,00	35,35	5,90
Avril	1	3,62	5,91	+ 9,14	+ 10,87	35,66	5,66
	11	4,29	5,86	+ 8,71	+ 10,73	36,05	5,46
	21	4,87	5,81	+ 8,32	+ 10,60	36,50	5,28
Mai	1	5,34	5,77	+ 7,99	+ 10,47	37,02	5,15
	11	5,68	5,73	+ 7,72	+ 10,34	37,60	5,05
	21	5,88	5,70	+ 7,51	+ 10,20	38,22	4,99
	31	5,93	5,68	+ 7,37	+ 10,07	38,88	4,99
Juin	10	5,82	5,67	+ 7,31	+ 9,94	39,55	5,03
	20	5,55	5,67	+ 7,32	+ 9,80	40,22	5,12
	30	5,11	5,68	+ 7,41	+ 9,67	40,87	5,27
Juillet	10	4,52	5,69	+ 7,57	+ 9,53	41,48	5,46
	20	3,78	5,71	+ 7,79	+ 9,40	42,02	5,70
	30	2,91	5,74	+ 8,07	+ 9,26	42,46	5,96
Août	9	1,94	5,78	+ 8,40	+ 9,13	42,79	6,25
	19	0,91	5,82	+ 8,74	+ 8,99	42,99	6,54
	29	0,26	5,86	+ 9,10	+ 8,86	43,04	6,81
Septembre	8	1,26	5,89	+ 9,45	+ 8,72	42,95	7,05
	18	2,27	5,93	+ 9,77	+ 8,58	42,71	7,25
	28	3,21	5,96	+ 10,05	+ 8,45	42,34	7,39
Octobre	8	4,03	5,99	+ 10,27	+ 8,31	41,86	7,46
	18	4,72	6,01	+ 10,42	+ 8,17	41,29	7,47
	28	5,24	6,02	+ 10,50	+ 8,03	40,66	7,41
Novembre	7	5,60	6,02	+ 10,50	+ 7,89	40,00	7,29
	17	5,79	6,01	+ 10,42	+ 7,76	39,32	7,11
	27	5,80	6,00	+ 10,27	+ 7,62	38,65	6,89
Décembre	7	5,65	5,97	+ 10,04	+ 7,48	38,02	6,63
	17	5,35	5,94	+ 9,74	+ 7,34	37,42	6,33
	27	4,91	5,90	+ 9,38	+ 7,20	36,88	6,01

Chapitre huitième

LES ÉCLIPSES ET LES PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES

En 2023, se produiront :

- une éclipse hybride de Soleil le 20 avril, invisible en France ;
- une éclipse de Lune par la pénombre le 5 mai, visible en France ;
- une éclipse annulaire de Soleil le 14 octobre, invisible en France ;
- une éclipse partielle de Lune le 28 octobre, invisible en France.

Toutes les époques données dans ce chapitre sont exprimées en Temps universel. Les cartes générales des éclipses de Soleil et de Lune pour 2023 et 2024 sont fournies à la fin du chapitre. Les coordonnées terrestres et rectangulaires d'un certain nombre de villes en France sont mentionnées en annexes.

1. ÉCLIPSES DE LUNE

Pour les conditions de visibilité des éclipses de Lune, les symboles suivants sont utilisés :

V	Région de visibilité .
I	Région d' invisibilité .
P1	Limite de la région d'observation de l' entrée dans la pénombre .
O1	Limite de la région d'observation de l' entrée dans l'ombre .
T1	Limite de la région d'observation du commencement de la totalité .
T2	Limite de la région d'observation la fin de la totalité .
O2	Limite de la région d'observation la sortie de l'ombre .
P2	Limite de la région d'observation la sortie de la pénombre .

Éclipses de Lune en 2023

Date	5 mai	28 octobre
Canon d'Oppolzer	(1)	4992
Nature	pénombre	partielle
Visibilité à Paris	visible	visible
	h min	h min
Entrée dans la pénombre	15 14	18 01
Entrée dans l'ombre		19 35
Maximum de l'éclipse	17 22	20 14
Sortie de l'ombre		20 52
Sortie de la pénombre	19 31	22 26
Grandeur de l'éclipse	0,9635038	0,1223711

(1) Les éclipses par la pénombre ne figurent pas dans le canon d'Oppolzer.

Éclipses de Lune en 2024

Date	25 mars	18 septembre
Canon d'Oppolzer	(1)	4993
Nature	pénombre	partielle
Visibilité à Paris	visible	visible
	h min	h min
Entrée dans la pénombre	4 53	0 41
Entrée dans l'ombre		2 12
Maximum de l'éclipse	7 12	2 44
Sortie de l'ombre		3 15
Sortie de la pénombre	9 32	4 47
Grandeur de l'éclipse	0,9555050	0,0851897

(1) Les éclipses par la pénombre ne figurent pas dans le canon d'Oppolzer.

2. ÉCLIPSES DE SOLEIL

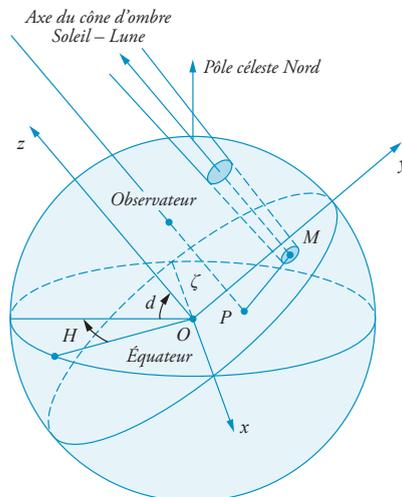
Pour chaque éclipse de Soleil sont donnés le commencement et la fin des différentes phases de l'éclipse : ce sont les circonstances générales de l'éclipse. Ces circonstances générales ne doivent pas être confondues avec les circonstances locales de l'éclipse en un lieu donné. On fournit également les éléments de Bessel, sous la forme de coefficients de développements en polynômes du temps. Pour les éclipses centrales, on donne la bande de centralité et les circonstances locales sur la ligne de centralité.

2.1. Calcul des phases d'une éclipse pour un lieu donné : circonstances locales

Définition

Pour un lieu donné, il convient de déterminer :

1. Les instants des contacts extérieurs, c'est-à-dire le commencement et la fin de l'éclipse ;
2. Les instants (lorsqu'ils existent) des contacts intérieurs, c'est-à-dire le commencement et la fin de la phase totale ou annulaire ;
3. L'instant du maximum de l'éclipse et la valeur de ce maximum ;
4. Les angles au pôle et au zénith de chacun des contacts ;
5. Le lieu d'observation, défini par sa longitude λ (positive à l'ouest et négative à l'est du méridien de Greenwich), sa latitude φ et son altitude h au-dessus du niveau de la mer.



P : projection de l'observateur (ζ, n) sur le plan fondamental.

M : projection de l'axe du cône d'ombre (x, y) sur le plan fondamental.

Fig. 1 – Sphère terrestre et éléments de Bessel.

On définit à chaque instant un système de coordonnées $Oxyz$ de sens direct (fig. 1), dans lequel :

- O est le centre de la Terre ;
- l'axe Oz est parallèle à l'axe des cônes de pénombre et d'ombre, le sens positif étant celui qui va de la Terre à la Lune ;
- l'axe Ox est l'intersection du plan fondamental Oxy perpendiculaire à Oz et du plan de l'équateur terrestre, le sens positif étant vers l'est ;
- l'axe Oy est normal à Ox dans le plan fondamental, le sens positif étant vers le nord.

En utilisant comme unité de longueur le rayon équatorial terrestre, les éléments de Bessel sont définis de la manière suivante :

- x, y et z sont les coordonnées du centre de la Lune ;
- d et H sont la déclinaison de l'axe Oz et son angle horaire par rapport au méridien de Greenwich ;
- u_e et u_i sont les rayons des sections circulaires des cônes de pénombre et d'ombre par le plan fondamental Oxy ;
- f_e et f_i sont les demi-angles au sommet des cônes de pénombre et d'ombre, f_e étant pris par convention positif et f_i négatif.

Les coordonnées ξ, η, ζ du lieu d'observation dans le système $Oxyz$ sont :

$$\begin{aligned}\zeta &= \rho \cdot \cos \varphi' \cdot \sin (H - \lambda) \\ \eta &= \rho \cdot \sin \varphi' \cdot \cos d - \rho \cdot \cos \varphi' \cdot \sin d \cdot \cos (H - \lambda) \\ \xi &= \rho \cdot \sin \varphi' \cdot \sin d + \rho \cdot \cos \varphi' \cdot \cos d \cdot \cos (H - \lambda)\end{aligned}$$

avec :

$$\begin{aligned}\rho \cdot \cos \varphi' &= \cos u + \frac{h}{6\,378\,140} \cdot \cos \varphi \\ \rho \cdot \sin \varphi' &= 0,996\,647 \cdot \sin u + \frac{h}{6\,378\,140} \cdot \sin \varphi\end{aligned}$$

et :

$$\tan u = 0,996\,647 \cdot \tan \varphi$$

où h est l'altitude du lieu exprimée en mètres.

Les variations horaires $\dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}$ de ces coordonnées sont fournies avec une précision de l'ordre de la seconde de temps par les formules suivantes :

\dot{H} étant exprimé en radians par heure,

$$\begin{aligned}\dot{\xi} &= \dot{H} \cdot \rho \cdot \cos \varphi' \cdot \cos (H - \lambda) \\ \dot{\eta} &= \dot{H} \cdot \zeta \cdot \sin d \\ \dot{\zeta} &= -\dot{H} \cdot \zeta \cdot \cos d\end{aligned}$$

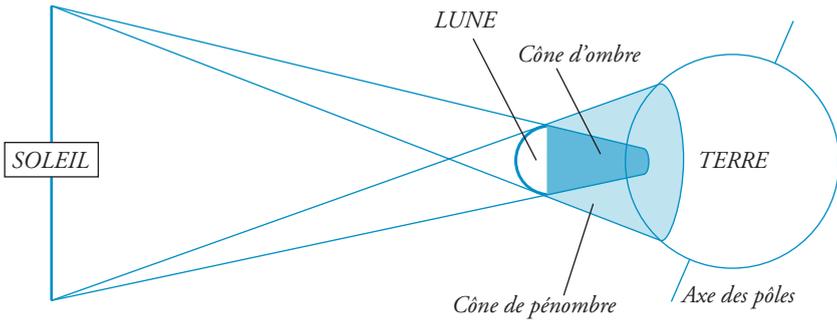


Fig. 2 – Éclipse de Soleil.

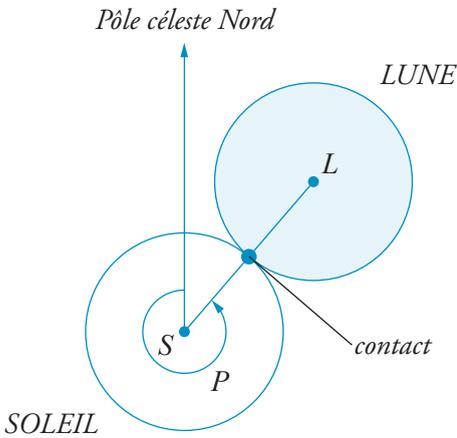


Fig. 3a – Angle au pôle P .

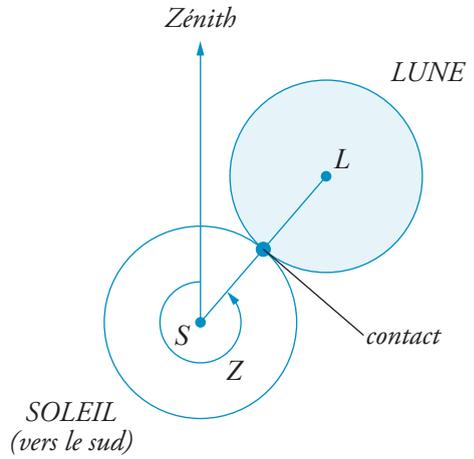
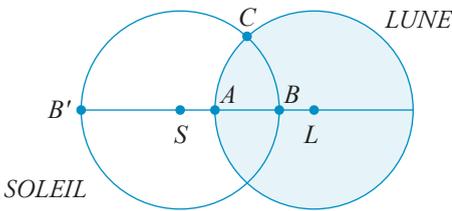


Fig. 3b – Angle au zénith Z .



$$\text{Grandeur d'une éclipse : } g = \frac{AB}{BB'}$$

$$\text{Degré d'obscurité : } \frac{\text{aire } ACBD}{\text{aire totale du Soleil}}$$

Fig. 3c – Grandeur et degré d'obscurité d'une éclipse.

Les rayons l_e et l_i des sections circulaires des cônes de pénombre et d'ombre par le plan mené par le lieu d'observation parallèlement au plan fondamental s'obtiennent par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} l_e &= u_e - \zeta \cdot \tan f_e \\ l_i &= u_i - \zeta \cdot \tan f_i \end{aligned}$$

Les éclipses de Soleil se produisent à la nouvelle Lune, lorsque la Terre passe dans le cône d'ombre ou dans le cône de pénombre de la Lune (fig. 2).

L'angle au pôle P d'un contact est l'angle de la direction SN (partie boréale du cercle horaire du centre S du Soleil) avec l'arc de grand cercle joignant les centres S et L du Soleil et de la Lune, compté positivement dans le sens nord-est-sud-ouest (fig. 3a).

L'angle au zénith Z d'un contact a une définition analogue à celle de P , en remplaçant le cercle horaire du centre S du Soleil par le vertical du même point (fig. 3b).

À un instant donné, la grandeur de l'éclipse est le rapport de la distance du bord du Soleil le plus rapproché du centre de la Lune au bord de la Lune le plus rapproché du centre du Soleil sur le diamètre du Soleil. Le degré d'obscurité est le pourcentage de la surface du disque solaire éclipsé par la Lune (fig. 3c).

2.2. Calculs

Chaque élément de Bessel b est représenté sur un intervalle de temps (t_0, t_1) par des coefficients de développements en polynômes du temps, à l'exception des valeurs $\tan f_e$ et $\tan f_i$ qui sont considérées comme constantes sur l'intervalle. Un élément de Bessel se calcule à un instant T de cet intervalle de temps par la formule :

$$b = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3,$$

où $t = T - t_0$, exprimé en heures, représente le temps écoulé depuis l'instant origine t_0 .

La variation horaire \dot{b} d'un élément de Bessel se calcule par la formule :

$$\dot{b} = b_1 + 2b_2 t + 3b_3 t^2$$

Soient :

$$\begin{aligned} U &= x - \zeta & \dot{U} &= \dot{x} - \dot{\zeta} \\ V &= y - \eta & \dot{V} &= \dot{y} - \dot{\eta} \end{aligned}$$

Calcul de la grandeur maximale

On prend comme valeur de départ t_d l'époque du maximum de l'éclipse, l'instant du maximum t_m se calcule en ajoutant à t_d la valeur τ_m donnée par :

$$\tau_m = - \frac{U\dot{U} + V\dot{V}}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2}$$

On doit réitérer le calcul en prenant comme nouvelle valeur de départ la valeur de t_m . La grandeur maximale est donnée par :

$$g = \frac{l_e - l_m}{l_e - l_i} \text{ pour une éclipse annulaire ou totale au lieu considéré,}$$

$$g = \frac{l_e - l_m}{2l_e - 0,5465} \text{ pour une éclipse partielle,}$$

$$\text{avec : } l_m = \sqrt{U^2 + V^2}$$

Calcul des contacts extérieurs et intérieurs

On prend comme valeurs de départ t_d des contacts extérieurs des valeurs approchées déduites de la carte de l'éclipse et l'on prend comme valeurs de départ des contacts intérieurs (lorsqu'ils existent) la valeur t_m du maximum calculée précédemment.

Pour chaque valeur t_d de départ, on calcule les quantités suivantes :

$$\beta = \frac{U\dot{U} + V\dot{V}}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2} \quad \gamma = \frac{U^2 + V^2 - l^2}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2} \quad \theta = \pm \sqrt{\beta^2 - \gamma}$$

avec $l = l_e$ ou $l = l_i$ et θ étant du signe de β .

Les instants des contacts extérieurs se calculent par la formule $t = t_d - \beta + \theta$ et les instants des contacts intérieurs se calculent par les formules :

$$t = t_d - \beta - |\theta| \text{ pour le premier contact intérieur,}$$

$$\text{et } t = t_d - \beta + |\theta| \text{ pour le second contact intérieur.}$$

Comme pour le calcul du maximum, on doit réitérer les calculs en prenant comme nouvelles valeurs de départ les valeurs t .

Calcul de l'angle au pôle et de l'angle au zénith

La valeur de l'angle au pôle P d'un point de contact est donnée par :

$$\tan P = \frac{U}{V}$$

où $\sin P$ a le signe de U , sauf pour les contacts intérieurs d'une éclipse totale où $\sin P$ est de signe contraire à U .

L'angle au zénith Z d'un point de contact est donné par $Z = P - \Gamma$, en désignant par Γ l'angle parallactique défini d'une façon approchée par :

$$\tan \Gamma = \frac{\xi}{\eta}, \text{ } \sin \Gamma \text{ étant du signe de } \xi.$$

ÉCLIPSE HYBRIDE DE SOLEIL LE 20 AVRIL 2023

Paramètres physiques utilisés dans les calculs

Les instants sont donnés en Temps universel et les longitudes sont comptées à partir du méridien de Greenwich, positivement vers l'ouest et négativement vers l'est. Les écarts entre le centre de figure et le centre de masse de la Lune, déterminés par la sonde spatiale LRO, sont utilisés pour le calcul de la position de la Lune. À l'instant du maximum de l'éclipse, l'écart apparent entre ces deux centres représente une différence en coordonnées équatoriales apparentes de $0,270''$ en ascension droite et de $0,235''$ en déclinaison.

Les paramètres utilisés sont :

- le rayon équatorial solaire $r_s = 695\,700\,000$ mètres ;
- le rapport du rayon lunaire sur le rayon équatorial terrestre $k = 0,272\,5076$;
- le rayon équatorial terrestre $r_o = 6\,378\,137$ mètres ;
- l'inverse de l'aplatissement de l'ellipsoïde terrestre $1/f = 298,257\,223\,563$;
- la différence estimée entre le Temps terrestre (TT) et le Temps universel (UT)
 $\Delta T_e = 69,184$ s.

Éléments de l'éclipse

Instant de la conjonction géocentrique en ascension droite : 3 h 55 min 35,529 s UT.

- Ascension droite du Soleil 1 h 50 min 58,435 s
- Déclinaison du Soleil + 11° 24' 35,84''
- Ascension droite de la Lune 1 h 50 min 58,435 s
- Déclinaison de la Lune + 10° 58' 57,43''
- Parallaxe équatoriale du Soleil 8,76''
- Parallaxe équatoriale de la Lune 0° 58' 20,38''
- Demi-diamètre vrai du Soleil 15' 55,0''
- Demi-diamètre vrai de la Lune 15' 53,8''

Circonstances de l'éclipse

Magnitude : 1,0145 – Canon d'Oppolzer : 7684

	UT	Longitude	Latitude
Commencement de l'éclipse générale	le 20 à 1 h 34 min	+ 75° 59,0'	– 40° 17,4'
Commencement de l'éclipse hybride	le 20 à 2 h 37 min	+ 63° 37,3'	– 48° 26,8'
Commencement de l'éclipse centrale	le 20 à 2 h 37 min	+ 63° 37,1'	– 48° 27,0'
Maximum de l'éclipse	le 20 à 4 h 16 min	+ 125° 46,6'	– 9° 35,4'
Fin de l'éclipse centrale	le 20 à 5 h 56 min	– 178° 48,8'	+ 2° 56,0'
Fin de l'éclipse hybride	le 20 à 5 h 56 min	– 178° 49,5'	+ 2° 56,6'
Fin de l'éclipse générale	le 20 à 6 h 59 min	+ 167° 13,5'	+ 11° 16,8'

Éléments de Bessel sous forme polynomiale

Les séries suivantes représentent un ajustement polynomial par la méthode des moindres carrés des éléments de Bessel présentés dans les pages suivantes.

Pour calculer la valeur de ces coefficients pour un instant T , prendre :

$$t = (T - 18 \text{ h}) + \frac{\delta T}{3600}$$

où T est exprimé en heures et fractions d'heure.

Ces équations ne sont valides que sur l'intervalle $18 \text{ h} < T < 23 \text{ h}$, ne pas les utiliser pour des valeurs extérieures à cet intervalle. δT représente la différence entre ΔT_r et ΔT_e , ΔT_e représente la différence estimée de $TT - UT$ et ΔT_r la différence réelle de $TT - UT$.

Remarque – H est donné en degré par rapport au méridien de Greenwich.

Intervalle de représentation : $t_0 = 1 \text{ h UT}$, $t_1 = 7 \text{ h UT}$

Éléments		b_0 1 ^{er} coefficient	b_1 2 ^e coefficient	b_2 3 ^e coefficient	b_3 4 ^e coefficient
x	–	1,448 383 51	+ 0,494 751 26	+ 0,000 076 25	– 0,000 007 06
y	–	1,155 618 48	+ 0,244 397 49	– 0,000 016 78	– 0,000 003 67
$\sin d$	+	0,197 157 58	+ 0,000 235 38	– 0,000 000 05	
$\cos d$	+	0,980 371 81	– 0,000 047 34	– 0,000 000 02	
H	–	164,768 065 78	+ 15,003 425 69	– 0,000 001 28	– 0,000 000 02
		– 0,004 178 07 δT			
u_e	+	0,546 244 41	+ 0,000 190 87	– 0,000 011 60	
u_i	+	0,000 141 04	– 0,000 189 91	+ 0,000 011 55	
$\tan f_e$	+	0,004 653 18			
$\tan f_i$	–	0,004 629 99			

EXEMPLE DE CALCUL AVEC LES DÉVELOPPEMENTS EN SÉRIES DES ÉLÉMENTS DE BESSEL

Calculer à Nouméa (France) les époques des contacts extérieurs et des maximums de l'éclipse du 20 avril 2023.

Les coordonnées de Nouméa sont les suivantes :

$$\varphi = 22^\circ 16' 05,00'' \text{ S} \quad \lambda = 166^\circ 26' 35,00'' \text{ E} \quad h = 0,0 \text{ m}$$

ce qui donne : $\rho \sin \varphi' = -0,376 5845$ et $\rho \cos \varphi' = 0,925 866 30$

Voici les résultats des deux premières approximations, les calculs intermédiaires sont fournis avec cinq chiffres décimaux. À la fin de la deuxième approximation, on peut estimer que la précision est de l'ordre de quelques secondes de temps.

	<i>Première approximation</i>			<i>Deuxième approximation</i>		
	1 ^{er} contact extérieur	Maximum	2 ^e contact extérieur	1 ^{er} contact extérieur	Maximum	2 ^e contact extérieur
$t(\text{UT})$	4h 30min	5h 30min	6h 00min	4h 19min 59s	5h 18min 27s	6h 09min 52s
H	247,74391°	262,74732°	270,24903°	245,23717°	259,85828°	272,71648°
$\sin d$	0,19798	0,19822	0,19833	0,19794	0,19817	0,19837
$\cos d$	0,98021	0,98016	0,98013	0,98021	0,98017	0,98013
x	0,28388	0,77890	1,02640	0,20117	0,68358	1,10780
ξ	0,75081	0,86547	0,90100	0,72640	0,84779	0,90934
$U = x - \xi$	-0,46694	-0,08657	0,12539	-0,52523	-0,16421	0,19846
y	-0,30059	-0,05650	0,06549	-0,34138	-0,10350	0,10561
η	-0,47639	-0,43431	-0,41137	-0,48277	-0,44286	-0,40364
$V = y - \eta$	0,17580	0,37781	0,47686	0,14139	0,33937	0,50925
$\dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi}$	0,35316	0,40888	0,43918	0,34470	0,39757	0,44938
$\dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}$	0,20522	0,19910	0,19716	0,20651	0,20005	0,19669
l_e	0,54465	0,54572	0,54628	0,54448	0,54550	0,54647
β	-0,77216	0,19256	0,64332	-0,94045	0,01316	0,78690
γ	-0,28594		-0,23865	-0,00373		0,00037
$\theta = \pm \sqrt{\beta^2 - \gamma}$	-0,93924		0,80778	-0,94243		0,78666
$\tau = -\beta + \theta$	-0,16708 h		0,16446 h	-0,00198 h		-0,00023 h
$\tau_m = -\beta$		-0,19256 h			-0,01316 h	
$t + \tau$	4h 19min 59s		6h 09min 52s	4h 19min 51s		6h 09min 51s
$t + \tau_m$		5h 18min 27s			5h 17min 39s	
g					0,30945	
P				285,1°		21,3°
Γ				56,4°		66,1°
$Z = P - \Gamma$				228,7°		315,2°

Notation

La liste suivante donne la notation utilisée :

Lat.	latitude du lieu en degrés comptée positivement vers le nord et négativement vers le sud,
Long.	longitude du lieu en degrés comptée à partir du méridien de Greenwich, positivement vers l'ouest et négativement vers l'est,
h	hauteur en degrés du Soleil au moment du maximum,
L	largeur de l'ombre en kilomètres dans la direction perpendiculaire à son déplacement,
Obs.	dégré d'obscurité, c'est le pourcentage de la surface du disque solaire éclipsé par la Lune,
g	grandeur de l'éclipse,
a	azimut du Soleil en degrés au moment du maximum,
v	vitesse de l'ombre (ou de son prolongement) à la surface terrestre,
P	angle au pôle en degrés,
Z	angle au zénith en degrés.

LIGNE DE CENTRALITÉ

Instant UT	Limite nord		Ligne centrale		Limite sud		Limite centrale	
	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Durée	<i>b</i>
h min	° /	° /	° /	° /	° /	° /	min s	°
2 38	-46 06,3	+ 73 03,6	-46 09,1	+ 72 59,9	-46 11,7	+ 72 56,1	0 06,0	7
2 39	-44 51,1	+ 77 06,4	-44 54,9	+ 77 03,3	-44 58,5	+ 77 00,1	0 09,9	10
2 44	-40 48,1	+ 87 29,4	-40 54,0	+ 87 29,1	-40 59,9	+ 87 28,7	0 21,8	20
2 49	-37 50,0	+ 93 23,9	-37 57,1	+ 93 25,6	-38 04,1	+ 93 27,2	0 30,2	26
2 54	-35 18,4	+ 97 41,0	-35 26,1	+ 97 44,2	-35 33,9	+ 97 47,3	0 37,1	31
2 59	-33 02,6	+ 101 04,6	-33 10,9	+ 101 08,9	-33 19,2	+ 101 13,2	0 43,1	35
3 04	-30 58,0	+ 103 53,8	-31 06,6	+ 103 59,1	-31 15,4	+ 104 04,4	0 48,5	39
3 09	-29 01,7	+ 106 18,9	-29 10,7	+ 106 25,1	-29 19,8	+ 106 31,2	0 53,3	42
3 14	-27 12,2	+ 108 26,5	-27 21,5	+ 108 33,3	-27 30,7	+ 108 40,1	0 57,7	45
3 19	-25 28,2	+ 110 20,5	-25 37,7	+ 110 27,9	-25 47,2	+ 110 35,3	1 01,7	48
3 24	-23 48,9	+ 112 04,1	-23 58,6	+ 112 12,0	-24 08,2	+ 112 19,9	1 05,3	51
3 29	-22 13,7	+ 113 39,3	-22 23,5	+ 113 47,7	-22 33,3	+ 113 56,0	1 08,6	54
3 34	-20 42,0	+ 115 08,0	-20 51,9	+ 115 16,7	-21 01,9	+ 115 25,4	1 11,5	56
3 39	-19 13,5	+ 116 31,3	-19 23,6	+ 116 40,3	-19 33,7	+ 116 49,3	1 14,1	58
3 44	-17 47,9	+ 117 50,4	-17 58,1	+ 117 59,7	-18 08,3	+ 118 08,9	1 16,3	60
3 49	-16 25,0	+ 119 06,1	-16 35,3	+ 119 15,6	-16 45,6	+ 119 25,1	1 18,3	62
3 54	-15 04,5	+ 120 19,3	-15 14,9	+ 120 29,0	-15 25,2	+ 120 38,6	1 19,9	63
3 59	-13 46,3	+ 121 30,5	-13 56,7	+ 121 40,3	-14 07,2	+ 121 50,1	1 21,2	65
4 04	-12 30,2	+ 122 40,4	-12 40,7	+ 122 50,3	-12 51,2	+ 123 00,2	1 22,2	66
4 09	-11 16,1	+ 123 49,5	-11 26,7	+ 123 59,5	-11 37,3	+ 124 09,4	1 22,9	66
4 14	-10 04,0	+ 124 58,3	-10 14,7	+ 125 08,3	-10 25,3	+ 125 18,3	1 23,2	67
4 19	- 8 53,8	+ 126 07,3	- 9 04,5	+ 126 17,3	- 9 15,2	+ 126 27,2	1 23,2	67
4 24	- 7 45,4	+ 127 17,0	- 7 56,2	+ 127 26,9	- 8 06,9	+ 127 36,8	1 22,9	66
4 29	- 6 38,8	+ 128 27,8	- 6 49,6	+ 128 37,6	- 7 00,3	+ 128 47,4	1 22,2	66
4 34	- 5 34,0	+ 129 40,1	- 5 44,8	+ 129 49,8	- 5 55,6	+ 129 59,6	1 21,2	65
4 39	- 4 31,1	+ 130 54,6	- 4 41,8	+ 131 04,2	- 4 52,6	+ 131 13,7	1 19,8	64
4 44	- 3 29,9	+ 132 11,6	- 3 40,7	+ 132 21,1	- 3 51,3	+ 132 30,5	1 18,1	62
4 49	- 2 30,7	+ 133 31,9	- 2 41,3	+ 133 41,1	- 2 51,9	+ 133 50,3	1 15,5	60
4 54	- 1 33,4	+ 134 56,0	- 1 43,9	+ 135 05,0	- 1 54,4	+ 135 13,9	1 13,6	58
4 59	- 0 38,1	+ 136 24,7	- 0 48,5	+ 136 33,4	- 0 58,9	+ 136 42,1	1 10,8	56
5 04	+ 0 15,0	+ 137 58,8	+ 0 04,7	+ 138 07,2	- 0 05,4	+ 138 15,6	1 07,6	54
5 09	+ 1 05,7	+ 139 39,4	+ 0 55,7	+ 139 47,4	+ 0 45,7	+ 139 55,5	1 03,5	52
5 14	+ 1 53,7	+ 141 27,7	+ 1 44,0	+ 141 35,4	+ 1 34,4	+ 141 43,1	1 00,1	49
5 19	+ 2 38,9	+ 143 25,4	+ 2 29,5	+ 143 32,6	+ 2 20,3	+ 143 39,9	0 55,7	46
5 24	+ 3 20,6	+ 145 34,6	+ 3 11,7	+ 145 41,4	+ 3 02,9	+ 145 48,2	0 50,9	43
5 29	+ 3 58,4	+ 147 58,3	+ 3 50,0	+ 148 04,6	+ 3 41,7	+ 148 11,0	0 45,7	39
5 34	+ 4 31,1	+ 150 40,7	+ 4 23,5	+ 150 46,5	+ 4 15,9	+ 150 52,4	0 39,9	36
5 39	+ 4 57,4	+ 153 48,9	+ 4 50,6	+ 153 54,1	+ 4 43,8	+ 153 59,4	0 33,5	31
5 44	+ 5 14,6	+ 157 34,9	+ 5 08,9	+ 157 39,5	+ 5 03,2	+ 157 44,1	0 26,4	27
5 49	+ 5 17,0	+ 162 25,2	+ 5 12,7	+ 162 29,0	+ 5 08,4	+ 162 32,9	0 17,9	21
5 54	+ 4 45,5	+ 169 49,0	+ 4 43,5	+ 169 51,4	+ 4 41,6	+ 169 53,7	0 06,8	12
5 56	+ 3 58,1	+ 175 31,1	+ 3 57,9	+ 175 31,5	+ 3 57,7	+ 175 31,9	0 00,0	6

CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ

Instant		Maximum de l'éclipse						Ligne centrale			Premier contact				
UT	Durée	L	Obs.	g	b	a	v	Lat.	Long.	UT	P	Z			
h min	min s	km	%		°	°	m/s	°	'	°	'	h min	s	°	°
2 38	0 06,0	6	100,0	1,002	7	66	7140	-46	09,1	+ 72	59,9				
2 39	0 09,9	9	100,0	1,002	10	62	4780	-44	54,9	+ 77	03,3				
2 44	0 21,8	18	100,0	1,005	20	54	2375	-40	54,0	+ 87	29,1	1 36	16,1	235	10
2 49	0 30,2	24	100,0	1,007	26	49	1756	-37	57,1	+ 93	25,6	1 38	18,2	233	7
2 54	0 37,1	29	100,0	1,008	31	45	1442	-35	26,1	+ 97	44,2	1 40	49,4	232	6
2 59	0 43,1	32	100,0	1,009	35	42	1247	-33	10,9	+101	08,9	1 43	37,9	231	4
3 04	0 48,5	35	100,0	1,010	39	39	1111	-31	06,6	+103	59,1	1 46	38,6	230	3
3 09	0 53,3	38	100,0	1,011	42	36	1010	-29	10,7	+106	25,1	1 49	48,6	229	2
3 14	0 57,7	40	100,0	1,011	45	33	933	-27	21,5	+108	33,3	1 53	06,3	228	2
3 19	1 01,7	42	100,0	1,012	48	30	871	-25	37,7	+110	27,9	1 56	30,6	227	1
3 24	1 05,3	44	100,0	1,012	51	26	820	-23	58,6	+112	12,0	2 00	00,7	227	1
3 29	1 08,6	46	100,0	1,013	54	23	779	-22	23,5	+113	47,7	2 03	36,2	226	1
3 34	1 11,5	47	100,0	1,013	56	19	744	-20	51,9	+115	16,7	2 07	16,6	226	1
3 39	1 14,1	48	100,0	1,014	58	16	715	-19	23,6	+116	40,3	2 11	01,7	225	1
3 44	1 16,3	49	100,0	1,014	60	11	690	-17	58,1	+117	59,7	2 14	51,4	225	1
3 49	1 18,3	50	100,0	1,014	62	7	668	-16	35,3	+119	15,6	2 18	45,6	225	2
3 54	1 19,9	51	100,0	1,014	63	2	651	-15	14,9	+120	29,0	2 22	44,3	224	3
3 59	1 21,2	52	100,0	1,014	65	356	635	-13	56,7	+121	40,3	2 26	47,5	224	4
4 04	1 22,2	53	100,0	1,014	66	350	623	-12	40,7	+122	50,3	2 30	55,2	224	5
4 09	1 22,9	53	100,0	1,014	66	344	613	-11	26,7	+123	59,5	2 35	07,7	224	7
4 14	1 23,2	53	100,0	1,014	67	338	605	-10	14,7	+125	08,3	2 39	25,2	224	9
4 19	1 23,2	54	100,0	1,014	67	331	600	- 9	04,5	+126	17,3	2 43	47,7	224	12
4 24	1 22,9	54	100,0	1,014	66	325	597	- 7	56,2	+127	26,9	2 48	14,8	224	16
4 29	1 22,2	54	100,0	1,014	66	319	596	- 6	49,6	+128	37,6	2 52	49,6	225	21
4 34	1 21,2	53	100,0	1,014	65	313	597	- 5	44,8	+129	49,8	2 57	29,7	225	27
4 39	1 19,8	53	100,0	1,014	64	308	602	- 4	41,8	+131	04,2	3 02	16,4	225	34
4 44	1 18,1	53	100,0	1,014	62	303	609	- 3	40,7	+132	21,1	3 07	10,5	226	43
4 49	1 15,5	52	100,0	1,013	60	299	620	- 2	41,3	+133	41,1	3 12	12,5	226	54
4 54	1 13,6	51	100,0	1,013	58	295	635	- 1	43,9	+135	05,0	3 17	23,2	227	67
4 59	1 10,8	49	100,0	1,013	56	292	654	- 0	48,5	+136	33,4	3 22	43,3	228	80
5 04	1 07,6	48	100,0	1,012	54	290	679	+ 0	04,7	+138	07,2	3 28	14,0	229	92
5 09	1 03,5	46	100,0	1,012	52	287	711	+ 0	55,7	+139	47,4	3 33	56,3	229	102
5 14	1 00,1	44	100,0	1,011	49	285	752	+ 1	44,0	+141	35,4	3 39	51,5	231	112
5 19	0 55,7	41	100,0	1,011	46	284	804	+ 2	29,5	+143	32,6	3 46	01,1	232	119
5 24	0 50,9	39	100,0	1,010	43	283	872	+ 3	11,7	+145	41,4	3 52	26,8	233	126
5 29	0 45,7	35	100,0	1,009	39	282	962	+ 3	50,0	+148	04,6	3 59	11,0	234	131
5 34	0 39,9	31	100,0	1,008	36	281	1085	+ 4	23,5	+150	46,5	4 06	16,6	236	136
5 39	0 33,5	27	100,0	1,007	31	280	1264	+ 4	50,6	+153	54,1	4 13	47,9	237	140
5 44	0 26,4	22	100,0	1,006	27	280	1548	+ 5	08,9	+157	39,5	4 21	52,1	239	145
5 49	0 17,9	16	100,0	1,004	21	280	2091	+ 5	12,7	+162	29,0	4 30	44,2	241	149
5 54	0 06,8	6	100,0	1,002	12	281	3838	+ 4	43,5	+169	51,4	4 41	14,7	244	153
5 56	0 00,0	1	100,0	1,000	6	281	8343	+ 3	57,9	+175	31,5	4 47	02,8	246	155

CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ

Instant		Deuxième contact				Troisième contact				Quatrième contact						
UT		UT	P	Z	UT	P	Z	UT	P	Z						
h	min	h	min	s	°	°	h	min	s	°	°	h	min	s	°	°
2	38	2	37	57,0	57	197	2	38	03,0	237	17	3	45	15,4	56	202
2	39	2	38	55,1	56	196	2	39	04,9	236	16	3	47	57,3	55	202
2	44	2	43	49,1	53	195	2	44	10,9	233	15	3	58	03,7	52	204
2	49	2	48	44,9	52	194	2	49	15,1	232	14	4	06	32,0	51	207
2	54	2	53	41,5	50	194	2	54	18,5	230	14	4	14	20,2	49	210
2	59	2	58	38,5	49	194	2	59	21,6	229	15	4	21	43,3	48	213
3	04	3	03	35,8	48	195	3	04	24,2	228	15	4	28	47,7	48	217
3	09	3	08	33,4	48	196	3	09	26,7	228	16	4	35	37,3	47	221
3	14	3	13	31,2	47	197	3	14	28,9	227	18	4	42	14,0	47	226
3	19	3	18	29,2	46	199	3	19	30,9	226	19	4	48	39,3	46	231
3	24	3	23	27,4	46	201	3	24	32,7	226	21	4	54	54,3	46	236
3	29	3	28	25,7	45	203	3	29	34,3	225	24	5	00	59,5	46	241
3	34	3	33	24,3	45	206	3	34	35,7	225	27	5	06	55,6	46	247
3	39	3	38	23,0	45	210	3	39	37,0	225	30	5	12	42,9	46	252
3	44	3	43	21,8	45	213	3	44	38,2	225	34	5	18	21,7	46	257
3	49	3	48	20,8	45	218	3	49	39,1	225	38	5	23	52,3	46	263
3	54	3	53	20,0	45	223	3	54	39,9	225	43	5	29	14,7	47	268
3	59	3	58	19,4	45	228	3	59	40,6	225	49	5	34	29,2	47	273
4	04	4	03	18,8	45	234	4	04	41,1	225	55	5	39	35,8	47	277
4	09	4	08	18,5	45	241	4	09	41,4	225	62	5	44	34,8	48	282
4	14	4	13	18,3	45	248	4	14	41,5	225	68	5	49	26,0	49	286
4	19	4	18	18,3	46	255	4	19	41,5	226	75	5	54	09,7	49	290
4	24	4	23	18,5	46	262	4	24	41,4	226	82	5	58	45,9	50	294
4	29	4	28	18,8	47	269	4	29	41,0	227	89	6	03	14,6	50	298
4	34	4	33	19,3	47	275	4	34	40,5	227	96	6	07	36,1	51	301
4	39	4	38	20,0	48	281	4	39	39,8	228	102	6	11	50,2	52	304
4	44	4	43	20,8	49	287	4	44	38,9	229	108	6	15	57,1	53	307
4	49	4	48	22,4	50	293	4	49	37,9	230	113	6	19	56,7	54	310
4	54	4	53	23,1	50	297	4	54	36,7	230	118	6	23	49,3	55	313
4	59	4	58	24,5	51	302	4	59	35,3	231	122	6	27	34,6	55	316
5	04	5	03	26,1	52	306	5	04	33,7	232	126	6	31	12,7	56	319
5	09	5	08	28,4	53	310	5	09	31,9	233	130	6	34	43,5	57	321
5	14	5	13	29,8	54	314	5	14	29,9	235	134	6	38	06,7	58	324
5	19	5	18	32,0	56	317	5	19	27,7	236	137	6	41	22,1	59	327
5	24	5	23	34,4	57	321	5	24	25,4	237	141	6	44	29,0	60	329
5	29	5	28	37,1	58	324	5	29	22,7	238	144	6	47	26,7	61	331
5	34	5	33	40,0	60	327	5	34	19,9	240	147	6	50	13,6	63	334
5	39	5	38	43,1	61	330	5	39	16,7	241	150	6	52	47,4	64	336
5	44	5	43	46,7	63	333	5	44	13,1	243	153	6	55	03,3	65	338
5	49	5	48	51,0	64	336	5	49	08,9	244	156	6	56	51,0	66	341
5	54	5	53	56,6	66	339	5	54	03,4	246	159					
5	56	5	55	59,7	248	161										

ÉCLIPSE HYBRIDE DE SOLEIL LE 14 OCTOBRE 2023

Paramètres physiques utilisés dans les calculs

Les instants sont donnés en Temps universel et les longitudes sont comptées à partir du méridien de Greenwich, positivement vers l'ouest et négativement vers l'est. Les écarts entre le centre de figure et le centre de masse de la Lune, déterminés par la sonde spatiale LRO, sont utilisés pour le calcul de la position de la Lune. À l'instant du maximum de l'éclipse, l'écart apparent entre ces deux centres représente une différence en coordonnées équatoriales apparentes de $0,468''$ en ascension droite et de $-0,040''$ en déclinaison.

Les paramètres utilisés sont :

- le rayon équatorial solaire $r_s = 695\,700\,000$ mètres ;
- le rapport du rayon lunaire sur le rayon équatorial terrestre $k = 0,272\,5076$;
- le rayon équatorial terrestre $r_o = 6\,378\,137$ mètres ;
- l'inverse de l'aplatissement de l'ellipsoïde terrestre $1/f = 298,257\,223\,563$;
- la différence estimée entre le Temps terrestre (TT) et le Temps universel (UT)
 $\Delta T_e = 69,184$ s.

Éléments de l'éclipse

Instant de la conjonction géocentrique en ascension droite : 17 h 36 min 38,836 s UT.

- Ascension droite du Soleil 13 h 18 min 01,910 s
- Déclinaison du Soleil $-8^\circ 14' 15,45''$
- Ascension droite de la Lune 13 h 18 min 01,910 s
- Déclinaison de la Lune $-7^\circ 50' 53,80''$
- Parallaxe équatoriale du Soleil $8,82''$
- Parallaxe équatoriale de la Lune $0^\circ 55' 13,40''$
- Demi-diamètre vrai du Soleil $16' 01,6''$
- Demi-diamètre vrai de la Lune $15' 02,9''$

Circonstances de l'éclipse

Magnitude : 0,9532 – Canon d'Oppolzer : 7685

	UT	Longitude	Latitude
Commencement de l'éclipse générale	le 14 à 15 h 03 min	– $132^\circ 09,8'$	+ $41^\circ 20,0'$
Commencement de l'éclipse annulaire	le 14 à 16 h 10 min	– $146^\circ 29,9'$	+ $48^\circ 57,1'$
Commencement de l'éclipse centrale	le 14 à 16 h 12 min	– $146^\circ 55,1'$	+ $49^\circ 21,0'$
Maximum de l'éclipse	le 14 à 17 h 59 min	– $83^\circ 06,4'$	+ $11^\circ 22,4'$
Fin de l'éclipse centrale	le 14 à 19 h 46 min	– $29^\circ 23,0'$	– $5^\circ 40,9'$
Fin de l'éclipse annulaire	le 14 à 19 h 49 min	– $29^\circ 52,3'$	– $6^\circ 04,8'$
Fin de l'éclipse générale	le 14 à 20 h 55 min	– $45^\circ 16,6'$	– $13^\circ 47,9'$

Éléments de Bessel sous forme polynomiale

Les séries suivantes représentent un ajustement polynomial par la méthode des moindres carrés des éléments de Bessel présentés dans les pages suivantes.

Pour calculer la valeur de ces coefficients pour un instant T , prendre :

$$t = (T - 18 \text{ h}) + \frac{\delta T}{3600}$$

où T est exprimé en heures et fractions d'heure.

Ces équations ne sont valides que sur l'intervalle $18 \text{ h} < T < 23 \text{ h}$, ne pas les utiliser pour des valeurs extérieures à cet intervalle. δT représente la différence entre ΔT_r et ΔT_e , ΔT_e représente la différence estimée de TT – UT et ΔT_r la différence réelle de TT – UT.

Remarque – H est donné en degré par rapport au méridien de Greenwich.

Intervalle de représentation : $t_0 = 15 \text{ h UT}$, $t_1 = 21 \text{ h UT}$

Éléments	b_0 1 ^{er} coefficient	b_1 2 ^e coefficient	b_2 3 ^e coefficient	b_3 4 ^e coefficient
x	– 1,196 803 70	+ 0,458 245 66	+ 0,000 076 02	– 0,000 005 43
y	+ 1,054 463 23	– 0,241 431 61	– 0,000 002 87	+ 0,000 003 03
$\sin d$	– 0,142 625 15	– 0,000 257 36	+ 0,000 000 03	
$\cos d$	+ 0,989 776 78	– 0,000 037 08	– 0,000 000 03	
H	+ 48,490 402 44	+ 15,003 539 38	– 0,000 001 72	– 0,000 000 01
	– 0,004 178 07 δT			
u_e	+ 0,564 383 39	– 0,000 027 41	– 0,000 010 28	
u_i	– 0,017 907 45	+ 0,000 027 28	+ 0,000 010 23	
$\tan f_e$	+ 0,004 686 10			
$\tan f_i$	– 0,004 662 74			

LIGNE DE CENTRALITÉ

Instant		Limite nord		Ligne centrale				Limite sud		Limite centrale						
UT		Lat.	Long.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Durée	<i>b</i>					
h	min	°	'	°	'	°	'	°	'	min	s	°				
16	13	+ 50	22,9	- 146	24,9	+ 47	57,9	- 139	02,3	+ 46	17,1	- 136	17,2	4	18,9	5
16	14	+ 48	31,3	- 136	33,0	+ 46	52,2	- 134	12,2	+ 45	25,2	- 132	44,6	4	21,9	9
16	19	+ 44	33,3	- 123	03,3	+ 43	22,5	- 122	48,7	+ 42	14,7	- 122	40,6	4	29,9	19
16	24	+ 41	45,8	- 116	20,6	+ 40	44,2	- 116	29,9	+ 39	44,3	- 116	41,9	4	35,1	25
16	29	+ 39	22,3	- 111	37,7	+ 38	26,4	- 111	57,8	+ 37	31,8	- 112	19,2	4	39,2	30
16	34	+ 37	12,7	- 107	58,2	+ 36	21,1	- 108	24,2	+ 35	30,4	- 108	50,8	4	42,8	34
16	39	+ 35	13,0	- 104	58,5	+ 34	24,6	- 105	28,1	+ 33	37,1	- 105	58,1	4	45,8	38
16	44	+ 33	20,6	- 102	26,5	+ 32	34,9	- 102	58,5	+ 31	50,0	- 103	30,6	4	48,6	41
16	49	+ 31	34,1	- 100	14,8	+ 30	50,6	- 100	48,4	+ 30	07,8	- 101	22,0	4	51,0	44
16	54	+ 29	52,5	- 98	18,6	+ 29	10,9	- 98	53,2	+ 28	29,9	- 99	27,8	4	53,3	47
16	59	+ 28	15,0	- 96	34,5	+ 27	35,0	- 97	09,9	+ 26	55,5	- 97	45,2	4	55,3	50
17	04	+ 26	41,1	- 95	00,1	+ 26	02,4	- 95	36,0	+ 25	24,3	- 96	11,7	4	57,2	52
17	09	+ 25	10,3	- 93	33,5	+ 24	32,8	- 94	09,7	+ 23	55,7	- 94	45,8	4	58,9	55
17	14	+ 23	42,4	- 92	13,2	+ 23	05,8	- 92	49,7	+ 22	29,7	- 93	26,1	5	00,4	57
17	19	+ 22	16,9	- 90	58,2	+ 21	41,1	- 91	34,9	+ 21	05,8	- 92	11,4	5	01,9	59
17	24	+ 20	53,8	- 89	47,4	+ 20	18,6	- 90	24,2	+ 19	44,0	- 91	00,8	5	03,2	61
17	29	+ 19	32,7	- 88	40,1	+ 18	58,1	- 89	17,0	+ 18	24,0	- 89	53,7	5	04,3	63
17	34	+ 18	13,6	- 87	35,5	+ 17	39,4	- 88	12,4	+ 17	05,7	- 88	49,2	5	04,5	64
17	39	+ 16	56,3	- 86	33,1	+ 16	22,4	- 87	10,1	+ 15	49,0	- 87	46,9	5	06,4	65
17	44	+ 15	40,7	- 85	32,3	+ 15	07,0	- 86	09,4	+ 14	33,8	- 86	46,2	5	07,2	66
17	49	+ 14	26,7	- 84	32,6	+ 13	53,1	- 85	09,8	+ 13	19,9	- 85	46,7	5	07,9	67
17	54	+ 13	14,2	- 83	33,7	+ 12	40,6	- 84	10,9	+ 12	07,5	- 84	47,9	5	08,6	68
17	59	+ 12	03,1	- 82	35,0	+ 11	29,4	- 83	12,3	+ 10	56,3	- 83	49,4	5	09,0	68
18	04	+ 10	53,5	- 81	36,2	+ 10	19,6	- 82	13,6	+ 9	46,3	- 82	50,7	5	08,9	68
18	09	+ 9	45,2	- 80	36,9	+ 9	11,1	- 81	14,4	+ 8	37,5	- 81	51,6	5	09,6	67
18	14	+ 8	38,3	- 79	36,7	+ 8	03,8	- 80	14,2	+ 7	29,9	- 80	51,6	5	09,7	67
18	19	+ 7	32,6	- 78	35,1	+ 6	57,7	- 79	12,8	+ 6	23,4	- 79	50,3	5	09,6	66
18	24	+ 6	28,2	- 77	31,8	+ 5	52,8	- 78	09,6	+ 5	18,0	- 78	47,2	5	09,3	64
18	29	+ 5	25,2	- 76	26,2	+ 4	49,1	- 77	04,2	+ 4	13,8	- 77	42,0	5	08,9	63
18	34	+ 4	23,4	- 75	17,9	+ 3	46,7	- 75	56,2	+ 3	10,7	- 76	34,2	5	07,3	61
18	39	+ 3	23,0	- 74	06,4	+ 2	45,5	- 74	44,9	+ 2	08,8	- 75	23,1	5	06,5	60
18	44	+ 2	23,9	- 72	51,1	+ 1	45,7	- 73	29,8	+ 1	08,1	- 74	08,3	5	06,2	57
18	49	+ 1	26,4	- 71	31,1	+ 0	47,2	- 72	10,2	+ 0	08,7	- 72	48,9	5	04,1	55
18	54	+ 0	30,3	- 70	05,7	- 0	09,9	- 70	45,2	- 0	49,3	- 71	24,3	5	03,2	53
18	59	- 0	24,0	- 68	33,9	- 1	05,3	- 69	13,8	- 1	45,9	- 69	53,3	5	01,3	50
19	04	- 1	16,6	- 66	54,3	- 1	59,1	- 67	34,8	- 2	40,8	- 68	14,8	4	59,1	48
19	09	- 2	07,0	- 65	05,4	- 2	50,9	- 65	46,6	- 3	33,9	- 66	27,3	4	56,5	45
19	14	- 2	55,1	- 63	05,0	- 3	40,4	- 63	47,1	- 4	24,9	- 64	28,6	4	53,5	42
19	19	- 3	40,3	- 60	50,1	- 4	27,3	- 61	33,4	- 5	13,4	- 62	16,0	4	49,5	39
19	24	- 4	22,0	- 58	16,2	- 5	10,9	- 59	01,3	- 5	58,8	- 59	45,5	4	46,3	35
19	29	- 4	59,0	- 55	16,2	- 5	50,1	- 56	04,1	- 6	40,2	- 56	50,7	4	41,8	31
19	34	- 5	29,4	- 51	37,4	- 6	23,3	- 52	30,1	- 7	16,0	- 53	20,8	4	36,6	26
19	39	- 5	48,6	- 46	51,2	- 6	46,5	- 47	53,9	- 7	42,9	- 48	53,1	4	30,3	20
19	46	- 4	55,9	- 31	41,6	- 6	26,7	- 35	43,4	- 7	39,9	- 38	01,8	4	16,1	7

CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ

Instant		Maximum de l'éclipse						Ligne centrale			Premier contact				
UT	Durée	<i>L</i>	Obs.	<i>g</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>v</i>	Lat.	Long.	UT	<i>P</i>	<i>Z</i>			
h min	min s	km	%		°	°	m/s	°	'	°	'	h min	s	°	'
16 13	4 18,9	232	88,4	0,940	5	109	8544	+47	57,9	-139	02,3				
16 14	4 21,9	227	88,6	0,941	9	112	5070	+46	52,2	-134	12,2				
16 19	4 29,9	215	89,0	0,943	19	122	2358	+43	22,5	-122	48,7	15 05	19,7	305	350
16 24	4 35,1	208	89,3	0,945	25	127	1723	+40	44,2	-116	29,9	15 06	57,1	307	353
16 29	4 39,2	202	89,5	0,946	30	131	1408	+38	26,4	-111	57,8	15 09	08,5	309	355
16 34	4 42,8	198	89,7	0,947	34	135	1213	+36	21,1	-108	24,2	15 11	40,0	310	356
16 39	4 45,8	194	89,9	0,948	38	138	1078	+34	24,6	-105	28,1	15 14	25,4	311	358
16 44	4 48,6	192	90,0	0,949	41	141	979	+32	34,9	-102	58,5	15 17	21,5	312	359
16 49	4 51,0	189	90,1	0,949	44	144	902	+30	50,6	-100	48,4	15 20	26,3	313	0
16 54	4 53,3	187	90,2	0,950	47	147	841	+29	10,9	-98	53,2	15 23	38,7	314	1
16 59	4 55,3	185	90,3	0,950	50	150	792	+27	35,0	-97	09,9	15 26	57,6	315	2
17 04	4 57,2	184	90,4	0,951	52	153	751	+26	02,4	-95	36,0	15 30	22,5	316	3
17 09	4 58,9	182	90,5	0,951	55	157	716	+24	32,8	-94	09,7	15 33	52,9	316	3
17 14	5 00,4	181	90,6	0,952	57	160	687	+23	05,8	-92	49,7	15 37	28,5	317	4
17 19	5 01,9	181	90,6	0,952	59	164	662	+21	41,1	-91	34,9	15 41	09,0	318	4
17 24	5 03,2	180	90,7	0,952	61	168	641	+20	18,6	-90	24,2	15 44	54,3	318	4
17 29	5 04,3	180	90,7	0,952	63	172	623	+18	58,1	-89	17,0	15 48	44,3	319	4
17 34	5 04,5	180	90,8	0,953	64	177	607	+17	39,4	-88	12,4	15 52	38,8	319	4
17 39	5 06,4	180	90,8	0,953	65	183	594	+16	22,4	-87	10,1	15 56	37,9	319	4
17 44	5 07,2	180	90,8	0,953	66	188	583	+15	07,0	-86	09,4	16 00	41,6	320	3
17 49	5 07,9	181	90,8	0,953	67	194	573	+13	53,1	-85	09,8	16 04	49,9	320	3
17 54	5 08,6	182	90,9	0,953	68	201	566	+12	40,6	-84	10,9	16 09	03,0	320	1
17 59	5 09,0	183	90,9	0,953	68	207	560	+11	29,4	-83	12,3	16 13	21,0	320	0
18 04	5 08,9	184	90,9	0,953	68	214	556	+10	19,6	-82	13,6	16 17	44,1	320	358
18 09	5 09,6	185	90,9	0,953	67	220	554	+9	11,1	-81	14,4	16 22	12,5	320	355
18 14	5 09,7	187	90,8	0,953	67	226	553	+8	03,8	-80	14,2	16 26	46,6	320	352
18 19	5 09,6	188	90,8	0,953	66	232	555	+6	57,7	-79	12,8	16 31	26,7	320	347
18 24	5 09,3	190	90,8	0,953	64	237	558	+5	52,8	-78	09,6	16 36	13,2	319	341
18 29	5 08,9	192	90,8	0,953	63	241	564	+4	49,1	-77	04,2	16 41	06,6	319	333
18 34	5 07,3	194	90,7	0,953	61	245	573	+3	46,7	-75	56,2	16 46	07,5	319	323
18 39	5 06,5	196	90,7	0,952	60	249	585	+2	45,5	-74	44,9	16 51	16,6	318	310
18 44	5 06,2	198	90,7	0,952	57	252	600	+1	45,7	-73	29,8	16 56	34,6	317	295
18 49	5 04,1	200	90,6	0,952	55	254	620	+0	47,2	-72	10,2	17 02	02,5	317	279
18 54	5 03,2	202	90,5	0,952	53	256	645	-0	09,9	-70	45,2	17 07	40,8	316	265
18 59	5 01,3	204	90,5	0,951	50	258	676	-1	05,3	-69	13,8	17 13	32,3	315	254
19 04	4 59,1	206	90,4	0,951	48	260	716	-1	59,1	-67	34,8	17 19	36,9	314	245
19 09	4 56,5	208	90,3	0,950	45	261	767	-2	50,9	-65	46,6	17 25	57,6	313	238
19 14	4 53,5	210	90,2	0,950	42	262	833	-3	40,4	-63	47,1	17 32	33,9	312	232
19 19	4 49,5	212	90,1	0,949	39	263	919	-4	27,3	-61	33,4	17 39	31,1	310	227
19 24	4 46,3	214	89,9	0,948	35	264	1038	-5	10,9	-59	01,3	17 46	51,6	309	222
19 29	4 41,8	216	89,7	0,947	31	264	1209	-5	50,1	-56	04,1	17 54	40,4	307	218
19 34	4 36,6	218	89,5	0,946	26	264	1480	-6	23,3	-52	30,1	18 03	05,7	305	215
19 39	4 30,3	221	89,3	0,945	20	264	1992	-6	46,5	-47	53,9	18 12	24,3	303	211
19 46	4 16,1	230	88,6	0,941	7	262	7041	-6	26,7	-35	43,4	18 29	32,3	298	205

CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ

Instant UT	Deuxième contact					Troisième contact					Quatrième contact				
	UT	P	Z	P	Z	UT	P	Z	P	Z	UT	P	Z		
h min	h min	s	°	°	h min	s	°	°	h min	s	°	°			
16 13	16 10	50,5	303	343	16 15	09,4	123	163	17 26	04,9	125	159			
16 14	16 11	49,0	304	344	16 16	10,9	124	164	17 29	15,2	126	159			
16 19	16 16	45,0	307	346	16 21	14,9	127	166	17 40	14,7	129	157			
16 24	16 21	42,4	309	347	16 26	17,5	129	167	17 49	12,1	131	155			
16 29	16 26	40,3	311	348	16 31	19,6	131	167	17 57	21,7	132	152			
16 34	16 31	38,6	312	348	16 36	21,3	132	167	18 05	01,8	133	149			
16 39	16 36	37,0	313	347	16 41	22,9	133	167	18 12	20,3	134	145			
16 44	16 41	35,7	314	347	16 46	24,2	134	166	18 19	21,6	135	141			
16 49	16 46	34,4	315	346	16 51	25,5	135	165	18 26	08,4	136	137			
16 54	16 51	33,3	316	345	16 56	26,6	136	164	18 32	42,4	136	132			
16 59	16 56	32,3	317	344	17 01	27,6	137	162	18 39	05,1	137	128			
17 04	17 01	31,4	317	342	17 06	28,5	137	161	18 45	17,4	137	123			
17 09	17 06	30,5	318	340	17 11	29,4	138	158	18 51	19,9	137	118			
17 14	17 11	29,8	318	338	17 16	30,2	138	156	18 57	13,4	138	113			
17 19	17 16	29,1	319	335	17 21	30,9	139	153	19 02	58,1	138	108			
17 24	17 21	28,4	319	332	17 26	31,6	139	149	19 08	34,5	138	103			
17 29	17 26	27,8	319	328	17 31	32,2	139	145	19 14	02,9	137	98			
17 34	17 31	28,2	319	323	17 36	32,7	139	140	19 19	23,4	137	93			
17 39	17 36	26,8	319	318	17 41	33,2	139	135	19 24	36,3	137	89			
17 44	17 41	26,4	319	313	17 46	33,6	139	130	19 29	41,8	137	85			
17 49	17 46	26,0	319	307	17 51	34,0	139	123	19 34	39,9	136	81			
17 54	17 51	25,7	319	300	17 56	34,3	139	117	19 39	30,7	136	77			
17 59	17 56	25,5	319	293	18 01	34,5	139	110	19 44	14,4	135	73			
18 04	18 01	25,8	319	286	18 06	34,7	138	103	19 48	51,0	135	70			
18 09	18 06	25,2	318	279	18 11	34,8	138	97	19 53	20,6	134	67			
18 14	18 11	25,2	318	273	18 16	34,9	138	90	19 57	43,3	133	63			
18 19	18 16	25,2	317	266	18 21	34,8	137	84	20 01	59,0	133	60			
18 24	18 21	25,4	317	260	18 26	34,7	136	78	20 06	07,9	132	57			
18 29	18 26	25,6	316	255	18 31	34,5	136	73	20 10	10,0	131	54			
18 34	18 31	26,8	315	250	18 36	34,1	135	68	20 14	05,3	130	52			
18 39	18 36	27,2	314	245	18 41	33,7	134	64	20 17	53,7	130	49			
18 44	18 41	26,9	314	241	18 46	33,1	133	60	20 21	35,3	129	46			
18 49	18 46	28,4	313	237	18 51	32,4	132	56	20 25	10,1	128	44			
18 54	18 51	28,4	312	233	18 56	31,6	131	52	20 28	37,8	127	41			
18 59	18 56	29,4	311	229	19 01	30,7	130	49	20 31	58,3	126	39			
19 04	19 01	30,5	309	226	19 06	29,5	129	45	20 35	11,3	125	37			
19 09	19 06	31,8	308	223	19 11	28,2	128	42	20 38	16,4	124	34			
19 14	19 11	33,2	307	220	19 16	26,7	127	39	20 41	13,0	123	32			
19 19	19 16	35,5	306	217	19 21	25,1	125	36	20 44	00,0	122	30			
19 24	19 21	36,9	304	214	19 26	23,1	124	33	20 46	35,8	120	27			
19 29	19 26	39,1	303	211	19 31	20,9	122	31	20 48	57,8	119	25			
19 34	19 31	41,7	301	208	19 36	18,3	121	28	20 51	01,0	118	22			
19 39	19 36	44,8	299	205	19 41	15,1	119	25	20 52	34,3	116	20			
19 46	19 43	51,9	295	200	19 48	08,0	115	20							

ÉCLIPSES DE SOLEIL EN 2024

Circonstance de l'éclipse totale de Soleil du 8 avril 2024

Phases	Temps universel	Lieu	
		Longitude	Latitude
Commencement de l'éclipse générale	15 h 42 min	– 143°06,6'	– 14°57,6'
Commencement de l'éclipse totale	16 h 38 min	– 158°12,8'	– 8°02,5'
Commencement de l'éclipse centrale	16 h 40 min	– 158°32,3'	– 7°49,2'
Maximum de l'éclipse	18 h 17 min	– 104°08,7'	+ 25°17,5'
Fin de l'éclipse centrale	19 h 54 min	– 19°47,4'	+ 47°37,3'
Fin de l'éclipse totale	19 h 55 min	– 20°08,7'	+ 47°24,4'
Fin de l'éclipse générale	20 h 52 min	– 36°06,2'	+ 40°33,1'

Magnitude : 1,0579 – Canon d'Oppolzer : 7686

Remarque – Cette éclipse n'est pas visible en France métropolitaine

Circonstance de l'éclipse annulaire de Soleil du 2 octobre 2024

Phases	Temps universel	Lieu	
		Longitude	Latitude
Commencement de l'éclipse générale	15 h 42 min	– 147°19,7'	+ 16°02,5'
Commencement de l'éclipse annulaire	16 h 50 min	– 164°45,8'	+ 8°52,9'
Commencement de l'éclipse centrale	16 h 53 min	– 165°33,0'	+ 8°23,0'
Maximum de l'éclipse	18 h 45 min	– 114°30,8'	– 21°57,0'
Fin de l'éclipse centrale	20 h 36 min	– 37°05,2'	– 49°28,5'
Fin de l'éclipse annulaire	20 h 39 min	– 37°55,3'	– 48°58,7'
Fin de l'éclipse générale	21 h 46 min	– 55°52,1'	– 41°51,2'

Magnitude : 0,9337 – Canon d'Oppolzer : 7687

Remarque – Cette éclipse n'est pas visible en France métropolitaine

Coefficients des développements des éléments de Bessel en polynômes du temps

Éclipse totale de Soleil du 8 avril 2024

Intervalle de représentation : $t_0 = 15$ h UT, $t_1 = 21$ h UT

Éléments		b_0	b_1	b_2	b_3
		1 ^{er} coefficient	2 ^e coefficient	3 ^e coefficient	4 ^e coefficient
x	-	1,843 041 46	+ 0,511 295 81	+ 0,000 107 37	- 0,000 008 42
y	-	0,588 311 13	+ 0,271 190 37	- 0,000 018 05	- 0,000 004 66
$\sin d$	+	0,131 251 55	+ 0,000 257 02	- 0,000 000 04	
$\cos d$	+	0,991 349 10	- 0,000 034 03	- 0,000 000 03	
H	+	44,578 252 55	+ 15,004 086 48	- 0,000 000 62	- 0,000 000 02
		- 0,004 178 07 δT			
u_e	+	0,535 426 17	+ 0,000 138 12	- 0,000 012 77	
u_i	+	0,010 905 39	- 0,000 137 43	+ 0,000 012 71	
$\tan f_e$	+	0,004 666 50			
$\tan f_i$	-	0,004 643 24			

Éclipse annulaire de Soleil du 2 octobre 2024

Intervalle de représentation : $t_0 = 15$ h UT, $t_1 = 22$ h UT

Éléments		b_0	b_1	b_2	b_3
		1 ^{er} coefficient	2 ^e coefficient	3 ^e coefficient	4 ^e coefficient
x	-	1,825 510 82	+ 0,441 282 54	+ 0,000 070 99	- 0,000 004 83
y	+	0,606 764 36	- 0,243 700 10	+ 0,000 000 25	+ 0,000 002 84
$\sin d$	-	0,068 458 88	- 0,000 270 17	+ 0,000 000 01	
$\cos d$	+	0,997 653 94	- 0,000 018 54	- 0,000 000 04	
H	+	47,713 036 95	+ 15,004 338 78	- 0,000 000 97	- 0,000 000 01
		- 0,004 178 07 δT			
u_e	+	0,570 090 15	+ 0,000 077 78	- 0,000 009 76	
u_i	-	0,023 585 80	- 0,000 077 39	+ 0,000 009 71	
$\tan f_e$	+	0,004 671 25			
$\tan f_i$	-	0,004 647 96			

3. PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES

On donne ci-contre l'époque, en Temps universel et par ordre chronologique, des phénomènes astronomiques suivants :

1. Les *conjonctions* et *oppositions* des planètes supérieures avec le Soleil : les longitudes géocentriques de la planète et du Soleil sont égales ou différent de 180° ;
2. Les *conjonctions* des planètes inférieures avec le Soleil : les longitudes géocentriques de la planète et du Soleil sont égales. Les conjonctions sont dites *supérieures* ou *inférieures* suivant que la distance de la planète à la Terre est plus grande ou plus petite qu'une unité astronomique ;
3. Les *plus grandes elongations* des planètes inférieures : la distance angulaire apparente entre la planète et le Soleil est maximale (abréviation : **PGÉ**) ;
4. Les *apogées* et *périgées* du Soleil et de la Lune et les *périgées* des planètes : la distance de l'astre considéré à la Terre est maximale (apogée) ou minimale (périgée) ;
5. Les *périhélies* des planètes : le rayon vecteur de la planète, c'est-à-dire sa distance au Soleil, est minimal dans une révolution de la planète ;
6. Les *phases* de Lune ;
7. Les *éclipses* de Lune et de Soleil (pour plus de détails, *voir* précédemment) ;
8. Les *équinoxes* et les *solstices* (pour l'hémisphère nord).

Phénomènes astronomiques en 2023

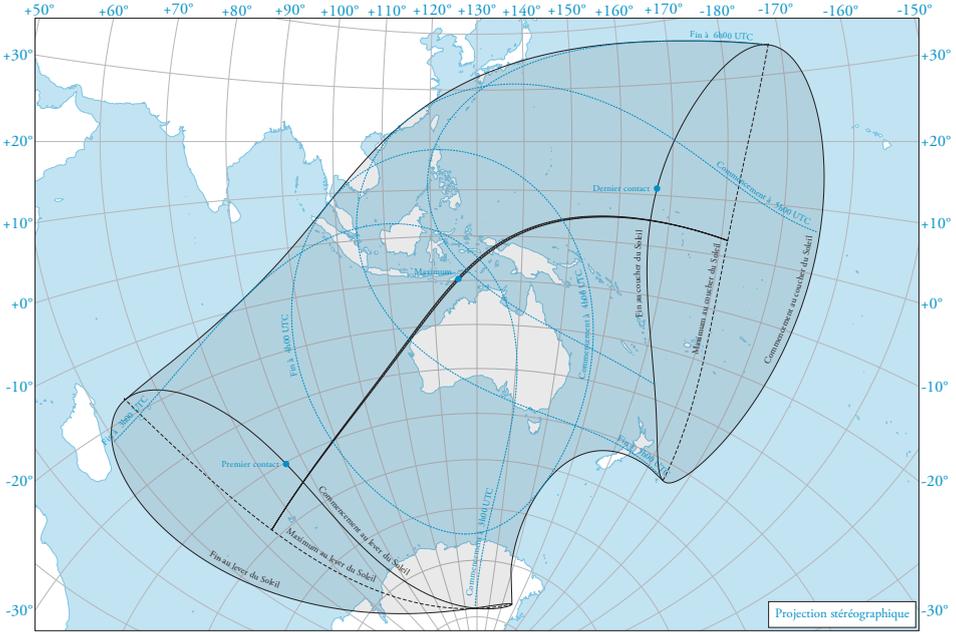
Date	Heure	Astre	Phénomène	Date	Heure	Astre	Phénomène
JANVIER				AVRIL			
2	20 h 16	Mercure	Périhélie	6	4 h 35	Lune	Pleine Lune
4	16 h 17	Soleil	Périgée	11	22 h 07	Jupiter	Conjonction
6	23 h 08	Lune	Pleine Lune	11	22 h 10	Mercure	PGÉ 19° 29' Est
7	12 h 57	Mercure	Conjonction inférieure	13	9 h 11	Lune	Dernier quartier
8	8 h 35	Mercure	Périgée	13	14 h 38	Jupiter	Apogée
8	9 h 19	Lune	Apogée	16	2 h 24	Lune	Périgée
15	2 h 10	Lune	Dernier quartier	17	13 h 34	Vénus	Périhélie
20	11 h 41	Jupiter	Périhélie	20	4 h 13	Lune	Nouvelle Lune
21	20 h 53	Lune	Nouvelle Lune	20	4 h 16	Soleil	Éclipse hybride
21	20 h 57	Lune	Périgée	27	21 h 20	Lune	Premier quartier
28	15 h 19	Lune	Premier quartier	28	6 h 43	Lune	Apogée
30	5 h 54	Mercure	PGÉ 24° 58' Ouest				
FÉVRIER				MAI			
4	8 h 55	Lune	Apogée	1	23 h 28	Mercure	Conjonction inférieure
5	18 h 29	Lune	Pleine Lune	4	13 h 56	Mercure	Périgée
13	16 h 01	Lune	Dernier quartier	5	17 h 22	Lune	Éclipse par la pénombre
15	19 h 54	Mercure	Aphélie	5	17 h 34	Lune	Pleine Lune
16	12 h 08	Saturne	Apogée	9	19 h 56	Uranus	Conjonction
16	16 h 48	Saturne	Conjonction	10	3 h 41	Uranus	Apogée
19	9 h 06	Lune	Périgée	11	5 h 05	Lune	Périgée
20	7 h 06	Lune	Nouvelle Lune	12	14 h 28	Lune	Dernier quartier
27	8 h 06	Lune	Premier quartier	14	19 h 10	Mercure	Aphélie
				19	15 h 53	Lune	Nouvelle Lune
				26	1 h 39	Lune	Apogée
				27	15 h 22	Lune	Premier quartier
				29	5 h 34	Mercure	PGÉ 24° 53' Ouest
				30	20 h 32	Mars	Aphélie
MARS				JUIN			
3	18 h 00	Lune	Apogée	4	3 h 42	Lune	Pleine Lune
7	12 h 40	Lune	Pleine Lune	4	11 h 01	Vénus	PGÉ 45° 24' Est
11	1 h 13	Mercure	Apogée	6	23 h 06	Lune	Périgée
15	2 h 08	Lune	Dernier quartier	10	19 h 31	Lune	Dernier quartier
15	23 h 39	Neptune	Conjonction	18	4 h 37	Lune	Nouvelle Lune
16	21 h 05	Neptune	Apogée	21	14 h 58	Soleil	Solstice d'été
17	10 h 45	Mercure	Conjonction supérieure	22	18 h 30	Lune	Apogée
19	15 h 13	Lune	Périgée	26	7 h 50	Lune	Premier quartier
20	21 h 24	Soleil	Équinoxe de printemps	27	18 h 47	Mercure	Périhélie
21	17 h 23	Lune	Nouvelle Lune				
29	2 h 32	Lune	Premier quartier				
31	11 h 17	Lune	Apogée				
31	19 h 32	Mercure	Périhélie				

Phénomènes astronomiques en 2023

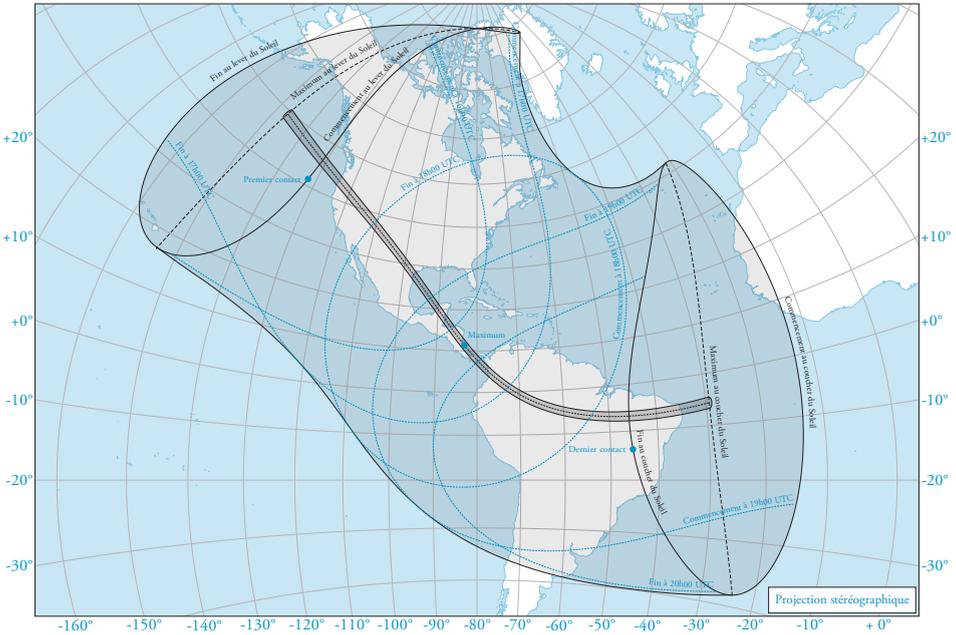
Date	Heure	Astre	Phénomène	Date	Heure	Astre	Phénomène
JUILLET				OCTOBRE			
1	5 h 06	Mercure	Conjonction supérieure	6	13 h 48	Lune	Dernier quartier
2	14 h 58	Mercure	Apogée	10	3 h 42	Lune	Apogée
3	11 h 39	Lune	Pleine Lune	14	17 h 55	Lune	Nouvelle Lune
4	22 h 25	Lune	Périgée	14	17 h 59	Soleil	Éclipse annulaire
6	20 h 07	Soleil	Apogée	18	9 h 28	Mars	Apogée
10	1 h 48	Lune	Dernier quartier	20	5 h 38	Mercure	Conjonction supérieure
17	18 h 32	Lune	Nouvelle Lune	22	3 h 29	Lune	Premier quartier
20	6 h 57	Lune	Apogée	23	23 h 14	Vénus	PGÉ 46° 25' Ouest
25	22 h 07	Lune	Premier quartier	26	3 h 02	Lune	Périgée
				27	1 h 03	Mercure	Apogée
				28	20 h 14	Lune	Éclipse partielle
				28	20 h 24	Lune	Pleine Lune
AOÛT				NOVEMBRE			
1	18 h 32	Lune	Pleine Lune	1	21 h 04	Jupiter	Périgée
2	5 h 52	Lune	Périgée	3	5 h 02	Jupiter	Opposition
7	23 h 57	Vénus	Aphélie	5	8 h 37	Lune	Dernier quartier
8	10 h 28	Lune	Dernier quartier	6	17 h 41	Mercure	Aphélie
10	1 h 47	Mercure	PGÉ 27° 24' Est	6	21 h 49	Lune	Apogée
10	18 h 25	Mercure	Aphélie	13	9 h 27	Lune	Nouvelle Lune
13	11 h 16	Vénus	Conjonction inférieure	13	11 h 45	Uranus	Périgée
13	15 h 11	Vénus	Périgée	13	17 h 21	Uranus	Opposition
16	9 h 38	Lune	Nouvelle Lune	18	5 h 42	Mars	Conjonction
16	11 h 54	Lune	Apogée	20	10 h 50	Lune	Premier quartier
24	9 h 57	Lune	Premier quartier	21	21 h 01	Lune	Périgée
27	8 h 28	Saturne	Opposition	27	9 h 16	Lune	Pleine Lune
27	11 h 53	Saturne	Périgée	28	12 h 31	Vénus	Périhélie
30	15 h 54	Lune	Périgée				
31	1 h 36	Lune	Pleine Lune				
SEPTEMBRE				DÉCEMBRE			
3	15 h 05	Mercure	Périgée	4	14 h 29	Mercure	PGÉ 21° 16' Est
6	11 h 09	Mercure	Conjonction inférieure	4	18 h 42	Lune	Apogée
6	22 h 21	Lune	Dernier quartier	5	5 h 49	Lune	Dernier quartier
12	15 h 43	Lune	Apogée	12	23 h 32	Lune	Nouvelle Lune
15	1 h 40	Lune	Nouvelle Lune	16	18 h 53	Lune	Périgée
18	14 h 39	Neptune	Périgée	19	18 h 39	Lune	Premier quartier
19	11 h 18	Neptune	Opposition	20	17 h 19	Mercure	Périhélie
22	13 h 16	Mercure	PGÉ 17° 52' Ouest	22	3 h 27	Soleil	Solstice d'hiver
22	19 h 32	Lune	Premier quartier	22	18 h 54	Mercure	Conjonction inférieure
23	6 h 50	Soleil	Équinoxe d'automne	23	2 h 22	Mercure	Périgée
23	18 h 03	Mercure	Périhélie	27	0 h 33	Lune	Pleine Lune
28	0 h 59	Lune	Périgée				
29	9 h 58	Lune	Pleine Lune				

**CARTES DE VISIBILITÉ
DES ÉCLIPSES DE SOLEIL ET DE LUNE
2023 – 2024**

ÉCLIPSES DE SOLEIL EN 2023

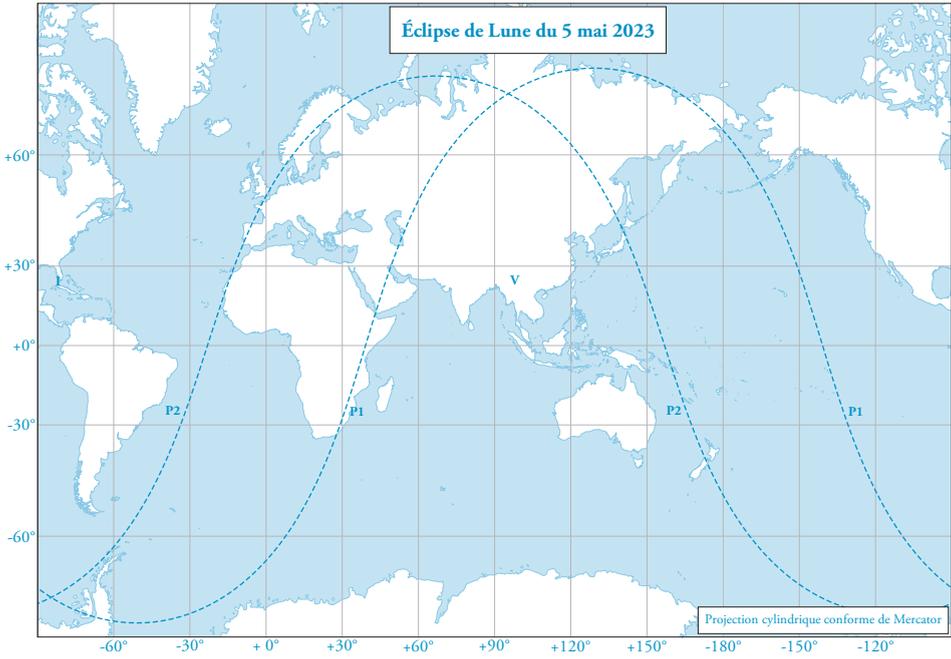


20 avril 2023 – Éclipse hybride de Soleil

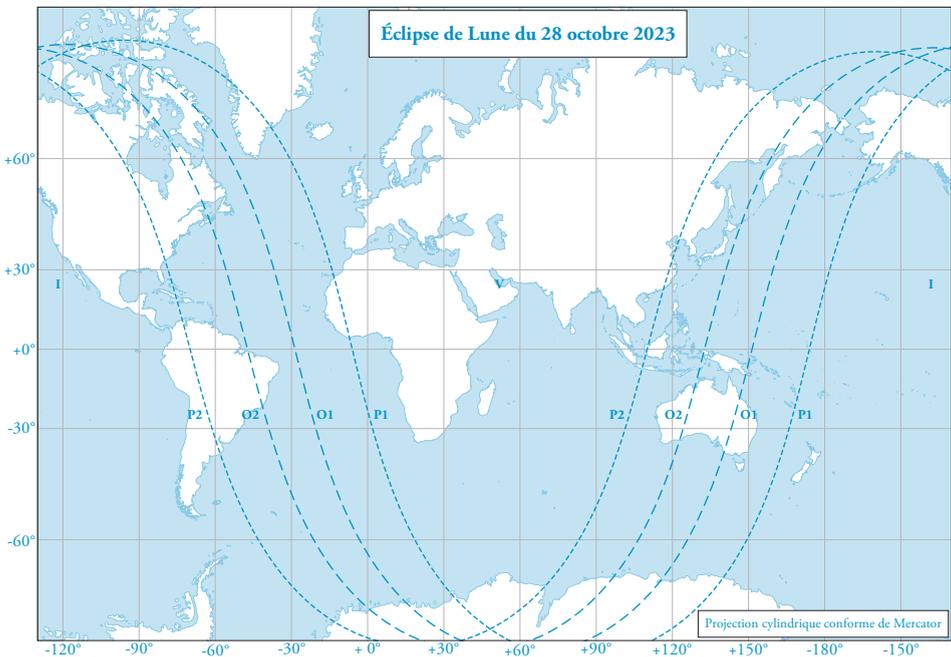


14 octobre 2023 – Éclipse annulaire de Soleil

ÉCLIPSES DE LUNE EN 2023

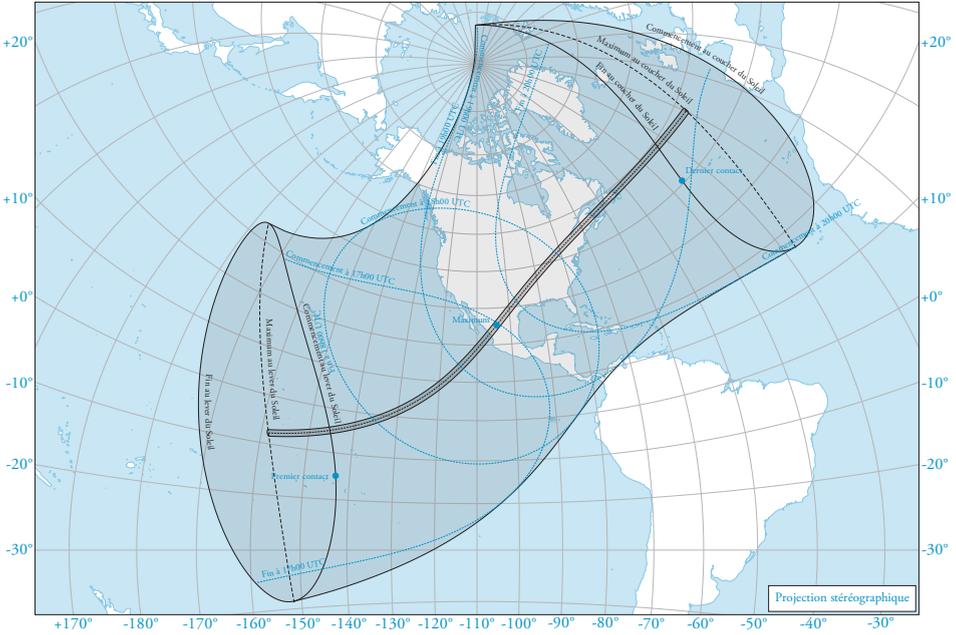


5 mai 2023 – Éclipse de Lune par la pénombre

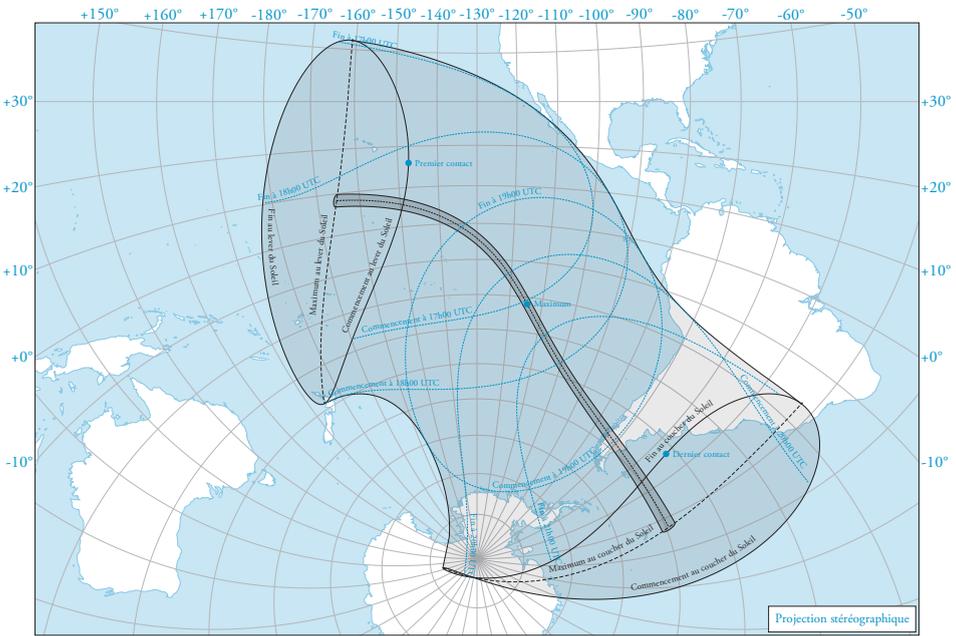


28 octobre 2023 – Éclipse partielle de Lune

ÉCLIPSES DE SOLEIL EN 2024

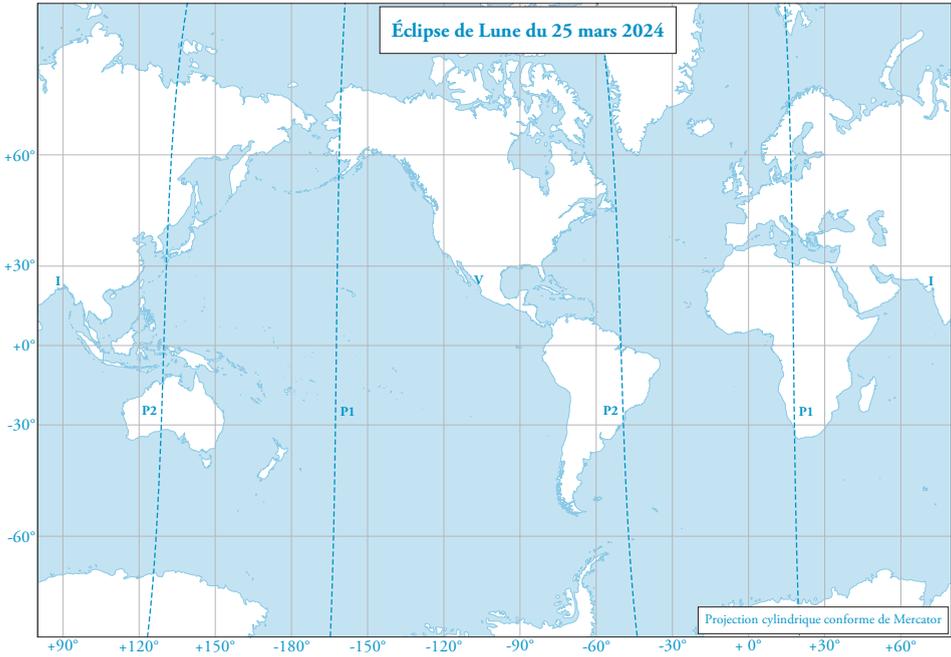


8 avril 2024 – Éclipse totale de Soleil

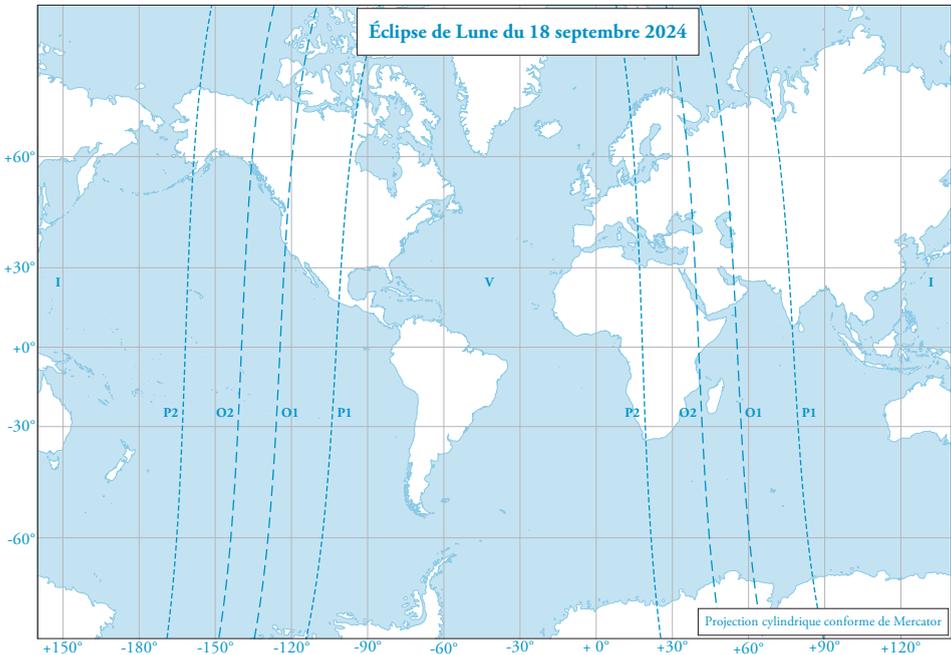


2 octobre 2024 – Éclipse annulaire de Soleil

ÉCLIPSES DE LUNE EN 2024



25 mars 2024 – Éclipse de Lune par la pénombre



18 septembre 2024 – Éclipse partielle de Lune

Chapitre neuvième

AUTRES PHÉNOMÈNES DANS LE SYSTÈME SOLAIRE

Ce chapitre présente l'ensemble des phénomènes (hors Soleil et Lune) qui se produisent durant l'année en cours et qui sont observables par des instruments amateurs. Pour chaque type de phénomène, un ensemble de conseils guide l'observateur, afin de l'aider à réaliser des observations utilisables scientifiquement par les chercheurs. Le lecteur, astronome amateur, pourra ainsi participer à l'effort de recherche international pour une meilleure connaissance de notre Univers.

1. PHÉNOMÈNES DES SATELLITES GALILÉENS DE JUPITER DUS À LA PLANÈTE

1.1. Description

Au cours de leur révolution autour de Jupiter, les quatre satellites galiléens, dont les orbites sont quasiment équatoriales et coplanaires, traversent l'ombre de la planète. Des éclipses sont alors observables (dont les événements sont ici notés E.C ou E.F pour le commencement ou la fin du phénomène) si le satellite est derrière la planète par rapport au Soleil ou des passages d'ombre (O.C ou O.F) si le satellite est devant. De même, ces satellites passent devant ou derrière la planète par rapport à la Terre : l'observateur terrestre peut alors observer un passage (P.C ou P.F) ou une occultation (IM. pour immersion et EM. pour émergence).

Dans les tables suivantes, les époques de ces différents phénomènes sont mentionnées en Temps universel et à la minute près. Il faut noter que ces événements sont calculés pour le centre des satellites, en considérant un cône d'ombre pointé vers le centre du Soleil et un observateur géocentrique. Dans ces calculs est pris en compte l'effet de la phase sur Jupiter, lequel peut modifier de façon significative la date d'un passage devant la planète, ou celle d'un passage d'ombre. Si, dans ces éphémérides, les satellites sont réduits à leur centre, ce qui revient à prédire la bissection du satellite par le cône d'ombre ou par le cône de visibilité, la planète est quant à elle modélisée par un ellipsoïde (fig. 1).

Ces phénomènes ont longtemps été calculés à partir d'éphémérides des satellites issues de la théorie de Sampson revitalisée en 1982. Ils le sont maintenant à partir de la théorie L2 de V. Lainey (2009) dans cette nouvelle version des éphémérides astronomiques de l'IMCCE.

Les éclipses se produisent à l'ouest ou à l'est de la planète, suivant que l'observation a lieu avant ou après la date de l'opposition, c'est-à-dire selon que Jupiter passe au méridien après ou avant minuit. Pour le premier satellite et en général pour le second, il n'est possible d'observer, avant l'opposition, que le commencement des éclipses et ensuite la fin des occultations. Ceci est dû au recouvrement des cônes d'ombre et de visibilité en fonction de la géométrie des positions planétaires, qui fait que ces fins d'éclipses se produisent derrière la planète et que ces débuts d'occultation se produisent dans le cône d'ombre. Après l'opposition, pour une raison analogue, seuls le commencement des occultations et la fin des éclipses sont observables. Au contraire, pour les deux derniers satellites, il est possible d'observer à la fois les débuts et fins d'occultation, ainsi que les commencements et fins d'éclipse. Cependant, certaines années, le quatrième satellite et, de façon moindre, le troisième satellite ne présentent que quelques phénomènes, voire aucun. Ceci se produit lorsque les orbites des satellites sont très ouvertes, soit à deux reprises lors d'une révolution de Jupiter (tous les six ans).

La durée des phénomènes des satellites galiléens n'est pas fournie dans ces éphémérides qui ne produisent que la prédiction du milieu de l'événement (bissection du satellite). Cette durée dépend fortement de la latitude jovicentrique du satellite (hauteur angulaire au-dessus de l'écliptique). Pour une latitude nulle, c'est-à-dire pour une orbite qui coupe le cône d'ombre au niveau équatorial, la durée théorique des événements (c'est-à-dire, pour les éclipses, la transition de l'éclairement total à l'ombre) est d'environ 3,5 minutes pour Io, 4 minutes pour Europe, 8 minutes pour Ganymède et 10 minutes pour Callisto. Il sera nécessaire de se reporter au fascicule des *Suppléments à la Connaissance des temps relatif aux satellites naturels* publiés par l'IMCCE pour obtenir les durées de chaque phénomène.

1.2. Observation des phénomènes

Les satellites galiléens sont les premiers satellites naturels découverts : ils sont ainsi observés depuis 1610. Leurs phénomènes, observés très tôt eux aussi, ont été utilisés en tant qu'horloge naturelle pour les calculs de longitudes. En particulier, les éclipses ont longtemps représenté le moyen le plus précis de vérifier les modèles de mouvements des satellites galiléens et de les ajuster à l'observation. Ces observations consistaient à dater soit les disparitions complètes des satellites dans l'ombre de la planète ou leur réapparition, soit leur demi-éclat. Ainsi, une base de données de plus de 16 000 de ces événements s'étalant sur plus de 300 ans a pu être constituée en 1986 par l'astronome américain J.H. Lieske. L'essentiel de ces observations anciennes concerne des observations visuelles qui permettent une étude du comportement à long terme des satellites.

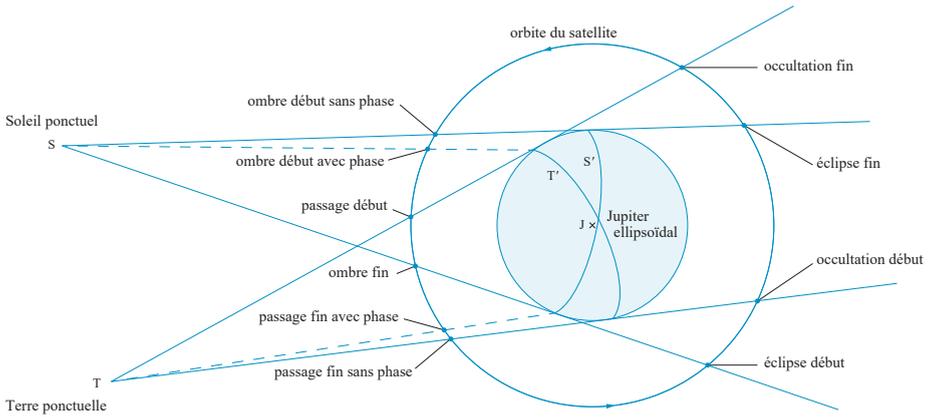


Fig. 1 – Définition des phénomènes des satellites galiléens.

Pour l'époque moderne, l'observation des éclipses consiste à mesurer la variation de l'éclat du satellite par un moyen photométrique bien calé sur une base de temps. L'utilisation de détecteurs modernes (caméras CCD) pour obtenir ces mesures photométriques et l'analyse par des modèles photométriques de courbe de lumière permettent ensemble d'obtenir des données de bonne précision. Ces observations sont toutefois dépendantes d'effets de réfraction dans l'atmosphère de la planète qui peuvent en affecter la précision. Sans atteindre la grande précision des observations de phénomènes mutuels, qui eux ne sont pas affectés d'effets atmosphériques, ces observations d'éclipses par la planète peuvent être d'un apport intéressant pour mieux comprendre le comportement dynamique des satellites galiléens. Les lecteurs intéressés par ce sujet pourront avec profit se reporter à la lecture d'articles publiés par A. Mallama.

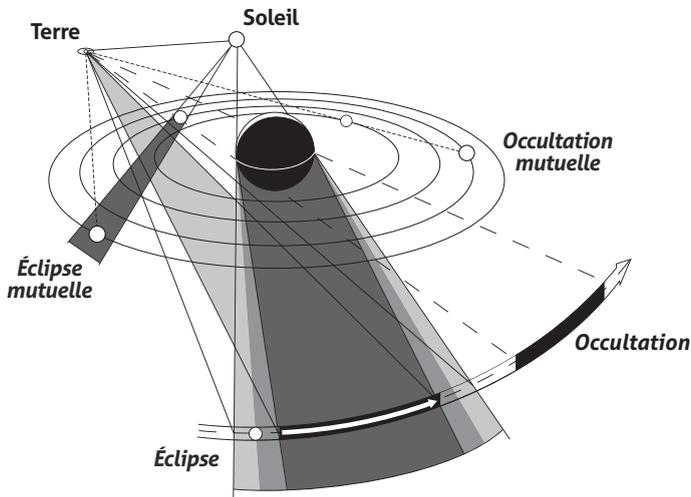


Fig. 2 – Définition des phénomènes et phénomènes mutuels d'un système planétaire.

1.3. Comment observer

La magnitude forte de ces satellites ne nécessite pas l'utilisation d'instruments de grand diamètre. Les recommandations aux observateurs sont alors principalement les suivantes :

- *munir l'instrument d'une caméra suffisamment rapide pour réaliser plusieurs dizaines d'images (ou de mesures photométriques) sur la durée d'une éclipse, qui pour Io, le satellite le proche de Jupiter et le plus rapide, représente au minimum 3,5 minutes de temps ;*
- *utiliser un système de datation dans l'échelle de temps UTC, à mieux que la seconde de temps, ce qui est indispensable pour que ces observations soient utilisables en tant que mesures photométriques à but astrométrique ;*
- *garder dans le champ de vue un satellite éventuellement proche non concerné par le phénomène et qui servira de référence photométrique pour l'analyse des images, permettant en particulier de les corriger des fluctuations de la transparence atmosphérique ;*
- *ne pas restreindre l'observation à la stricte durée théorique de l'événement, mais l'anticiper de plusieurs minutes et l'étendre de plusieurs minutes également.*

Pour tout renseignement complémentaire, contactez-nous par courrier électronique à l'adresse annuaire@imcce.fr en indiquant comme sujet « phénomènes ».

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Janvier 2023

Jour	h	min																	
1	3	35	I	PC.	9	2	42	I	IM.	16	16	19	II	O.F.	24	13	16	III	E.F.
1	4	55	I	O.C.	9	6	12	I	E.F.										
1	5	49	I	PF.	9	8	39	II	PC.	17	1	31	III	IM.	25	1	9	I	IM.
1	7	7	I	O.F.	9	11	12	II	PF.	17	2	2	I	PC.	25	4	32	I	E.F.
					9	11	16	II	O.C.	17	3	16	I	O.C.	25	9	13	II	IM.
2	0	44	I	IM.	9	13	42	II	O.F.	17	4	15	I	PF.	25	14	5	II	E.F.
2	4	17	I	E.F.	9	21	16	III	IM.	17	4	27	III	EM.	25	22	31	I	PC.
2	5	59	II	PC.						17	5	28	I	O.F.	25	23	41	I	O.C.
2	8	31	II	PF.	10	0	3	I	PC.	17	6	43	III	E.C.					
2	8	39	II	O.C.	10	0	13	III	EM.	17	9	15	III	E.F.	26	0	44	I	PF.
2	11	5	II	O.F.	10	1	20	I	O.C.	17	23	10	I	IM.	26	1	52	I	O.F.
2	17	5	III	IM.	10	2	16	I	PF.						26	19	39	I	IM.
2	20	3	III	EM.	10	2	41	III	E.C.	18	2	37	I	E.F.	26	23	1	I	E.F.
2	22	5	I	PC.	10	3	32	I	O.F.	18	6	27	II	IM.					
2	22	38	III	E.C.	10	5	14	III	E.F.	18	11	28	II	E.F.	27	3	28	II	PC.
2	23	24	I	O.C.	10	21	11	I	IM.	18	20	32	I	PC.	27	5	49	II	O.C.
										18	21	45	I	O.C.	27	6	1	II	PF.
3	0	18	I	PF.	11	0	41	I	E.F.	18	22	45	I	PF.	27	8	14	II	O.F.
3	1	13	III	E.F.	11	3	42	II	IM.	18	23	57	I	O.F.	27	17	1	I	PC.
3	1	36	I	O.F.	11	6	18	II	EM.						27	18	10	I	O.C.
3	19	13	I	IM.	11	6	22	II	E.C.	19	17	40	I	IM.	27	19	14	I	PF.
3	22	46	I	E.F.	11	8	50	II	E.F.	19	21	6	I	E.F.	27	20	11	III	PC.
					11	18	33	I	PC.						27	20	21	I	O.F.
4	0	59	II	IM.	11	19	49	I	O.C.	20	0	43	II	PC.	27	23	5	III	PF.
4	3	35	II	EM.	11	20	46	I	PF.	20	3	11	II	O.C.					
4	3	44	II	E.C.	11	22	1	I	O.F.	20	3	16	II	PF.	28	1	1	III	O.C.
4	6	12	II	E.F.						20	5	37	II	O.F.	28	3	29	III	O.F.
4	16	34	I	PC.	12	15	41	I	IM.	20	15	1	I	PC.	28	14	9	I	IM.
4	17	53	I	O.C.	12	19	10	I	E.F.	20	15	51	III	PC.	28	17	30	I	E.F.
4	18	47	I	PF.	12	22	0	II	PC.	20	16	14	I	O.C.	28	22	37	II	IM.
4	20	5	I	O.F.						20	17	15	I	PF.					
					13	0	33	II	PF.	20	18	26	I	O.F.	29	3	24	II	E.F.
5	13	43	I	IM.	13	0	34	II	O.C.	20	18	45	III	PF.	29	11	31	I	PC.
5	17	14	I	E.F.	13	3	0	II	O.F.	20	20	57	III	O.C.	29	12	39	I	O.C.
5	19	19	II	PC.	13	11	34	III	PC.	20	23	27	III	O.F.	29	13	45	I	PF.
5	21	51	II	PF.	13	13	2	I	PC.						29	14	50	I	O.F.
5	21	57	II	O.C.	13	14	18	I	O.C.	21	12	9	I	IM.					
					13	14	29	III	PF.	21	15	35	I	E.F.	30	8	39	I	IM.
6	0	23	II	O.F.	13	15	15	I	PF.	21	19	50	II	IM.	30	11	59	I	E.F.
6	7	20	III	PC.	13	16	30	I	O.F.						30	16	51	II	PC.
6	10	16	III	PF.	13	16	54	III	O.C.	22	0	47	II	E.F.	30	19	7	II	O.C.
6	11	4	I	PC.	13	19	25	III	O.F.	22	9	31	I	PC.	30	19	24	II	PF.
6	12	22	I	O.C.						22	10	43	I	O.C.	30	21	33	II	O.F.
6	12	50	III	O.C.	14	10	10	I	IM.	22	11	45	I	PF.					
6	13	17	I	PF.	14	13	39	I	E.F.	22	12	54	I	O.F.	31	6	1	I	PC.
6	14	34	I	O.F.	14	17	5	II	IM.						31	7	8	I	O.C.
6	15	22	III	O.F.	14	19	40	II	EM.	23	6	39	I	IM.	31	8	15	I	PF.
					14	19	41	II	E.C.	23	10	3	I	E.F.	31	9	19	I	O.F.
7	8	12	I	IM.	14	22	9	II	E.F.	23	14	6	II	PC.	31	10	9	III	IM.
7	11	43	I	E.F.						23	16	30	II	O.C.	31	13	4	III	EM.
7	14	21	II	IM.	15	7	32	I	PC.	23	16	38	II	PF.	31	14	48	III	E.C.
7	16	56	II	EM.	15	8	47	I	O.C.	23	18	55	II	O.F.	31	17	18	III	E.F.
7	17	3	II	E.C.	15	9	45	I	PF.										
7	19	31	II	E.F.	15	10	59	I	O.F.	24	4	1	I	PC.					
										24	5	12	I	O.C.					
8	5	33	I	PC.	16	4	40	I	IM.	24	5	48	III	IM.					
8	6	51	I	O.C.	16	8	8	I	E.F.	24	6	14	I	PF.					
8	7	46	I	PF.	16	11	22	II	PC.	24	7	23	I	O.F.					
8	9	3	I	O.F.	16	13	53	II	O.C.	24	8	44	III	EM.					
					16	13	54	II	PF.	24	10	46	III	E.C.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Février 2023

Jour	h	min			Jour	h	min			Jour	h	min			Jour	h	min		
1	3	9	I	IM.	9	23	40	I	IM.	18	1	17	I	PE.	26	9	53	II	IM.
1	6	28	I	E.F.						18	2	8	I	O.F.	26	13	52	II	E.F.
1	12	0	II	IM.	10	2	52	I	E.F.	18	9	25	III	PC.	26	19	36	I	PC.
1	16	43	II	E.F.	10	9	2	II	PC.	18	12	14	III	PE.	26	20	21	I	O.C.
					10	11	3	II	O.C.	18	13	9	III	O.C.	26	21	49	I	PE.
2	0	32	I	PC.	10	11	35	II	PE.	18	15	33	III	O.F.	26	22	32	I	O.F.
2	1	37	I	O.C.	10	13	28	II	O.F.	18	20	12	I	IM.					
2	2	45	I	PE.	10	21	3	I	PC.	18	23	17	I	E.F.	27	16	44	I	IM.
2	3	48	I	O.F.	10	22	1	I	O.C.						27	19	41	I	E.F.
2	21	39	I	IM.	10	23	16	I	PE.	19	7	3	II	IM.					
										19	11	16	II	E.F.	28	4	6	II	PC.
3	0	57	I	E.F.	11	0	13	I	O.F.	19	17	34	I	PC.	28	5	37	II	O.C.
3	6	15	II	PC.	11	4	58	III	PC.	19	18	26	I	O.C.	28	6	38	II	PE.
3	8	26	II	O.C.	11	7	49	III	PE.	19	19	47	I	PE.	28	8	2	II	O.F.
3	8	47	II	PE.	11	9	6	III	O.C.	19	20	37	I	O.F.	28	14	6	I	PC.
3	10	51	II	O.F.	11	11	32	III	O.F.						28	14	50	I	O.C.
3	19	2	I	PC.	11	18	10	I	IM.	20	14	42	I	IM.	28	16	19	I	PE.
3	20	6	I	O.C.	11	21	21	I	E.F.	20	17	45	I	E.F.	28	17	1	I	O.F.
3	21	15	I	PE.															
3	22	17	I	O.F.	12	4	14	II	IM.	21	1	16	II	PC.					
					12	8	39	II	E.F.	21	2	59	II	O.C.					
4	0	34	III	PC.	12	15	33	I	PC.	21	3	48	II	PE.					
4	3	26	III	PE.	12	16	30	I	O.C.	21	5	24	II	O.F.					
4	5	4	III	O.C.	12	17	46	I	PE.	21	12	5	I	PC.					
4	7	31	III	O.F.	12	18	42	I	O.F.	21	12	54	I	O.C.					
4	16	9	I	IM.						21	14	18	I	PE.					
4	19	26	I	E.F.	13	12	41	I	IM.	21	15	6	I	O.F.					
					13	15	50	I	E.F.	21	23	27	III	IM.					
5	1	25	II	IM.	13	22	27	II	PC.										
5	6	2	II	E.F.						22	2	17	III	EM.					
5	13	32	I	PC.	14	0	22	II	O.C.	22	2	57	III	E.C.					
5	14	35	I	O.C.	14	0	59	II	PE.	22	5	23	III	E.F.					
5	15	45	I	PE.	14	2	47	II	O.F.	22	9	13	I	IM.					
5	16	46	I	O.F.	14	10	3	I	PC.	22	12	14	I	E.F.					
					14	10	59	I	O.C.	22	20	28	II	IM.					
6	10	40	I	IM.	14	12	16	I	PE.										
6	13	54	I	E.F.	14	13	10	I	O.F.	23	0	34	II	E.F.					
6	19	38	II	PC.	14	18	59	III	IM.	23	6	35	I	PC.					
6	21	44	II	O.C.	14	21	50	III	EM.	23	7	23	I	O.C.					
6	22	11	II	PE.	14	22	54	III	E.C.	23	8	48	I	PE.					
										23	9	35	I	O.F.					
7	0	10	II	O.F.	15	1	21	III	E.F.										
7	8	2	I	PC.	15	7	11	I	IM.	24	3	43	I	IM.					
7	9	3	I	O.C.	15	10	19	I	E.F.	24	6	43	I	E.F.					
7	10	15	I	PE.	15	17	38	II	IM.	24	14	41	II	PC.					
7	11	15	I	O.F.	15	21	57	II	E.F.	24	16	18	II	O.C.					
7	14	33	III	IM.						24	17	13	II	PE.					
7	17	26	III	EM.	16	4	34	I	PC.	24	18	43	II	O.F.					
7	18	51	III	E.C.	16	5	28	I	O.C.										
7	21	19	III	E.F.	16	6	47	I	PE.	25	1	5	I	PC.					
					16	7	39	I	O.F.	25	1	52	I	O.C.					
8	5	10	I	IM.						25	3	19	I	PE.					
8	8	23	I	E.F.	17	1	41	I	IM.	25	4	4	I	O.F.					
8	14	49	II	IM.	17	4	48	I	E.F.	25	13	53	III	PC.					
8	19	20	II	E.F.	17	11	51	II	PC.	25	16	41	III	PE.					
					17	13	41	II	O.C.	25	17	11	III	O.C.					
9	2	32	I	PC.	17	14	23	II	PE.	25	19	34	III	O.F.					
9	3	32	I	O.C.	17	16	6	II	O.F.	25	22	13	I	IM.					
9	4	46	I	PE.	17	23	4	I	PC.										
9	5	44	I	O.F.	17	23	57	I	O.C.	26	1	12	I	E.F.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Mars 2023

Jour	h	min																	
1	3	56	III	IM.	9	12	52	I	PE	18	7	38	I	O.C.	27	0	17	II	E.F.
1	6	44	III	EM.	9	13	25	I	O.F.	18	9	24	I	PE	27	3	44	I	PC.
1	7	0	III	E.C.						18	9	49	I	O.F.	27	4	1	I	O.C.
1	9	24	III	E.F.	10	7	47	I	IM.						27	5	57	I	PE
1	11	14	I	IM.	10	10	34	I	E.F.	19	3	28	III	PC.	27	6	13	I	O.F.
1	14	10	I	E.F.	10	20	23	II	PC.	19	4	20	I	IM.					
1	23	18	II	IM.	10	21	34	II	O.C.	19	5	20	III	O.C.	28	0	54	I	IM.
					10	22	55	II	PE	19	6	9	III	PE	28	3	22	I	E.F.
2	3	10	II	E.F.	10	23	58	II	O.F.	19	6	58	I	E.F.	28	15	35	II	PC.
2	8	37	I	PC.						19	7	39	III	O.F.	28	16	8	II	O.C.
2	9	19	I	O.C.	11	5	9	I	PC.	19	18	26	II	IM.	28	18	5	II	PE
2	10	50	I	PE	11	5	43	I	O.C.	19	21	41	II	E.F.	28	18	32	II	O.F.
2	11	30	I	O.F.	11	7	22	I	PE						28	22	15	I	PC.
					11	7	54	I	O.F.	20	1	42	I	PC.	28	22	30	I	O.C.
					11	22	55	III	PC.	20	2	7	I	O.C.					
3	8	39	I	E.F.						20	3	55	I	PE	29	0	27	I	PE
3	17	32	II	PC.	12	1	17	III	O.C.	20	4	18	I	O.F.	29	0	41	I	O.F.
3	18	56	II	O.C.	12	1	39	III	PE	20	22	51	I	IM.	29	19	25	I	IM.
3	20	3	II	PE	12	2	18	I	IM.						29	21	51	I	E.F.
3	21	21	II	O.F.	12	3	37	III	O.F.	21	1	27	I	E.F.	29	22	5	III	IM.
					12	5	3	I	E.F.	21	12	42	II	PC.					
4	3	7	I	PC.	12	15	35	II	IM.	21	13	30	II	O.C.	30	1	28	III	E.F.
4	3	47	I	O.C.	12	19	5	II	E.F.	21	15	12	II	PE	30	10	42	II	IM.
4	5	20	I	PE	12	23	40	I	PC.	21	15	55	II	O.F.	30	13	35	II	E.F.
4	5	59	I	O.F.						21	20	13	I	PC.	30	16	45	I	PC.
4	18	24	III	PC.	13	0	11	I	O.C.	21	20	35	I	O.C.	30	16	59	I	O.C.
4	21	9	III	PE	13	1	53	I	PE	21	22	25	I	PE	30	18	58	I	PE
4	21	14	III	O.C.	13	2	23	I	O.F.	21	22	46	I	O.F.	30	19	10	I	O.F.
4	23	36	III	O.F.	13	20	48	I	IM.										
					13	23	32	I	E.F.	22	17	22	I	IM.	31	13	55	I	IM.
										22	17	31	III	IM.	31	16	20	I	E.F.
5	3	7	I	E.F.	14	9	49	II	PC.	22	19	56	I	E.F.					
5	12	44	II	IM.	14	10	52	II	O.C.	22	21	26	III	E.F.					
5	16	29	II	E.F.	14	12	20	II	PE										
5	21	38	I	PC.	14	13	17	II	O.F.	23	7	51	II	IM.					
5	22	16	I	O.C.	14	18	10	I	PC.	23	10	59	II	E.F.					
5	23	51	I	PE	14	18	40	I	O.C.	23	14	43	I	PC.					
					14	20	23	I	PE	23	15	4	I	O.C.					
6	0	28	I	O.F.	14	20	52	I	O.F.	23	16	56	I	PE					
6	18	46	I	IM.						23	17	15	I	O.F.					
6	21	36	I	E.F.	15	12	58	III	IM.										
					15	15	19	I	IM.	24	11	52	I	IM.					
7	6	57	II	PC.	15	17	25	III	E.F.	24	14	24	I	E.F.					
7	8	14	II	O.C.	15	18	0	I	E.F.										
7	9	29	II	PE						25	2	9	II	PC.					
7	10	39	II	O.F.	16	5	0	II	IM.	25	2	49	II	O.C.					
7	16	8	I	PC.	16	8	23	II	E.F.	25	4	39	II	PE					
7	16	45	I	O.C.	16	12	41	I	PC.	25	5	14	II	O.F.					
7	18	21	I	PE	16	13	9	I	O.C.	25	9	14	I	PC.					
7	18	56	I	O.F.	16	14	54	I	PE	25	9	33	I	O.C.					
					16	15	20	I	O.F.	25	11	26	I	PE					
										25	11	44	I	O.F.					
8	8	27	III	IM.															
8	13	17	I	IM.	17	9	50	I	IM.										
8	13	25	III	E.F.	17	12	29	I	E.F.	26	6	23	I	IM.					
8	16	5	I	E.F.	17	23	16	II	PC.	26	8	1	III	PC.					
										26	8	53	I	E.F.					
9	2	9	II	IM.	18	0	11	II	O.C.	26	9	22	III	O.C.					
9	5	47	II	E.F.	18	1	46	II	PE	26	10	39	III	PE					
9	10	39	I	PC.	18	2	36	II	O.F.	26	11	40	III	O.F.					
9	11	14	I	O.C.	18	7	12	I	PC.	26	21	17	II	IM.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Avril 2023

Jour	h	min																	
1	5	2	II	P.C.	9	17	8	III	P.C.	18	6	56	I	E.C.	27	3	19	I	E.C.
1	5	27	II	O.C.	9	17	25	III	O.C.	18	9	15	I	EM.	27	5	48	I	EM.
1	7	31	II	P.F.	9	19	40	III	P.F.						27	15	18	III	E.C.
1	7	52	II	O.F.	9	19	41	III	O.F.	19	0	2	II	O.C.	27	18	44	III	EM.
1	11	16	I	P.C.						19	0	15	II	P.C.	27	21	33	II	E.C.
1	11	28	I	O.C.	10	2	59	II	IM.	19	2	26	II	O.F.					
1	13	28	I	P.F.	10	5	28	II	E.F.	19	2	43	II	P.F.	28	0	31	II	EM.
1	13	39	I	O.F.	10	7	49	I	P.C.	19	4	14	I	O.C.	28	0	37	I	O.C.
					10	7	51	I	O.C.	19	4	21	I	P.C.	28	0	54	I	P.C.
2	8	26	I	IM.	10	10	1	I	P.F.	19	6	25	I	O.F.	28	2	48	I	O.F.
2	10	49	I	E.F.	10	10	2	I	O.F.	19	6	33	I	P.F.	28	3	5	I	P.F.
2	12	35	III	P.C.											28	21	48	I	E.C.
2	13	24	III	O.C.	11	4	59	I	IM.	20	1	24	I	E.C.					
2	15	10	III	P.F.	11	7	12	I	E.F.	20	3	46	I	EM.	29	0	18	I	EM.
2	15	40	III	O.F.	11	21	22	II	P.C.	20	11	16	III	E.C.	29	15	59	II	O.C.
					11	21	24	II	O.C.	20	14	15	III	EM.	29	16	36	II	P.C.
3	0	8	II	IM.	11	23	48	II	O.F.	20	18	58	II	E.C.	29	18	23	II	O.F.
3	2	52	II	E.F.	11	23	50	II	P.F.	20	21	41	II	EM.	29	19	3	II	P.F.
3	5	47	I	P.C.						20	22	43	I	O.C.	29	19	6	I	O.C.
3	5	56	I	O.C.	12	2	19	I	P.C.	20	22	52	I	P.C.	29	19	24	I	P.C.
3	7	59	I	P.F.	12	2	20	I	O.C.						29	21	17	I	O.F.
3	8	7	I	O.F.	12	4	31	I	O.F.	21	0	54	I	O.F.	29	21	36	I	P.F.
					12	4	31	I	P.F.	21	1	4	I	P.F.					
4	2	57	I	IM.	12	23	29	I	E.C.	21	19	53	I	E.C.	30	16	17	I	E.C.
4	5	17	I	E.F.						21	22	16	I	EM.	30	18	49	I	EM.
4	18	28	II	P.C.	13	1	43	I	EM.										
4	18	46	II	O.C.	13	7	13	III	IM.	22	13	21	II	O.C.					
4	20	57	II	P.F.	13	9	44	III	EM.	22	13	42	II	P.C.					
4	21	10	II	O.F.	13	16	22	II	E.C.	22	15	45	II	O.F.					
					13	18	52	II	EM.	22	16	10	II	P.F.					
5	0	17	I	P.C.	13	20	48	I	O.C.	22	17	11	I	O.C.					
5	0	25	I	O.C.	13	20	50	I	P.C.	22	17	22	I	P.C.					
5	2	29	I	P.F.	13	22	59	I	O.F.	22	19	22	I	O.F.					
5	2	36	I	O.F.	13	23	2	I	P.F.	22	19	34	I	P.F.					
5	21	27	I	IM.															
5	23	46	I	E.F.	14	17	58	I	E.C.	23	14	22	I	E.C.					
					14	20	14	I	EM.	23	16	47	I	EM.					
6	2	39	III	IM.															
6	5	29	III	E.F.	15	10	43	II	O.C.	24	1	29	III	O.C.					
6	13	33	II	IM.	15	10	49	II	P.C.	24	2	16	III	P.C.					
6	16	10	II	E.F.	15	13	7	II	O.F.	24	3	42	III	O.F.					
6	18	48	I	P.C.	15	13	17	II	P.F.	24	4	41	III	P.F.					
6	18	54	I	O.C.	15	15	17	I	O.C.	24	8	15	II	E.C.					
6	21	0	I	P.F.	15	15	20	I	P.C.	24	11	6	II	EM.					
6	21	5	I	O.F.	15	17	28	I	O.F.	24	11	40	I	O.C.					
					15	17	32	I	P.F.	24	11	53	I	P.C.					
7	15	58	I	IM.						24	13	51	I	O.F.					
7	18	15	I	E.F.	16	12	27	I	E.C.	24	14	5	I	P.F.					
					16	14	44	I	EM.										
8	7	55	II	P.C.	16	21	27	III	O.C.	25	8	51	I	E.C.					
8	8	5	II	O.C.	16	21	42	III	P.C.	25	11	17	I	EM.					
8	10	24	II	P.F.	16	23	41	III	O.F.										
8	10	29	II	O.F.						26	2	40	II	O.C.					
8	13	18	I	P.C.	17	0	10	III	P.F.	26	3	9	II	P.C.					
8	13	22	I	O.C.	17	5	40	II	E.C.	26	5	3	II	O.F.					
8	15	30	I	P.F.	17	8	16	II	EM.	26	5	36	II	P.F.					
8	15	33	I	O.F.	17	9	46	I	O.C.	26	6	9	I	O.C.					
					17	9	51	I	P.C.	26	6	23	I	P.C.					
9	10	29	I	IM.	17	11	56	I	O.F.	26	8	19	I	O.F.					
9	12	44	I	E.F.	17	12	3	I	P.F.	26	8	35	I	P.F.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Mai 2023

Jour	h	min		Jour	h	min		Jour	h	min		Jour	h	min					
1	5	31	III	O.C.	9	12	41	I	E.C.	18	9	4	I	E.C.	26	10	27	III	IM.
1	6	49	III	P.C.	9	15	22	I	EM.	18	11	54	I	EM.	26	11	9	I	PE.
1	7	42	III	O.F.											26	11	44	II	EM.
1	9	10	III	PE.	10	7	56	II	O.C.	19	3	24	III	E.C.	26	12	36	III	EM.
1	10	51	II	E.C.	10	8	55	II	P.C.	19	5	18	II	E.C.					
1	13	35	I	O.C.	10	9	57	I	O.C.	19	5	33	III	E.F.	27	5	27	I	E.C.
1	13	55	I	P.C.	10	10	19	II	O.F.	19	5	57	III	IM.	27	8	25	I	EM.
1	13	55	II	EM.	10	10	26	I	P.C.	19	6	20	I	O.C.					
1	15	45	I	O.F.	10	11	21	II	PE.	19	6	58	I	P.C.	28	2	32	II	O.C.
1	16	6	I	PE.	10	12	8	I	O.F.	19	8	10	III	EM.	28	2	43	I	O.C.
					10	12	37	I	PE.	19	8	31	I	O.F.	28	3	29	I	P.C.
2	10	46	I	E.C.						19	8	57	II	EM.	28	4	6	II	P.C.
2	13	20	I	EM.	11	7	9	I	E.C.	19	9	8	I	PE.	28	4	53	I	O.F.
					11	9	52	I	EM.						28	4	54	II	O.F.
3	5	18	II	O.C.	11	23	21	III	E.C.	20	3	33	I	E.C.	28	5	39	I	PE.
3	6	2	II	P.C.						20	6	24	I	EM.	28	6	30	II	PE.
3	7	41	II	O.F.	12	2	43	II	E.C.	20	23	54	II	O.C.	28	23	56	I	E.C.
3	8	3	I	O.C.	12	3	42	III	EM.										
3	8	25	I	P.C.	12	4	26	I	O.C.	21	0	49	I	O.C.	29	2	56	I	EM.
3	8	29	II	PE.	12	4	57	I	P.C.	21	1	14	II	P.C.	29	21	10	II	E.C.
3	10	14	I	O.F.	12	6	9	II	EM.	21	1	28	I	P.C.	29	21	12	I	O.C.
3	10	36	I	PE.	12	6	36	I	O.F.	21	2	16	II	O.F.	29	21	37	III	O.C.
					12	7	8	I	PE.	21	2	59	I	O.F.	29	21	59	I	P.C.
4	5	14	I	E.C.						21	3	39	I	PE.	29	23	22	I	O.F.
4	7	50	I	EM.	13	1	38	I	E.C.	21	3	39	II	PE.	29	23	43	III	O.F.
4	19	20	III	E.C.	13	4	23	I	EM.	21	22	2	I	E.C.					
4	23	13	III	EM.	13	21	16	II	O.C.						30	0	9	I	PE.
					13	22	22	II	P.C.	22	0	55	I	EM.	30	0	53	III	P.C.
5	0	8	II	E.C.	13	22	55	I	O.C.	22	17	36	III	O.C.	30	1	8	II	EM.
5	2	32	I	O.C.	13	23	27	I	P.C.	22	18	36	II	E.C.	30	2	58	III	PE.
5	2	55	I	P.C.	13	23	38	II	O.F.	22	19	17	I	O.C.	30	18	25	I	E.C.
5	3	20	II	EM.						22	19	43	III	O.F.	30	21	26	I	EM.
5	4	42	I	O.F.	14	0	47	II	PE.	22	19	58	I	P.C.					
5	5	7	I	PE.	14	1	5	I	O.F.	22	20	24	III	P.C.	31	15	40	I	O.C.
5	23	43	I	E.C.	14	1	38	I	PE.	22	21	28	I	O.F.	31	15	50	II	O.C.
					14	20	7	I	E.C.	22	22	9	I	PE.	31	16	29	I	P.C.
6	2	21	I	EM.	14	22	53	I	EM.	22	22	20	II	EM.	31	17	31	II	P.C.
6	18	37	II	O.C.						22	22	33	III	PE.	31	17	50	I	O.F.
6	19	29	II	P.C.	15	13	35	III	O.C.						31	18	12	II	O.F.
6	21	0	I	O.C.	15	15	43	III	O.F.	23	16	30	I	E.C.	31	18	39	I	PE.
6	21	1	II	O.F.	15	15	54	III	P.C.	23	19	25	I	EM.	31	19	54	II	PE.
6	21	26	I	P.C.	15	16	1	II	E.C.										
6	21	55	II	PE.	15	17	23	I	O.C.	24	13	12	II	O.C.					
6	23	11	I	O.F.	15	17	57	I	P.C.	24	13	46	I	O.C.					
6	23	37	I	PE.	15	18	7	III	PE.	24	14	28	I	P.C.					
					15	19	33	II	EM.	24	14	40	II	P.C.					
7	18	12	I	E.C.	15	19	34	I	O.F.	24	15	35	II	O.F.					
7	20	51	I	EM.	15	20	8	I	PE.	24	15	56	I	O.F.					
										24	16	39	I	PE.					
8	9	34	III	O.C.	16	14	35	I	E.C.	24	17	4	II	PE.					
8	11	22	III	P.C.	16	17	23	I	EM.										
8	11	43	III	O.F.						25	10	59	I	E.C.					
8	13	26	II	E.C.	17	10	34	II	O.C.	25	13	55	I	EM.					
8	13	40	III	PE.	17	11	48	II	P.C.										
8	15	29	I	O.C.	17	11	52	I	O.C.	26	7	25	III	E.C.					
8	15	56	I	P.C.	17	12	28	I	P.C.	26	7	53	II	E.C.					
8	16	44	II	EM.	17	12	57	II	O.F.	26	8	14	I	O.C.					
8	17	39	I	O.F.	17	14	2	I	O.F.	26	8	59	I	P.C.					
8	18	7	I	PE.	17	14	13	II	PE.	26	9	33	III	E.F.					
					17	14	38	I	PE.	26	10	25	I	O.F.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Juin 2023

Jour	h	min																	
1	12	54	I	E.C.	9	17	17	II	EM.	18	9	28	I	P.C.	26	10	56	I	EM.
1	15	56	I	EM.	9	17	34	III	E.F.	18	10	26	II	O.C.					
2	10	9	I	O.C.	9	21	24	III	EM.	18	11	37	I	P.F.	27	4	48	I	O.C.
2	10	28	II	E.C.						18	12	36	II	P.C.	27	6	57	I	O.F.
2	10	59	I	P.C.	10	9	17	I	E.C.	18	12	47	II	O.F.	27	7	29	II	E.C.
2	11	27	III	E.C.	10	12	27	I	EM.	18	14	57	II	P.F.	27	8	5	I	P.F.
2	12	18	I	O.F.											27	12	8	II	EM.
2	13	9	I	P.F.	11	6	31	I	O.C.	19	5	40	I	E.C.	27	13	43	III	O.C.
2	13	34	III	E.F.	11	7	29	I	P.C.	19	8	56	I	EM.	27	15	43	III	O.F.
2	14	31	II	EM.	11	7	48	II	O.C.						27	18	34	III	P.C.
2	14	57	III	IM.	11	8	41	I	O.F.	20	2	54	I	O.C.	27	20	21	III	P.F.
2	17	1	III	EM.	11	9	38	I	P.F.	20	3	58	I	P.C.					
					11	9	47	II	P.C.	20	4	54	II	E.C.	28	2	3	I	E.C.
3	7	22	I	E.C.	11	10	9	II	O.F.	20	5	3	I	O.F.	28	5	25	I	EM.
3	10	26	I	EM.	11	12	9	II	P.F.	20	6	7	I	P.F.	28	23	16	I	O.C.
										20	9	24	II	EM.					
4	4	37	I	O.C.	12	3	45	I	E.C.	20	9	41	III	O.C.	29	0	26	I	P.C.
4	5	10	II	O.C.	12	6	57	I	EM.	20	11	43	III	O.F.	29	1	25	I	O.F.
4	5	29	I	P.C.						20	14	11	III	P.C.	29	2	22	II	O.C.
4	6	47	I	O.F.	13	1	0	I	O.C.	20	16	3	III	P.F.	29	2	35	I	P.F.
4	6	57	II	P.C.	13	1	59	I	P.C.						29	4	42	II	O.F.
4	7	32	II	O.F.	13	2	20	II	E.C.	21	0	9	I	E.C.	29	4	47	II	P.C.
4	7	39	I	P.F.	13	3	9	I	O.F.	21	3	26	I	EM.	29	7	6	II	P.F.
4	9	19	II	P.F.	13	4	8	I	P.F.	21	21	22	I	O.C.	29	20	32	I	E.C.
					13	5	40	III	O.C.	21	22	27	I	P.C.	29	23	55	I	EM.
5	1	51	I	E.C.	13	6	40	II	EM.	21	23	32	I	O.F.					
5	4	56	I	EM.	13	7	43	III	O.F.	21	23	44	II	O.C.	30	17	44	I	O.C.
5	23	6	I	O.C.	13	9	47	III	P.C.						30	18	55	I	P.C.
5	23	45	II	E.C.	13	11	44	III	P.F.	22	0	36	I	P.F.	30	19	54	I	O.F.
5	23	59	I	P.C.	13	22	14	I	E.C.	22	2	0	II	P.C.	30	20	46	II	E.C.
										22	2	5	II	O.F.	30	21	4	I	P.F.
6	1	15	I	O.F.	14	1	27	I	EM.	22	4	20	II	P.F.	30	23	7	II	E.F.
6	1	38	III	O.C.	14	19	28	I	O.C.	22	18	37	I	E.C.	30	23	10	II	IM.
6	2	9	I	P.F.	14	20	28	I	P.C.	22	21	56	I	EM.					
6	3	42	III	O.F.	14	21	6	II	O.C.										
6	3	54	II	EM.	14	21	38	I	O.F.	23	15	51	I	O.C.					
6	5	20	III	P.C.	14	22	38	I	P.F.	23	16	57	I	P.C.					
6	7	21	III	P.F.	14	23	11	II	P.C.	23	18	0	I	O.F.					
6	20	19	I	E.C.	14	23	27	II	O.F.	23	18	12	II	E.C.					
6	23	27	I	EM.						23	19	6	I	P.F.					
					15	1	32	II	P.F.	23	22	46	II	EM.					
7	17	34	I	O.C.	15	16	43	I	E.C.	23	23	31	III	E.C.					
7	18	28	II	O.C.	15	19	57	I	EM.										
7	18	29	I	P.C.						24	1	34	III	E.F.					
7	19	44	I	O.F.	16	13	57	I	O.C.	24	4	12	III	IM.					
7	20	22	II	P.C.	16	14	58	I	P.C.	24	6	3	III	EM.					
7	20	39	I	P.F.	16	15	37	II	E.C.	24	13	6	I	E.C.					
7	20	50	II	O.F.	16	16	6	I	O.F.	24	16	26	I	EM.					
7	22	44	II	P.F.	16	17	8	I	P.F.										
					16	19	30	III	E.C.	25	10	19	I	O.C.					
8	14	48	I	E.C.	16	20	2	II	EM.	25	11	27	I	P.C.					
8	17	57	I	EM.	16	21	34	III	E.F.	25	12	28	I	O.F.					
					16	23	49	III	IM.	25	13	3	II	O.C.					
										25	13	36	I	P.F.					
9	12	3	I	O.C.						25	15	24	II	P.C.					
9	12	59	I	P.C.	17	1	45	III	EM.	25	15	24	II	O.F.					
9	13	2	II	E.C.	17	11	11	I	E.C.	25	15	24	II	O.F.					
9	14	12	I	O.F.	17	14	26	I	EM.	25	17	43	II	P.F.					
9	15	8	I	P.F.															
9	15	29	III	E.C.	18	8	25	I	O.C.	26	7	34	I	E.C.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Juillet 2023

Jour	h	min																	
1	1	29	II	EM.	8	16	55	I	E.C.	16	18	10	I	O.F.	24	2	20	II	P.C.
1	3	32	III	E.C.	8	20	22	I	EM.	16	19	27	I	P.F.	24	4	36	II	P.F.
1	5	34	III	E.F.						16	20	56	II	O.C.	24	15	12	I	E.C.
1	8	33	III	IM.	9	14	7	I	O.C.	16	23	16	II	O.F.	24	18	45	I	EM.
1	10	20	III	EM.	9	15	22	I	P.C.	16	23	38	II	P.C.					
1	15	0	I	E.C.	9	16	16	I	O.F.						25	12	23	I	O.C.
1	18	24	I	EM.	9	17	31	I	P.F.	17	1	55	II	P.F.	25	13	44	I	P.C.
					9	18	18	II	O.C.	17	13	17	I	E.C.	25	14	32	I	O.F.
2	12	13	I	O.C.	9	20	38	II	O.F.	17	16	49	I	EM.	25	15	52	I	P.F.
2	13	25	I	P.C.	9	20	55	II	P.C.						25	17	48	II	E.C.
2	14	22	I	O.F.	9	23	13	II	P.F.	18	10	29	I	O.C.	25	20	8	II	E.F.
2	15	33	I	P.F.						18	11	48	I	P.C.	25	20	33	II	IM.
2	15	41	II	O.C.	10	11	23	I	E.C.	18	12	38	I	O.F.	25	22	50	II	EM.
2	18	1	II	O.F.	10	14	52	I	EM.	18	13	56	I	P.F.					
2	18	10	II	P.C.						18	15	13	II	E.C.	26	5	46	III	O.C.
2	20	29	II	P.F.	11	8	35	I	O.C.	18	17	34	II	E.F.	26	7	41	III	O.F.
					11	9	52	I	P.C.	18	17	54	II	IM.	26	9	40	I	E.C.
3	9	29	I	E.C.	11	10	44	I	O.F.	18	20	12	II	EM.	26	11	33	III	P.C.
3	12	54	I	EM.	11	12	0	I	P.F.						26	13	0	III	P.F.
					11	12	38	II	E.C.	19	1	45	III	O.C.	26	13	14	I	EM.
4	6	41	I	O.C.	11	14	59	II	E.F.	19	3	41	III	O.F.					
4	7	54	I	P.C.	11	15	13	II	IM.	19	7	23	III	P.C.	27	6	51	I	O.C.
4	8	51	I	O.F.	11	17	32	II	EM.	19	7	46	I	E.C.	27	8	13	I	P.C.
4	10	3	I	P.F.	11	21	44	III	O.C.	19	8	55	III	P.F.	27	9	0	I	O.F.
4	10	4	II	E.C.	11	23	42	III	O.F.	19	11	18	I	EM.	27	10	20	I	P.F.
4	12	24	II	E.F.											27	12	51	II	O.C.
4	12	31	II	IM.	12	3	9	III	P.C.	20	4	57	I	O.C.	27	15	11	II	O.F.
4	14	51	II	EM.	12	4	47	III	P.F.	20	6	17	I	P.C.	27	15	39	II	P.C.
4	17	44	III	O.C.	12	5	52	I	E.C.	20	7	6	I	O.F.	27	17	55	II	P.F.
4	19	43	III	O.F.	12	9	21	I	EM.	20	8	25	I	P.F.					
4	22	53	III	P.C.						20	10	14	II	O.C.	28	4	9	I	E.C.
					13	3	4	I	O.C.	20	12	34	II	O.F.	28	7	42	I	EM.
5	0	35	III	P.F.	13	4	21	I	P.C.	20	12	59	II	P.C.					
5	3	57	I	E.C.	13	5	13	I	O.F.	20	15	16	II	P.F.	29	1	20	I	O.C.
5	7	23	I	EM.	13	6	29	I	P.F.						29	2	41	I	P.C.
					13	7	37	II	O.C.	21	2	15	I	E.C.	29	3	28	I	O.F.
6	1	10	I	O.C.	13	9	57	II	O.F.	21	5	47	I	EM.	29	4	49	I	P.F.
6	2	24	I	P.C.	13	10	16	II	P.C.	21	23	26	I	O.C.	29	7	5	II	E.C.
6	3	19	I	O.F.	13	12	34	II	P.F.						29	9	26	II	E.F.
6	4	32	I	P.F.						22	0	46	I	P.C.	29	9	52	II	IM.
6	4	59	II	O.C.	14	0	20	I	E.C.	22	1	35	I	O.F.	29	12	9	II	EM.
6	7	20	II	O.F.	14	3	50	I	EM.	22	2	54	I	P.F.	29	19	37	III	E.C.
6	7	32	II	P.C.	14	21	32	I	O.C.	22	4	30	II	E.C.	29	21	34	III	E.F.
6	9	51	II	P.F.	14	22	50	I	P.C.	22	6	51	II	E.F.	29	22	37	I	E.C.
6	22	26	I	E.C.	14	23	41	I	O.F.	22	7	14	II	IM.					
										22	9	31	II	EM.	30	1	28	III	IM.
7	1	53	I	EM.	15	0	58	I	P.F.	22	15	37	III	E.C.	30	2	11	I	EM.
7	19	38	I	O.C.	15	1	56	II	E.C.	22	17	35	III	E.F.	30	2	56	III	EM.
7	20	53	I	P.C.	15	4	16	II	E.F.	22	20	43	I	E.C.	30	19	48	I	O.C.
7	21	47	I	O.F.	15	4	34	II	IM.	22	21	20	III	IM.	30	21	10	I	P.C.
7	23	1	I	P.F.	15	6	52	II	EM.	22	22	52	III	EM.	30	21	57	I	O.F.
7	23	21	II	E.C.	15	11	35	III	E.C.						30	23	18	I	P.F.
					15	13	34	III	E.F.	23	0	16	I	EM.					
8	1	42	II	E.F.	15	17	7	III	IM.	23	17	54	I	O.C.	31	2	10	II	O.C.
8	1	53	II	IM.	15	18	45	III	EM.	23	19	15	I	P.C.	31	4	29	II	O.F.
8	4	11	II	EM.	15	18	49	I	E.C.	23	20	3	I	O.F.	31	4	59	II	P.C.
8	7	34	III	E.C.	15	22	19	I	EM.	23	21	23	I	P.F.	31	7	15	II	P.F.
8	9	34	III	E.F.						23	23	33	II	O.C.	31	17	6	I	E.C.
8	12	52	III	IM.	16	16	1	I	O.C.						31	20	40	I	EM.
8	14	34	III	EM.	16	17	19	I	P.C.	24	1	52	II	O.F.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Août 2023

Jour	h	min		Jour	h	min		Jour	h	min		Jour	h	min					
1	14	17	I	O.C.	9	1	18	II	E.F.	16	18	55	I	EM.	24	14	26	I	O.C.
1	15	39	I	P.C.	9	1	46	II	IM.	16	19	41	III	O.F.	24	15	46	I	P.C.
1	16	25	I	O.F.	9	4	3	II	EM.	16	23	43	III	P.C.	24	16	35	I	O.F.
1	17	46	I	P.F.	9	13	29	I	E.C.						24	17	53	I	P.F.
1	20	23	II	E.C.	9	13	48	III	O.C.	17	0	54	III	P.F.	24	23	18	II	O.C.
1	22	43	II	E.F.	9	15	41	III	O.F.	17	12	32	I	O.C.					
1	23	11	II	IM.	9	17	2	I	EM.	17	13	54	I	P.C.	25	1	37	II	O.F.
					9	19	44	III	P.C.	17	14	41	I	O.F.	25	2	0	II	P.C.
2	1	27	II	EM.	9	21	1	III	P.F.	17	16	1	I	P.F.	25	4	14	II	P.F.
2	9	47	III	O.C.						17	20	41	II	O.C.	25	11	45	I	E.C.
2	11	34	I	E.C.	10	10	39	I	O.C.	17	23	0	II	O.F.	25	15	15	I	EM.
2	11	41	III	O.F.	10	12	1	I	P.C.	17	23	29	II	P.C.					
2	15	8	I	EM.	10	12	47	I	O.F.						26	8	55	I	O.C.
2	15	41	III	P.C.	10	14	9	I	P.F.	18	1	42	II	P.F.	26	10	13	I	P.C.
2	17	3	III	P.F.	10	18	5	II	O.C.	18	9	51	I	E.C.	26	11	4	I	O.F.
					10	20	24	II	O.F.	18	13	23	I	EM.	26	12	21	I	P.F.
3	8	45	I	O.C.	10	20	54	II	P.C.						26	17	26	II	E.C.
3	10	7	I	P.C.	10	23	9	II	P.F.	19	7	1	I	O.C.	26	19	46	II	E.F.
3	10	54	I	O.F.						19	8	22	I	P.C.	26	20	7	II	IM.
3	12	15	I	P.F.	11	7	57	I	E.C.	19	9	10	I	O.F.	26	22	22	II	EM.
3	15	28	II	O.C.	11	11	31	I	EM.	19	10	29	I	P.F.					
3	17	47	II	O.F.						19	14	51	II	E.C.	27	6	14	I	E.C.
3	18	18	II	P.C.	12	5	7	I	O.C.	19	17	11	II	E.F.	27	9	43	I	EM.
3	20	33	II	P.F.	12	6	29	I	P.C.	19	17	36	II	IM.	27	11	41	III	E.C.
					12	7	16	I	O.F.	19	19	52	II	EM.	27	13	33	III	E.F.
4	6	3	I	E.C.	12	8	37	I	P.F.						27	17	22	III	IM.
4	9	37	I	EM.	12	12	15	II	E.C.	20	4	20	I	E.C.	27	18	29	III	EM.
					12	14	36	II	E.F.	20	7	39	III	E.C.					
5	3	13	I	O.C.	12	15	4	II	IM.	20	7	51	I	EM.	28	3	23	I	O.C.
5	4	36	I	P.C.	12	17	19	II	EM.	20	9	33	III	E.F.	28	4	41	I	P.C.
5	5	22	I	O.F.						20	13	30	III	IM.	28	5	32	I	O.F.
5	6	43	I	P.F.	13	2	26	I	E.C.	20	14	42	III	EM.	28	6	48	I	P.F.
5	9	40	II	E.C.	13	3	38	III	E.C.						28	12	36	II	O.C.
5	12	1	II	E.F.	13	5	33	III	E.F.	21	1	29	I	O.C.	28	14	55	II	O.F.
5	12	29	II	IM.	13	5	59	I	EM.	21	2	50	I	P.C.	28	15	15	II	P.C.
5	14	45	II	EM.	13	9	33	III	IM.	21	3	38	I	O.F.	28	17	28	II	P.F.
5	23	38	III	E.C.	13	10	51	III	EM.	21	4	57	I	P.F.					
					13	23	36	I	O.C.	21	10	0	II	O.C.	29	0	42	I	E.C.
6	0	31	I	E.C.						21	12	19	II	O.F.	29	4	10	I	EM.
6	1	34	III	E.F.	14	0	58	I	P.C.	21	12	45	II	P.C.	29	21	52	I	O.C.
6	4	6	I	EM.	14	1	44	I	O.F.	21	14	58	II	P.F.	29	23	9	I	P.C.
6	5	33	III	IM.	14	3	5	I	P.F.	21	22	48	I	E.C.					
6	6	55	III	EM.	14	7	23	II	O.C.						30	0	0	I	O.F.
6	21	42	I	O.C.	14	9	42	II	O.F.	22	2	19	I	EM.	30	1	16	I	P.F.
6	23	4	I	P.C.	14	10	12	II	P.C.	22	19	58	I	O.C.	30	6	44	II	E.C.
6	23	51	I	O.F.	14	12	26	II	P.F.	22	21	18	I	P.C.	30	9	4	II	E.F.
					14	20	54	I	E.C.	22	22	7	I	O.F.	30	9	22	II	IM.
7	1	12	I	P.F.						22	23	25	I	P.F.	30	11	36	II	EM.
7	4	47	II	O.C.	15	0	27	I	EM.						30	19	11	I	E.C.
7	7	6	II	O.F.	15	18	4	I	O.C.	23	4	8	II	E.C.	30	22	38	I	EM.
7	7	37	II	P.C.	15	19	26	I	P.C.	23	6	29	II	E.F.					
7	9	52	II	P.F.	15	20	13	I	O.F.	23	6	52	II	IM.	31	1	50	III	O.C.
7	19	0	I	E.C.	15	21	33	I	P.F.	23	9	7	II	EM.	31	3	40	III	O.F.
7	22	34	I	EM.						23	17	17	I	E.C.	31	7	26	III	P.C.
					16	1	33	II	E.C.	23	20	47	I	EM.	31	8	27	III	P.F.
8	16	10	I	O.C.	16	3	53	II	E.F.	23	21	50	III	O.C.	31	16	20	I	O.C.
8	17	33	I	P.C.	16	4	20	II	IM.	23	23	41	III	O.F.	31	17	36	I	P.C.
8	18	19	I	O.F.	16	6	36	II	EM.						31	18	29	I	O.F.
8	19	40	I	P.F.	16	15	23	I	E.C.	24	3	37	III	P.C.	31	19	44	I	P.F.
8	22	58	II	E.C.	16	17	50	III	O.C.	24	4	43	III	P.F.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Septembre 2023

Jour	h	min		Jour	h	min		Jour	h	min		Jour	h	min					
1	1	54	II	O.C.	8	18	54	I	EM.	17	1	13	II	E.C.	25	10	59	I	O.C.
1	4	13	II	O.F.						17	5	40	II	EM.	25	11	55	I	P.C.
1	4	30	II	P.C.	9	12	42	I	O.C.	17	11	56	I	E.C.	25	13	8	I	O.F.
1	6	42	II	P.F.	9	13	53	I	P.C.	17	15	9	I	EM.	25	14	2	I	P.F.
1	13	39	I	E.C.	9	14	51	I	O.F.	17	23	44	III	E.C.	25	23	0	II	O.C.
1	17	5	I	EM.	9	16	0	I	P.F.										
					9	22	37	II	E.C.	18	1	34	III	E.F.	26	0	53	II	P.C.
2	10	48	I	O.C.						18	4	28	III	IM.	26	1	19	II	O.F.
2	12	4	I	P.C.	10	0	58	II	E.F.	18	5	22	III	EM.	26	3	4	II	P.F.
2	12	57	I	O.F.	10	1	2	II	IM.	18	9	5	I	O.C.	26	8	19	I	E.C.
2	14	11	I	P.F.	10	3	16	II	EM.	18	10	8	I	P.C.	26	11	23	I	EM.
2	20	1	II	E.C.	10	10	2	I	E.C.	18	11	14	I	O.F.					
2	22	22	II	E.F.	10	13	22	I	EM.	18	12	16	I	P.F.	27	5	27	I	O.C.
2	22	36	II	IM.	10	19	43	III	E.C.	18	20	24	II	O.C.	27	6	21	I	P.C.
					10	21	34	III	E.F.	18	22	32	II	P.C.	27	7	37	I	O.F.
3	0	50	II	EM.						18	22	43	II	O.F.	27	8	29	I	P.F.
3	8	8	I	E.C.	11	0	52	III	IM.						27	17	7	II	E.C.
3	11	33	I	EM.	11	1	49	III	EM.	19	0	44	II	P.F.	27	21	11	II	EM.
3	15	42	III	E.C.	11	7	11	I	O.C.	19	6	25	I	E.C.					
3	17	33	III	E.F.	11	8	20	I	P.C.	19	9	36	I	EM.	28	2	47	I	E.C.
3	21	9	III	IM.	11	9	20	I	O.F.						28	5	49	I	EM.
3	22	11	III	EM.	11	10	28	I	P.F.	20	3	33	I	O.C.	28	17	54	III	O.C.
					11	17	48	II	O.C.	20	4	35	I	P.C.	28	19	40	III	O.F.
4	5	17	I	O.C.	11	20	7	II	O.F.	20	5	43	I	O.F.	28	21	54	III	P.C.
4	6	31	I	P.C.	11	20	9	II	P.C.	20	6	42	I	P.F.	28	22	39	III	P.F.
4	7	26	I	O.F.	11	22	21	II	P.F.	20	14	31	II	E.C.	28	23	56	I	O.C.
4	8	39	I	P.F.						20	18	50	II	EM.					
4	15	12	II	O.C.	12	4	30	I	E.C.						29	0	48	I	P.C.
4	17	31	II	O.F.	12	7	49	I	EM.	21	0	53	I	E.C.	29	2	5	I	O.F.
4	17	44	II	P.C.						21	4	3	I	EM.	29	2	56	I	P.F.
4	19	56	II	P.F.	13	1	39	I	O.C.	21	13	53	III	O.C.	29	12	17	II	O.C.
					13	2	47	I	P.C.	21	15	40	III	O.F.	29	14	2	II	P.C.
5	2	36	I	E.C.	13	3	48	I	O.F.	21	18	25	III	P.C.	29	14	37	II	O.F.
5	6	0	I	EM.	13	4	55	I	P.F.	21	19	12	III	P.F.	29	16	14	II	P.F.
5	23	45	I	O.C.	13	11	55	II	E.C.	21	22	2	I	O.C.	29	21	16	I	E.C.
					13	16	28	II	EM.	21	23	2	I	P.C.					
6	0	59	I	P.C.	13	22	59	I	E.C.						30	0	15	I	EM.
6	1	54	I	O.F.						22	0	11	I	O.F.	30	18	24	I	O.C.
6	3	6	I	P.F.	14	2	16	I	EM.	22	1	9	I	P.F.	30	19	14	I	P.C.
6	9	19	II	E.C.	14	9	51	III	O.C.	22	9	42	II	O.C.	30	20	34	I	O.F.
6	11	40	II	E.F.	14	11	39	III	O.F.	22	11	43	II	P.C.	30	21	22	I	P.F.
6	11	49	II	IM.	14	14	50	III	P.C.	22	12	1	II	O.F.					
6	14	3	II	EM.	14	15	41	III	P.F.	22	13	54	II	P.F.					
6	21	5	I	E.C.	14	20	8	I	O.C.	22	19	22	I	E.C.					
					14	21	14	I	P.C.	22	22	29	I	EM.					
7	0	27	I	EM.	14	22	17	I	O.F.										
7	5	51	III	O.C.	14	23	22	I	P.F.	23	16	30	I	O.C.					
7	7	40	III	O.F.						23	17	28	I	P.C.					
7	11	10	III	P.C.	15	7	6	II	O.C.	23	18	40	I	O.F.					
7	12	6	III	P.F.	15	9	21	II	P.C.	23	19	36	I	P.F.					
7	18	14	I	O.C.	15	9	25	II	O.F.										
7	19	26	I	P.C.	15	11	33	II	P.F.	24	3	49	II	E.C.					
7	20	23	I	O.F.	15	17	28	I	E.C.	24	8	1	II	EM.					
7	21	33	I	P.F.	15	20	43	I	EM.	24	13	50	I	E.C.					
										24	16	56	I	EM.					
8	4	30	II	O.C.	16	14	36	I	O.C.										
8	6	49	II	O.F.	16	15	41	I	P.C.	25	3	44	III	E.C.					
8	6	57	II	P.C.	16	16	45	I	O.F.	25	5	33	III	E.F.					
8	9	9	II	P.F.	16	17	49	I	P.F.	25	7	59	III	IM.					
8	15	33	I	E.C.						25	8	50	III	EM.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Octobre 2023

Jour	h	min		Jour	h	min		Jour	h	min		Jour	h	min					
1	6	26	II	E.C.	9	15	26	I	PC.	17	14	2	I	E.C.	26	12	46	I	EM.
1	10	21	II	EM.	9	15	37	III	EM.	17	16	37	I	EM.					
1	15	44	I	E.C.	9	16	57	I	O.F.						27	7	34	I	O.C.
1	18	42	I	EM.	9	17	34	I	PF.	18	11	10	I	O.C.	27	7	45	I	PC.
										18	11	36	I	PC.	27	9	44	I	O.F.
2	7	45	III	E.C.	10	4	11	II	O.C.	18	13	20	I	O.F.	27	9	54	I	PF.
2	9	33	III	E.F.	10	5	28	II	PC.	18	13	44	I	PF.	27	9	58	III	O.C.
2	11	25	III	IM.	10	6	30	II	O.F.						27	11	7	III	PC.
2	12	15	III	EM.	10	7	39	II	PF.	19	0	58	II	E.C.	27	11	42	III	O.F.
2	12	53	I	O.C.	10	12	7	I	E.C.	19	4	3	II	EM.	27	12	1	III	PF.
2	13	41	I	PC.	10	14	53	I	EM.	19	8	30	I	E.C.	27	22	40	II	O.C.
2	15	3	I	O.F.						19	11	3	I	EM.	27	23	3	II	PC.
2	15	48	I	PF.	11	9	16	I	O.C.										
					11	9	52	I	PC.	20	5	39	I	O.C.	28	0	59	II	O.F.
3	1	35	II	O.C.	11	11	26	I	O.F.	20	5	57	III	O.C.	28	1	15	II	PF.
3	3	11	II	PC.	11	12	0	I	PF.	20	6	2	I	PC.	28	4	53	I	E.C.
3	3	54	II	O.F.	11	22	21	II	E.C.	20	7	41	III	O.F.	28	7	12	I	EM.
3	5	23	II	PF.						20	7	49	I	O.F.					
3	10	13	I	E.C.	12	1	47	II	EM.	20	7	54	III	PC.	29	2	2	I	O.C.
3	13	8	I	EM.	12	6	36	I	E.C.	20	8	10	I	PF.	29	2	11	I	PC.
					12	9	19	I	EM.	20	8	43	III	PF.	29	4	13	I	O.F.
4	7	21	I	O.C.						20	20	4	II	O.C.	29	4	20	I	PF.
4	8	7	I	PC.	13	1	56	III	O.C.	20	20	50	II	PC.	29	16	54	II	E.C.
4	9	31	I	O.F.	13	3	41	III	O.F.	20	22	24	II	O.F.	29	19	25	II	EM.
4	10	15	I	PF.	13	3	44	I	O.C.	20	23	2	II	PF.	29	23	22	I	E.C.
4	19	44	II	E.C.	13	4	18	I	PC.										
4	23	30	II	EM.	13	4	38	III	PC.	21	2	59	I	E.C.	30	1	38	I	EM.
					13	5	24	III	PF.	21	5	28	I	EM.	30	20	31	I	O.C.
5	4	42	I	E.C.	13	5	54	I	O.F.						30	20	37	I	PC.
5	7	34	I	EM.	13	6	26	I	PF.	22	0	7	I	O.C.	30	22	41	I	O.F.
5	21	56	III	O.C.	13	17	29	II	O.C.	22	0	28	I	PC.	30	22	46	I	PF.
5	23	41	III	O.F.	13	18	36	II	PC.	22	2	18	I	O.F.	30	23	50	III	E.C.
					13	19	48	II	O.F.	22	2	36	I	PF.					
6	1	19	III	PC.	13	20	47	II	PF.	22	14	17	II	E.C.	31	1	36	III	E.F.
6	1	50	I	O.C.						22	17	11	II	EM.	31	11	57	II	O.C.
6	2	3	III	PF.	14	1	4	I	E.C.	22	21	27	I	E.C.	31	12	9	II	PC.
6	2	33	I	PC.	14	3	45	I	EM.	22	23	54	I	EM.	31	14	17	II	O.F.
6	4	0	I	O.F.	14	22	13	I	O.C.						31	14	22	II	PF.
6	4	41	I	PF.	14	22	44	I	PC.	23	18	36	I	O.C.	31	17	51	I	E.C.
6	14	53	II	O.C.						23	18	54	I	PC.	31	20	4	I	EM.
6	16	20	II	PC.	15	0	23	I	O.F.	23	19	49	III	E.C.					
6	17	12	II	O.F.	15	0	52	I	PF.	23	20	46	I	O.F.					
6	18	31	II	PF.	15	11	39	II	E.C.	23	21	2	I	PF.					
6	23	10	I	E.C.	15	14	55	II	EM.	23	22	16	III	EM.					
					15	19	33	I	E.C.										
7	2	0	I	EM.	15	22	11	I	EM.	24	9	22	II	O.C.					
7	20	18	I	O.C.						24	9	56	II	PC.					
7	20	59	I	PC.	16	15	47	III	E.C.	24	11	41	II	O.F.					
7	22	28	I	O.F.	16	16	41	I	O.C.	24	12	9	II	PF.					
7	23	7	I	PF.	16	17	10	I	PC.	24	15	56	I	E.C.					
					16	17	34	III	E.F.	24	18	20	I	EM.					
8	9	2	II	E.C.	16	18	5	III	IM.										
8	12	39	II	EM.	16	18	52	I	O.F.	25	13	5	I	O.C.					
8	17	39	I	E.C.	16	18	58	III	EM.	25	13	19	I	PC.					
8	20	27	I	EM.	16	19	18	I	PF.	25	15	15	I	O.F.					
										25	15	28	I	PF.					
9	11	46	III	E.C.	17	6	46	II	O.C.										
9	13	33	III	E.F.	17	7	43	II	PC.	26	3	35	II	E.C.					
9	14	47	III	IM.	17	9	6	II	O.F.	26	6	18	II	EM.					
9	14	47	I	O.C.	17	9	54	II	PF.	26	10	25	I	E.C.					

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Novembre 2023

Jour	h	min																	
1	15	0	I	O.C.	10	11	24	I	O.C.	18	8	46	II	O.F.	27	2	13	II	IM.
1	15	3	I	P.C.	10	13	21	I	P.F.	18	10	14	I	IM.	27	5	47	II	E.F.
1	17	10	I	O.F.	10	13	34	I	O.F.	18	12	47	I	E.F.	27	6	25	I	IM.
1	17	12	I	P.F.	10	17	31	III	P.C.						27	9	11	I	E.F.
					10	18	2	III	O.C.	19	7	23	I	P.C.					
2	6	12	II	E.C.	10	18	37	III	P.F.	19	7	48	I	O.C.	28	3	34	I	P.C.
2	8	33	II	E.F.	10	19	44	III	O.F.	19	9	32	I	P.F.	28	4	12	I	O.C.
2	12	19	I	E.C.						19	9	58	I	O.F.	28	5	43	I	P.F.
2	14	29	I	EM.	11	3	29	II	P.C.	19	23	56	II	IM.	28	6	22	I	O.F.
					11	3	51	II	O.C.						28	13	27	III	IM.
3	9	28	I	O.C.	11	5	42	II	P.F.	20	3	8	II	E.F.	28	14	53	III	EM.
3	9	29	I	P.C.	11	6	10	II	O.F.	20	4	40	I	IM.	28	15	55	III	E.C.
3	11	38	I	P.F.	11	8	30	I	IM.	20	7	16	I	E.F.	28	17	38	III	E.F.
3	11	39	I	O.F.	11	10	52	I	E.F.						28	21	5	II	P.C.
3	14	0	III	O.C.						21	1	49	I	P.C.	28	22	20	II	O.C.
3	14	19	III	P.C.	12	5	38	I	P.C.	21	2	17	I	O.C.	28	23	20	II	P.F.
3	15	18	III	P.F.	12	5	52	I	O.C.	21	3	58	I	P.F.					
3	15	43	III	O.F.	12	7	47	I	P.F.	21	4	27	I	O.F.	29	0	39	II	O.F.
					12	8	3	I	O.F.	21	10	10	III	IM.	29	0	51	I	IM.
4	1	15	II	O.C.	12	21	41	II	IM.	21	11	30	III	EM.	29	3	39	I	E.F.
4	1	16	II	P.C.						21	11	54	III	E.C.	29	22	1	I	P.C.
4	3	29	II	P.F.	13	0	30	II	E.F.	21	13	37	III	E.F.	29	22	41	I	O.C.
4	3	35	II	O.F.	13	2	56	I	IM.	21	18	49	II	P.C.					
4	6	47	I	IM.	13	5	21	I	E.F.	21	19	44	II	O.C.	30	0	10	I	P.F.
4	8	58	I	E.F.						21	21	4	II	P.F.	30	0	51	I	O.F.
					14	0	5	I	P.C.	21	22	4	II	O.F.	30	15	22	II	IM.
5	3	55	I	P.C.	14	0	21	I	O.C.	21	23	6	I	IM.	30	19	6	II	E.F.
5	3	57	I	O.C.	14	2	13	I	P.F.						30	19	17	I	IM.
5	6	3	I	P.F.	14	2	32	I	O.F.	22	1	45	I	E.F.	30	22	8	I	E.F.
5	6	8	I	O.F.	14	6	56	III	IM.	22	20	15	I	P.C.					
5	19	26	II	IM.	14	9	36	III	E.F.	22	20	45	I	O.C.					
5	21	52	II	E.F.	14	16	35	II	P.C.	22	22	24	I	P.F.					
					14	17	9	II	O.C.	22	22	56	I	O.F.					
6	1	13	I	IM.	14	18	49	II	P.F.										
6	3	26	I	E.F.	14	19	28	II	O.F.	23	13	4	II	IM.					
6	22	21	I	P.C.	14	21	22	I	IM.	23	16	27	II	E.F.					
6	22	26	I	O.C.	14	23	50	I	E.F.	23	17	32	I	IM.					
										23	20	13	I	E.F.					
7	0	29	I	P.F.	15	18	31	I	P.C.										
7	0	36	I	O.F.	15	18	50	I	O.C.	24	14	42	I	P.C.					
7	3	44	III	IM.	15	20	39	I	P.F.	24	15	14	I	O.C.					
7	5	36	III	E.F.	15	21	0	I	O.F.	24	16	51	I	P.F.					
7	14	22	II	P.C.						24	17	24	I	O.F.					
7	14	33	II	O.C.	16	10	48	II	IM.										
7	16	35	II	P.F.	16	13	49	II	E.F.	25	0	0	III	P.C.					
7	16	53	II	O.F.	16	15	48	I	IM.	25	1	20	III	P.F.					
7	19	39	I	IM.	16	18	18	I	E.F.	25	2	7	III	O.C.					
7	21	55	I	E.F.						25	3	48	III	O.F.					
					17	12	57	I	P.C.	25	7	57	II	P.C.					
8	16	47	I	P.C.	17	13	19	I	O.C.	25	9	2	II	O.C.					
8	16	55	I	O.C.	17	15	6	I	P.F.	25	10	12	II	P.F.					
8	18	55	I	P.F.	17	15	29	I	O.F.	25	11	22	II	O.F.					
8	19	5	I	O.F.	17	20	44	III	P.C.	25	11	58	I	IM.					
					17	21	57	III	P.F.	25	14	42	I	E.F.					
					17	22	4	III	O.C.										
9	11	11	II	E.F.	17	23	46	III	O.F.	26	9	8	I	P.C.					
9	14	4	I	IM.						26	9	43	I	O.C.					
9	16	24	I	E.F.	18	5	42	II	P.C.	26	11	17	I	P.F.					
					18	6	27	II	O.C.	26	11	53	I	O.F.					
10	11	13	I	P.C.	18	7	56	II	P.F.										

Phénomènes des satellites galiléens de Jupiter – Décembre 2023

Jour	h	min																	
1	16	27	I	PC.	9	12	31	II	PC.	17	16	39	I	PE.	26	11	55	I	O.C.
1	17	10	I	O.C.	9	14	14	II	O.C.	17	17	40	I	O.E.	26	12	56	I	PE.
1	18	36	I	PE.	9	14	48	II	PE.						26	14	5	I	O.E.
1	19	20	I	O.E.	9	15	30	I	IM.	18	9	16	II	IM.					
					9	16	33	II	O.E.	18	11	45	I	IM.	27	3	20	III	IM.
2	3	19	III	PC.	9	18	32	I	E.F.	18	13	43	II	E.F.	27	5	8	III	EM.
2	4	45	III	PE.						18	14	56	I	E.E.	27	6	27	II	PC.
2	6	8	III	O.C.	10	12	41	I	PC.						27	8	1	I	IM.
2	7	49	III	O.E.	10	13	34	I	O.C.	19	8	57	I	PC.	27	8	3	III	E.C.
2	10	13	II	PC.	10	14	50	I	PE.	19	9	59	I	O.C.	27	8	43	II	O.C.
2	11	38	II	O.C.	10	15	44	I	O.E.	19	11	6	I	PE.	27	8	45	II	PE.
2	12	29	II	PE.						19	12	9	I	O.E.	27	9	44	III	E.F.
2	13	44	I	IM.	11	6	53	II	IM.	19	23	45	III	IM.	27	11	2	II	O.E.
2	13	57	II	O.E.	11	9	57	I	IM.						27	11	20	I	E.F.
2	16	37	I	E.E.	11	11	4	II	E.F.	20	1	28	III	EM.					
					11	13	1	I	E.F.	20	4	2	III	E.C.	28	5	14	I	PC.
3	10	54	I	PC.						20	4	3	II	PC.	28	6	24	I	O.C.
3	11	39	I	O.C.	12	7	8	I	PC.	20	5	43	III	E.F.	28	7	24	I	PE.
3	13	3	I	PE.	12	8	3	I	O.C.	20	6	7	II	O.C.	28	8	33	I	O.E.
3	13	49	I	O.E.	12	9	17	I	PE.	20	6	12	I	IM.					
					12	10	13	I	O.E.	20	6	20	II	PE.	29	0	55	II	IM.
4	4	32	II	IM.	12	20	14	III	IM.	20	8	26	II	O.E.	29	2	29	I	IM.
4	8	10	I	IM.	12	21	52	III	EM.	20	9	25	I	E.E.	29	3	16	II	EM.
4	8	25	II	E.F.											29	3	20	II	E.C.
4	11	6	I	E.E.	13	0	0	III	E.C.	21	3	24	I	PC.	29	5	41	II	E.F.
					13	1	41	II	PC.	21	4	28	I	O.C.	29	5	49	I	E.F.
5	5	21	I	PC.	13	1	41	III	E.F.	21	5	33	I	PE.	29	23	42	I	PC.
5	6	8	I	O.C.	13	3	31	II	O.C.	21	6	38	I	O.E.					
5	7	30	I	PE.	13	3	58	II	PE.	21	22	28	II	IM.	30	0	53	I	O.C.
5	8	18	I	O.E.	13	4	24	I	IM.						30	1	52	I	PE.
5	16	48	III	IM.	13	5	50	II	O.E.	22	0	39	I	IM.	30	3	2	I	O.E.
5	18	21	III	EM.	13	7	30	I	E.F.	22	3	2	II	E.F.	30	17	22	III	PC.
5	19	58	III	E.C.						22	3	53	I	E.E.	30	19	9	III	PE.
5	21	40	III	E.F.	14	1	35	I	PC.	22	21	51	I	PC.	30	19	40	II	PC.
5	23	22	II	PC.	14	2	32	I	O.C.	22	22	57	I	O.C.	30	20	56	I	IM.
					14	3	44	I	PE.						30	21	59	II	PE.
6	0	56	II	O.C.	14	4	42	I	O.E.	23	0	1	I	PE.	30	22	1	II	O.C.
6	1	38	II	PE.	14	20	3	II	IM.	23	1	7	I	O.E.	30	22	18	III	O.C.
6	2	37	I	IM.	14	22	51	I	IM.	23	13	43	III	PC.	30	23	56	III	O.E.
6	3	15	II	O.E.						23	15	25	III	PE.					
6	5	34	I	E.F.	15	0	23	II	E.F.	23	17	15	II	PC.	31	0	18	I	E.F.
6	23	47	I	PC.	15	1	58	I	E.F.	23	18	14	III	O.C.	31	0	20	II	O.E.
					15	20	2	I	PC.	23	19	6	I	IM.	31	18	10	I	PC.
7	0	36	I	O.C.	15	21	1	I	O.C.	23	19	25	II	O.C.	31	19	22	I	O.C.
7	1	57	I	PE.	15	22	12	I	PE.	23	19	33	II	PE.	31	20	19	I	PE.
7	2	46	I	O.E.	15	23	11	I	O.E.	23	19	53	III	O.E.	31	21	31	I	O.E.
7	17	41	II	IM.						23	21	44	II	O.E.					
7	21	3	I	IM.	16	10	9	III	PC.	23	22	22	I	E.F.					
7	21	44	II	E.F.	16	11	47	III	PE.										
					16	14	12	III	O.C.	24	16	19	I	PC.					
8	0	3	I	E.F.	16	14	52	II	PC.	24	17	26	I	O.C.					
8	18	14	I	PC.	16	15	51	III	O.E.	24	18	28	I	PE.					
8	19	5	I	O.C.	16	16	49	II	O.C.	24	19	36	I	O.E.					
8	20	23	I	PE.	16	17	9	II	PE.										
8	21	15	I	O.E.	16	17	18	I	IM.	25	11	42	II	IM.					
					16	19	8	II	O.E.	25	13	34	I	IM.					
9	6	42	III	PC.	16	20	27	I	E.F.	25	16	22	II	E.F.					
9	8	14	III	PE.						25	16	51	I	E.E.					
9	10	10	III	O.C.	17	14	29	I	PC.										
9	11	50	III	O.E.	17	15	30	I	O.C.	26	10	46	I	PC.					

2. PHÉNOMÈNES MUTUELS

2.1. Les phénomènes mutuels joviens

Tous les six ans, Jupiter est à l'équinoxe. Cela donne ainsi l'opportunité d'observer les occultations et éclipses mutuelles entre les satellites galiléens (fig. 2). Ces phénomènes sont particulièrement faciles à observer, moyennant quelques précautions, et donnent des informations scientifiques de grande valeur. Contrairement aux phénomènes « classiques » qui ont lieu en permanence (section précédente), les phénomènes mutuels ne se produisent que tous les six ans. L'absence d'atmosphère sur les satellites galiléens permet une observation nette et, outre l'instant du phénomène, durée et amplitude peuvent être mesurées si le matériel adéquat est employé. La qualité et l'intérêt des observations de phénomènes mutuels sont ainsi clairement supérieurs : la configuration géométrique des satellites atteint une précision de quelques dizaines de kilomètres et ne dépend que très peu de la distance à la Terre. Les lecteurs peuvent alors les observer et rejoindre ainsi le réseau international des observateurs de ces phénomènes.

Ces phénomènes sont facilement observables pour les satellites de Jupiter très brillants, mais existent aussi pour les satellites de Saturne et d'Uranus. Dans ces derniers cas, il est nécessaire d'utiliser un télescope dont l'ouverture est au minimum, respectivement, de 30 cm et 60 cm.

2.2. La prédiction des phénomènes

La figure 2 explique bien comment se produisent les phénomènes mutuels. Les satellites galiléens ont leurs orbites quasiment coplanaires. Ainsi, quand la Terre passe dans ce plan (c'est-à-dire quand la déclinaison jovicentrique de la Terre s'annule), les satellites s'occultent l'un l'autre. De même, quand le Soleil passe dans ce plan (c'est-à-dire quand la déclinaison planétocentrique du Soleil s'annule), les satellites peuvent passer dans l'ombre les uns des autres : il y a éclipse mutuelle. Cette annulation (équinoxe pour la planète) a lieu tous les 6 ans pour Jupiter, tous les 14 ans pour Saturne (tous deux en 2009) et tous les 42 ans pour Uranus (c'était en 2007). Les phénomènes sont possibles tant que ces déclinaisons restent proches de zéro. Bien entendu, il faut que Jupiter (Saturne) et le Soleil soient en opposition pour que les phénomènes soient observables. Enfin, selon la déclinaison géocentrique de Jupiter, les observations sont plus favorables pour les observatoires de l'hémisphère nord (déclinaison positive) ou sud (déclinaison négative). Les valeurs de ces déclinaisons sont de l'ordre de -20° pour Jupiter et 0° pour Saturne en 2009.

Il y a phénomène mutuel lorsque la distance apparente entre deux satellites est inférieure à la somme des rayons apparents vus de la Terre pour les occultations et vus du Soleil pour les éclipses (une éclipse étant une occultation du Soleil par le satellite éclipsant, vue du satellite éclipsé).

Les phénomènes peuvent être partiels, totaux ou annulaires (comme pour la Lune). Dans le cas des éclipses, il peut aussi y avoir éclipse par la pénombre seule, ce type de phénomène n'étant cependant pas toujours détectable.

Ces phénomènes ne se produisent pas à chaque révolution, car les satellites subissent des perturbations gravitationnelles qui les écartent d'orbites elliptiques ou circulaires régulières.

2.3. Le choix des phénomènes à observer

Voici quelques règles utiles pour déterminer les phénomènes mutuels à observer en priorité. Pour commencer, il est judicieux de *choisir les phénomènes qui ne se produisent pas au crépuscule* (sauf si un satellite de référence est présent dans le champ enregistré) et *ceux pour lesquels Jupiter est assez haut dans le ciel*. De même, il faut *éviter les phénomènes rasants* (ils peuvent être inobservables du fait de l'imprécision du modèle théorique utilisé pour la prédiction) et *préférer les phénomènes dont la chute en magnitude est supérieure à 10 %*. Il est préférable de *choisir les phénomènes qui se produisent plutôt loin de Jupiter* (à plus de 3 rayons joviens). Enfin, il faut *éviter les phénomènes trop longs s'il est impossible de les observer en totalité* (Jupiter peut se coucher au cours d'un phénomène, descendre trop bas ou se cacher derrière un obstacle...). Naturellement, lorsque c'est possible, il faut *tenter le maximum d'observations*.

2.4. Les récepteurs

Le but de l'observation est d'enregistrer la variation du flux reçu des satellites concernés et d'obtenir une courbe de lumière dont l'échantillonnage temporel optimal doit être entre 5 points par seconde et 1 point toutes les 2 secondes. Cet échantillonnage dépendra de la durée des phénomènes. Pour cela, divers récepteurs sont utilisables, comme le CCD piloté par ordinateur, qui est le plus couramment utilisé, et la caméra vidéo qui enregistre le film du phénomène, décrits dans ce chapitre.

La bande passante ou le filtre utilisé pour l'observation

Pour observer, un filtre peut être utilisé, mais n'est pas nécessaire.

Pour l'intérêt de l'observation astrométrique des phénomènes mutuels, les bandes V, R ou I sont celles qu'il faut choisir de préférence (plutôt R si on est dans un site urbain, voir ci-après).

Il est également possible de rester en « pleine lumière », c'est-à-dire se placer dans la bande de sensibilité du récepteur, sans filtre, surtout avec un petit instrument : il y aura ainsi plus de flux.

Temps d'intégration et échantillonnage temporel de l'observation

Le temps d'intégration ne doit pas être trop court (il faut avoir un bon rapport signal/bruit), ni trop long (les phénomènes sont courts et il faut un bon échantillonnage de la courbe de lumière enregistrée). L'expérience montre que le temps d'intégration peut varier, selon les récepteurs, de 0,1 à 2 secondes de temps.

L'échantillonnage temporel de la courbe de lumière enregistrée va dépendre tout d'abord du temps d'intégration, mais aussi du phénomène. Un phénomène court, qui dure seulement quelques minutes, doit être échantillonné avec plusieurs points par seconde. Un phénomène long, qui dure plus d'une demi-heure, peut être échantillonné avec un point toutes les 2 secondes.

Il ne faut pas oublier de tenir compte du temps de lecture et de stockage de l'observation, image ou flux. L'échantillonnage est la somme du temps d'intégration et du temps de lecture.

Pour la datation des images, il est nécessaire de bien noter si le temps indiqué est celui du début ou de la fin de l'intégration.

Dans le cas d'une caméra classique, le temps d'intégration ne peut être choisi, ni l'échantillonnage (nécessairement 25 images par seconde), mais les satellites sont suffisamment brillants et les caméras suffisamment sensibles pour avoir un résultat correct.

Le champ

En général, la cible du CCD ou de la caméra ne peut pas couvrir la totalité du champ de Jupiter et de ses satellites. Le champ de l'image enregistrée devra contenir le satellite occulté ou éclipsé ainsi qu'un autre satellite qui servira de référence photométrique. La présence de Jupiter dans le champ devra être évitée, mais ce n'est pas toujours possible quand le satellite de référence est de l'autre côté ! Attention aux phénomènes longs au cours desquels les satellites se déplacent et modifient la taille du champ à enregistrer ! L'étude du champ des satellites au moment des phénomènes peut se faire à l'aide des logiciels d'éphémérides relatives des satellites accessibles sur le site web de l'IMCCE (www.imcce.fr/sat).

2.5. L'observation

Bien que ces observations soient faciles à réaliser, les nuits sont trop courtes pour faire tous les préparatifs à une observation de phénomènes. L'improvisation n'est pas souhaitable et il est préférable de se préparer en s'exerçant avec les éclipses par la planète et de disposer d'une procédure écrite à suivre scrupuleusement afin de ne rien oublier.

La préparation

Avant l'observation, attention à bien identifier les satellites, surtout dans le cas d'un montage optique un peu compliqué. Les satellites peuvent être facilement confondus en raison de l'aspect souvent symétrique du système jovien et de leur déplacement rapide. Attention également au guidage durant l'observation (surtout dans le cas de phénomènes longs) : il faut prévoir les mouvements relatifs des satellites, qui peuvent ne pas être linéaires. Les configurations disponibles sur www.imcce.fr/sat seront pour cela très utiles.

L'enregistrement doit commencer suffisamment longtemps en avance : comme indiqué précédemment, certains phénomènes peuvent être prédits avec 10 minutes d'erreur !

L'enregistrement du phénomène

L'absorption atmosphérique entraîne une chute d'éclat apparent en magnitude approximativement proportionnelle à la distance zénithale, mais très variable selon les conditions atmosphériques, d'où la nécessité d'effectuer des mesures différentielles par rapport à un autre satellite.

Pendant l'enregistrement du phénomène, un bon guidage du télescope est essentiel : il fait éviter les sauts de rattrapage brutaux. Il faut prévoir les mouvements des satellites au cours du phénomène. Attention à ne pas saturer le récepteur avec des images trop brillantes. Les images peuvent être normales en début de phénomènes, puis saturées ensuite pour diverses raisons :

- L'absorption diminue ou les objets montent dans le ciel ;
- Le *seeing* est mauvais et étale la lumière. Quand deux satellites se rapprochent, leurs brillances vont s'additionner et saturer le récepteur.

Si une saturation est à craindre, un filtre (une densité) peut être ajouté, ou plus simplement, le télescope peut être légèrement défocalisé, car la résolution n'importe pas pour les images enregistrées : seul compte le flux de lumière reçu.

Quelques erreurs fréquentes à éviter

- Se tromper de satellite ! (confusion Nord-Sud, Est-Ouest ; miroirs à 45°...) ;
- Commencer l'observation trop tard (incidents d'enregistreurs...) et vouloir effectuer les calibrations et rattachements photométriques après le phénomène (il y a des surprises...) ;
- Choisir un mauvais champ et devoir le changer pendant l'observation ;
- Croire que le déplacement mutuel est toujours linéaire et uniforme ;
- Ne pas être sûr de sa montre : il faut absolument se rattacher à UTC.

2.6. Liste des points importants à bien examiner

1. Être sûr que la base de temps est en UTC et à mieux de 0,1 seconde ;
2. Vérifier que Jupiter ne se cachera pas derrière un obstacle pendant l'observation ;
3. Vérifier que chaque point de la courbe de lumière est daté avec une précision meilleure que 0,1 seconde ;
4. Bien identifier les satellites et se méfier des montages optiques qui retournent le champ ;
5. Bien choisir le champ à enregistrer (CCD) ou prévoir le nombre de satellites qui seront dans le champ et avec quelle séparation ;
6. Prévoir les mouvements des satellites pour le guidage et se méfier de l'augmentation de la réfraction lorsque l'on se rapproche de l'horizon ;
7. Prévoir si la Lune et la proximité de Jupiter risquent de gêner l'observation du fait de la lumière parasite et y remédier ;
8. Observer un certain temps avant et après le phénomène pour faire des mesures photométriques individuelles de chaque satellite ;
9. S'assurer de ne pas saturer les satellites : défocaliser le télescope si nécessaire ;
10. Mesurer l'absorption atmosphérique à l'aide d'un objet de référence (autre satellite ou étoile standard photométrique de type solaire) qui sera mesuré plusieurs fois au cours d'une observation en déplaçant légèrement le télescope si l'objet de référence n'est pas dans le champ en même temps que le satellite occulté ou éclipsé ;
11. Prendre des précautions particulières pour les phénomènes qui ont lieu au crépuscule, mais ne pas hésiter à les observer en se préparant la veille dans les mêmes conditions ;
12. Observer avant les phénomènes mutuels une éclipse par Jupiter pour s'habituer au matériel et mettre en place la bonne procédure d'observation.

Pour tout renseignement complémentaire, contactez-nous par courrier électronique à l'adresse annuaire@imcce.fr en indiquant comme sujet « phemu ».

2.7. Liste des phénomènes mutuels

Les phénomènes mutuels entre les satellites de Jupiter sont disponibles sur le portail des formulaires de calcul de l'IMCCE : <https://ssp.imcce.fr/forms/satellites-events>.

3. OCCULTATIONS STELLAIRES ET SATELLITES D'ASTÉROÏDES

3.1. Introduction

L'observation du mouvement apparent des astéroïdes, relativement à un champ d'étoiles, possède de nombreuses applications, telles que la détermination des erreurs systématiques des catalogues stellaires (en position) et de leur système de référence associé (positions de l'équinoxe et de l'équateur), la construction d'un système de référence dynamique (basé sur le mouvement des astéroïdes), ou la comparaison directe entre systèmes de référence (dynamique, extragalactique...). En outre, ces observations sont d'une très bonne précision astrométrique (quelques centièmes de seconde de degré) et représentent la source principale de la détermination systématique des orbites des astéroïdes.

Dans leur mouvement apparent sur la sphère céleste, les astéroïdes croisent régulièrement des étoiles. Dans ce cas, lorsqu'un observateur terrestre (ou extraterrestre) se situe exactement dans l'axe astéroïde-étoile, la lumière de cette dernière est occultée pendant un court laps de temps. Ces phénomènes transitoires sont appelés *occultations stellaires*. L'observation de ces phénomènes est un moyen unique d'évaluer, avec une précision meilleure que le kilomètre, le contour apparent et, par extension, la forme des astéroïdes. Cette technique, appliquée pour la première fois avec succès en 1961, est d'une grande simplicité, puisqu'elle consiste, pour un observateur, à dater les instants de disparition et de réapparition de l'étoile masquée par l'astéroïde qui passe devant son champ.

Les astéroïdes ayant des tailles relativement modestes (une centaine de kilomètres), les prédictions doivent être très précises afin de permettre aux observateurs de se positionner sur Terre dans l'étroite bande de visibilité (proportionnelle à la taille de l'objet) d'où le phénomène est observable, à l'instar des éclipses de Soleil ou de Lune. L'entreprise est encore plus périlleuse lorsqu'il s'agit de détecter une occultation stellaire par un satellite d'astéroïde, dont les tailles sont de l'ordre de la dizaine de kilomètres. Dans ce cas, la durée de l'extinction de l'étoile, qui correspond au passage du satellite, ne sera que d'une poignée de secondes.

3.2. Enjeux

La réussite ou l'échec de l'observation d'une occultation stellaire par un astéroïde, binaire ou non, est tributaire, pour une large part, de la précision avec laquelle la prédiction du phénomène est réalisée. Ce souci de précision vaut à la fois pour l'étoile, l'astéroïde et son satellite. Depuis le début des années 2000, la connaissance des orbites des astéroïdes est suffisante pour que, combinée à la haute précision astrométrique de certains catalogues d'étoiles, la majorité des occultations prédites soient observées avec succès. Il n'en va pas de même avec les satellites d'astéroïdes. Jusqu'en 2006, sur les 1 029 observations réussies d'occultations faites depuis 1961, aucune n'avait permis d'observer en toute certitude l'occultation d'une étoile par un satellite d'astéroïde. C'est pourquoi, après la

découverte du premier astéroïde binaire en 1993, les efforts se sont concentrés sur les seuls objets dont on savait déjà qu'ils possédaient un satellite. Les premières tentatives eurent lieu en 2004 avec (22) Kalliope et (121) Hermione, astéroïdes identifiés comme binaires en 2001. Cependant, la connaissance de l'orbite demeurait grossière, et il a fallu encore deux années d'efforts pour collecter des données astrométriques supplémentaires afin d'accéder à des éphémérides orbitales des satellites suffisamment précises.

Le premier succès vint, le 7 novembre 2006, de l'observation de l'occultation d'une étoile par Linus, le satellite de (22) Kalliope, astéroïde de classe M (métallique) de la ceinture principale, dont la binarité a été découverte en 2001. La bande de centralité de l'occultation, qui matérialise le trajet de l'ombre du primaire, balayait le Japon dans toute sa largeur. L'ombre de Linus était également attendue à proximité de cette bande de centralité. Seize observations positives ont été enregistrées par des observateurs japonais, dont la moitié provenait du passage de Linus devant l'étoile. Il est vraisemblable que le phénomène secondaire aurait été observé avec ou sans prédiction, étant donné la position opportune du satellite à ce moment-là, non loin de la centralité. Le fait remarquable réside cependant dans la justesse de la prédiction faite à l'IMCCE, s'écartant d'à peine 58 km de la position observée. Les temps de disparition de l'éclat stellaire, une fois convertis en cordes à la surface de la Terre, font apparaître une portion du profil en coupe de Kalliope avec, dans son sillage, une esquisse de celui de Linus (fig. 3).

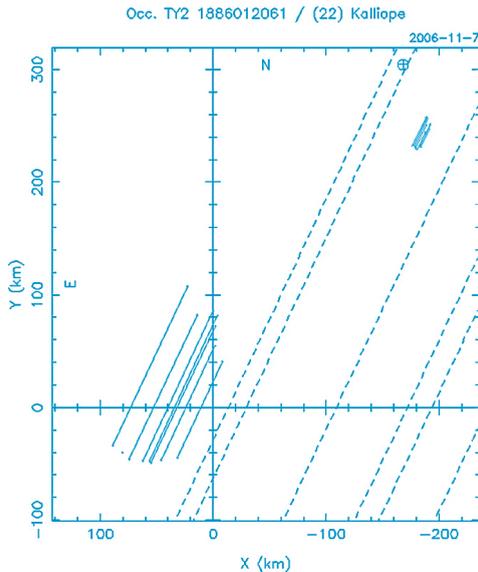


Fig. 3 – Occultation stellaire de l'étoile TYCHO 1886012061 par l'astéroïde binaire (22) Kalliope, observée le 7 novembre 2006, au Japon, par 25 observateurs.

Seize observations positives ont été enregistrées, dont huit concernant le satellite Linus de Kalliope. La croix indique la position de Linus telle qu'elle fut prédite. Les lignes pointillées indiquent des observations négatives : en d'autres termes, aucune extinction de l'étoile cible n'a été observée. © IMCCE (prédiction, réduction et analyses)

Cette observation a été fructueuse à plus d'un titre. Elle a permis de confirmer la forme et la taille de l'astéroïde primaire, qu'une autre technique avait déjà permis d'obtenir (observation des éclipses mutuelles entre Kalliope et son satellite en 2007). Il en a découlé un nouveau modèle de forme tridimensionnelle de Kalliope, ainsi qu'une nouvelle détermination de sa taille et de celle de Linus. En projetant son profil à la date de l'occultation stellaire, il apparaît que les cordes observées s'y encastrent parfaitement (fig. 4a). En ce qui concerne Linus (fig. 4b), l'ajustement d'une ellipse a donné une taille de 30 ± 6 km, conforme également au résultat obtenu à partir des observations photométriques des phénomènes mutuels.

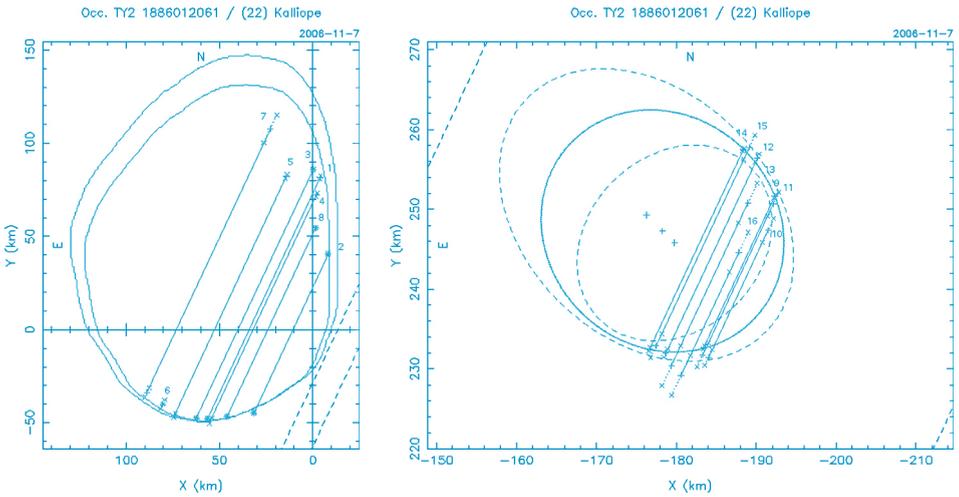


Fig. 4 – a) Profil de Kalliope. Le profil de section provient d'un modèle 3D du corps, reprojété pour deux tailles équivalentes : la plus grande courbe représente le diamètre IRAS, datant de 1983, de 180 km, et la courbe intérieure, celui de 167 km, nouvellement issu des éclipses mutuelles de 2007 [1]. b) Profil de Linus, calculé à partir d'un modèle ellipsoïdal ajusté sur les cordes observées. © IMCCE

L'enjeu reste aujourd'hui de poursuivre l'observation des occultations stellaires par tous les petits corps du Système solaire, afin de consolider le socle des connaissances actuelles. Face à la multitude des occultations produites par les centaines de milliers d'astéroïdes connus, les prédictions fournies dans les tables qui suivent sont une sélection, sur des critères scientifiques et d'observabilité, d'occultations d'étoiles par les satellites d'astéroïdes les mieux connus qu'il sera utile d'observer. Pour les autres types de phénomènes, il est possible de se référer aux réseaux spécialisés et à leurs prédictions.

3.3. Observations

Les réseaux d'observateurs

Plus encore que les astronomes professionnels, ce sont les astronomes amateurs qui observent le plus souvent les occultations stellaires. Organisés en groupe d'amis, en association ou appartenant à des réseaux spécialisés, leur contribution est la clé du succès : le 29 mai 1983, plus de 240 observateurs ont contribué à l'observation de l'occultation de la binaire spectroscopique 1 Vulpeculae par l'astéroïde (2) Pallas, conduisant ainsi à une étude détaillée de ce corps céleste.

Il existe deux réseaux majeurs de regroupement d'observateurs d'occultations stellaires : le réseau *European Asteroïdal Occultation Network* (EAON) et le réseau *International Occultation Timing Association* (IOTA). Le premier diffuse et organise des campagnes d'observations en Europe, tandis que le second, plus actif, couvre toute la planète, en particulier l'Europe à travers sa section européenne (IOTA-ES). En France, la communauté des observateurs d'occultations stellaires (où se mêlent professionnels et amateurs) contribue activement à la préparation, à la diffusion, à l'observation et à l'analyse des occultations stellaires. Pour être informé des observations d'occultations stellaires à observer et pour obtenir des informations techniques et pratiques, il existe diverses listes de diffusion, dont la plus connue est *Planoccult*. Il existe également de nombreux sites web, dont euraster.net (prédictions pour la France et guide de l'observateur très complet), www.asteroidoccultation.com (*Steve's Asteroid Occultation Page*, prédictions internationales), ainsi que EAON et IOTA(-ES).

La pratique de l'observation

L'observation d'une occultation stellaire consiste à chronométrer le temps de passage de l'astéroïde devant l'étoile. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'un télescope (même de petite taille) ou d'un simple objectif photographique, d'une caméra CCD ou webcam (ou même en visuel) et d'une base de temps précise. Il s'agira alors de dater le plus précisément possible, en estimant les erreurs commises, les deux instants de disparition et de réapparition de l'étoile occultée. Chaque observation doit ensuite être publiée par l'envoi d'un rapport auprès des réseaux spécialisés, que l'occultation ait été ou non observée avec succès. Les rapports ainsi publiés permettent ensuite aux scientifiques, dont ceux de l'IMCCE, d'exploiter les données d'observation afin d'améliorer les modèles physiques et dynamiques des petits corps du Système solaire, en particulier des satellites d'astéroïdes et de planètes.

3.4. Prédictions

Les prédictions fournies dans la table A sont une sélection, sur des critères d'intérêt scientifique et d'observabilité, d'occultations d'étoiles relativement brillantes par des satellites d'astéroïdes. La méthode de prédiction, ainsi que les modèles dynamiques des planètes et des satellites, sont issus des travaux de recherches de l'IMCCE. Les phénomènes

observables depuis la France métropolitaine (et plus largement l'Europe occidentale) sont présentés graphiquement par des cartes placées à la suite des tables. Les autres phénomènes sont observables depuis divers lieux sur Terre (Amérique du Nord, Australie, Asie...) et représentent donc, pour un observateur européen, des rapprochements entre les étoiles et les astéroïdes mentionnés. Les cartes de visibilité de chacun des phénomènes présentés dans les tables sont consultables sur le site web de l'IMCCE (www.imcce.fr). L'heure, la distance et l'angle de position de l'astéroïde au moment du minimum de distance sont calculés dans un repère géocentrique équatorial apparent de la date. Les éphémérides des astéroïdes sont calculées par intégration numérique du problème perturbé à N corps, à partir des éléments osculateurs publiés dans *The Asteroid Orbital Elements Database* (ASTORB). La solution planétaire INPOP, réalisée par l'IMCCE et l'Observatoire de la Côte d'Azur, a été utilisée pour établir les éphémérides des planètes. Les instants sont exprimés en Temps terrestre (TT) ; se reporter aux explications du chapitre 2 pour obtenir la datation dans l'échelle de temps UTC.

La table A donne les éléments suivants :

1. Le numéro d'ordre du phénomène ;
2. La date du phénomène ;
3. Le numéro de l'astéroïde ;
4. Le nom de l'astéroïde ;
5. L'heure du minimum de distance entre l'étoile et l'astéroïde, exprimée en Temps terrestre ;
6. La distance minimale de rapprochement en secondes de degré ;
7. L'angle de position de l'étoile au moment du minimum de distance défini par l'angle entre la direction astéroïde-étoile et celle du pôle Nord céleste, compté positivement du nord vers l'est (fig. 2). Les lettres N, E, S, O donnent l'orientation approximative de l'astéroïde par rapport à l'étoile à cet instant ;
8. Le diamètre de l'astéroïde en km ;
9. La magnitude visuelle de l'astéroïde au moment du phénomène.

La table B donne les éléments suivants :

1. Le numéro d'ordre du phénomène ;
2. La vitesse apparente sur la sphère céleste de l'astéroïde en secondes de degré par heure ;
3. Le nom et numéro de l'étoile dans son catalogue ;
4. La magnitude visuelle, ou, à défaut, la magnitude photographique de l'étoile ;
5. Le type spectral de l'étoile ;
6. L'ascension droite approchée de l'étoile dans le repère J2000 ;

7. La déclinaison approchée de l'étoile dans le repère J2000 ;
8. L'élongation au Soleil de l'astéroïde en degrés ;
9. La fraction illuminée du disque lunaire.

Les pages de cartes présentent les lieux de visibilité des occultations d'étoiles par des astéroïdes et leurs satellites, sélectionnées en raison de leur visibilité depuis l'Europe. Les graphiques représentent la Terre vue depuis la direction géocentrique de l'étoile au moment du phénomène. Les lieux de visibilité successifs des occultations sont donnés par la ligne de centralité du phénomène, éventuellement encadrés par la zone d'observation de la totalité de l'occultation, qui est proportionnelle au diamètre de l'astéroïde ou du satellite.

Les légendes fournissent :

- Le numéro de l'étoile et les numéro et nom de l'astéroïde ;
- La date du phénomène en Temps terrestre ;
- L'intervalle de temps de visibilité de l'occultation, avec le pas en secondes entre chaque point ;
- La chute en magnitude prédite du phénomène et la durée maximale de visibilité en un lieu donné en secondes.

Lorsque le diamètre de l'astéroïde ou de son satellite est inconnu, ces deux derniers paramètres ne peuvent pas être estimés et ne sont pas présentés sur les cartes.

Pour tout renseignement complémentaire, contactez-nous par courrier électronique à l'adresse annuaire@imcce.fr en indiquant comme sujet « occultations ».

*Occultations et rapprochements apparents d'astéroïdes et d'étoiles***2023 – Table A**

N°	Date	Astéroïde		Heure TT		Distance minimale "	Angle de position		Diamètre km	M _v
		n° nom		h min	s		°			
1	Janvier	6	572 Rebekka	20	15	51,8	0,438	N 10,6	29,6	16,5
2		7	539 Pamina	0	1	44,7	3,497	N 342,2	54,0	14,7
3		12	229 Adelinda	1	16	13,7	2,519	N 348,2	93,2	14,8
4		12	1760 Sandra	1	27	23,3	2,117	N 19,3	35,9	16,6
5		12	994 Orthild	20	15	43,6	2,536	S 199,4	24,4	14,3
6		13	695 Bella	0	27	2,4	4,179	S 176,9	48,2	13,6
7		14	1715 Salli	21	10	44,6	4,495	NE 28,6	23,1	16,1
8		15	3168 Lomnický Stit	20	13	22,3	2,941	S 182,3	25,1	16,9
9		28	762 Pulcova	0	37	17,9	2,491	SO 231,5	137,1	13,7
10	Février	5	3051 Nantong	20	24	35,9	0,732	N 6,7	16,2	18,4
11		11	597 Bandusia	5	31	23,3	3,399	N 21,5	36,1	13,7
12		17	4103 Chahine	23	36	3,4	3,106	NE 35,9	12,9	16,7
13		22	737 Arequipa	21	24	59,3	2,507	NE 35,2	44,1	13,7
14		25	96 Aegle	5	5	3,2	4,740	N 340,2	169,9	11,7
15		28	243 Ida	20	19	1,6	2,874	N 3,9	28,0	15,7
16		28	2308 Schilt	22	59	29,8	1,459	N 343,7	17,6	16,5
17	Mars	2	1582 Martir	4	17	4,1	0,713	N 3,5	36,8	16,9
18		3	301 Bavaria	0	15	6,3	3,371	SO 221,2	54,3	14,5
19		3	397 Vienna	1	32	44,3	0,142	N 348,4	43,3	14,2
20		6	937 Bethgea	22	59	51,4	0,680	N 8,0	27,5	16,0
21		10	1594 Danjon	23	33	17,4	5,589	SO 204,7	11,6	15,1
22		14	1044 Teutonia	5	21	49,4	4,264	NE 23,1	15,2	14,5
23		14	1712 Angola	23	3	47,9	1,663	N 353,4	59,5	16,7
24		15	1828 Kashirina	0	27	17,4	1,435	SO 229,0	27,9	16,7
25		16	840 Zenobia	0	22	45,4	2,064	N 354,4	30,0	16,5
26		17	1276 Uccia	3	42	15,7	0,294	SE 149,2	30,6	16,3
27		19	1766 Slipher	3	5	15,2	0,613	S 170,4	24,5	17,7
28		21	851 Zeissia	5	14	45,1	0,545	N 353,3	12,3	16,2
29		24	2 Pallas	5	2	6,3	5,267	SE 129,5	498,1	8,1
30		25	4543 Phoinix	21	0	9,5	1,699	SO 228,1	62,8	17,3
31		25	2747 Cesky Krumlov	23	33	24,1	1,262	N 18,2	31,6	18,2
32		30	974 Lioba	4	4	44,1	2,988	S 197,9	18,4	14,5
33		30	168 Sibylla	22	0	29,5	2,356	NE 26,2	148,4	13,7
34	Avril	6	1137 Raissa	2	10	21,5	2,223	S 166,3	23,7	15,7
35		7	621 Werdandi	0	26	40,5	3,048	S 182,8	27,1	16,5
36		8	2209 Tianjin	5	22	3,8	1,022	S 185,9	16,4	16,6
37		12	1068 Nofretete	2	6	55,3	0,945	NE 28,7	26,8	15,8
38		14	1852 Carpenter	20	7	56,7	0,891	S 196,4	22,9	15,9
39		15	2216 Kerch	4	4	14,5	2,320	SO 211,1	21,8	15,9
40		19	859 Bouzareah	21	23	54,3	2,884	S 187,2	74,0	14,8
41		21	1084 Tamariwa	22	10	10,3	3,182	N 4,1	27,2	16,3

*Occultations et rapprochements apparents d'astéroïdes et d'étoiles***2023 – Table B**

N°	Vitesse apparente	N° HIP	M _{v/p}	Sp	α_{2000}			δ_{2000}			Élongation	fdi
					h	min	s	°	'	"		
1	46,66	71684	9,1	G1	14	39	41	-13	58	52	64	99
2	65,69	117169	7,9	F5	23	45	18	+5	6	58	72	99
3	11,85	20632	10,5	G5	4	25	19	+23	47	46	137	77
4	44,55	68833	8,8	G0	14	5	38	-18	4	50	75	77
5	32,66	45688	3,8	A1	9	18	50	+36	48	10	152	70
6	53,02	4487	9,5	K0	0	57	32	+18	36	58	88	68
7	36,64	44064	6,7	A2	8	58	27	+35	48	9	158	50
8	29,93	34103	6,6	F5	7	4	17	+37	33	50	161	39
9	27,24	66029	9,5	K1	13	32	13	-23	50	44	97	41
10	45,77	82731	6,3	A5	16	54	35	-30	35	14	60	99
11	33,74	51390	8,1	K2	10	29	46	+28	33	20	161	73
12	51,17	80813	8,4	A9	16	30	8	-34	7	17	77	7
13	26,86	58491	8,4	K5	11	59	45	-3	57	17	151	8
14	29,56	58084	10,7	K5	11	54	44	-14	1	25	148	27
15	37,76	85548	8,4	G2	17	29	0	-24	20	11	76	63
16	25,04	42798	8,1	F5	8	43	13	+38	48	31	138	64
17	45,88	88297	7,5	B0	18	1	52	-19	6	22	70	75
18	19,76	63670	9,3	G5	13	2	57	-1	30	26	146	81
19	69,63	12975	7,5	A0	2	46	52	+12	15	38	61	82
20	42,34	79728	8,4	K0	16	16	18	-23	9	46	99	99
21	40,24	57952	8,6	F5	11	53	10	+16	50	56	165	88
22	33,23	60847	8,9	A5	12	28	17	+3	16	14	166	58
23	30,03	19157	7,3	F2	4	6	22	+14	24	7	68	49
24	20,89	68301	9,1	F8	13	58	53	-6	34	3	143	49
25	37,74	17000	6,7	A0	3	38	40	+22	39	34	62	37
26	31,12	27585	8,8	A2	5	50	29	+20	26	39	91	25
27	29,37	28497	8,2	G5	6	0	55	+17	53	24	92	8
28	52,50	93057	5,0	B9	18	57	20	-20	39	22	76	0
29	67,13	33252	8,0	K5	6	55	4	-6	38	23	101	7
30	10,78	34531	7,3	K0	7	9	18	+30	8	51	100	18
31	18,67	31561	12,6	F2	6	36	22	+27	56	3	93	19
32	30,99	56487	8,6	K5	11	34	49	+11	49	31	159	59
33	16,51	72769	7,7	F2	14	52	31	-15	23	15	144	66
34	64,11	104230	8,3	K0	21	7	6	-18	42	5	62	99
35	43,04	30289	9,2	F8	6	22	18	+25	4	58	78	99
36	24,32	38501	8,4	K7	7	53	4	+20	10	43	98	95
37	11,06	44313	8,4	F2	9	1	29	+15	11	33	111	64
38	30,67	66989	9,1	K0	13	43	43	+6	11	58	164	32
39	29,91	70531	9,0	F5	14	25	44	-1	10	22	164	29
40	29,32	64498	7,6		13	13	13	-2	33	20	167	0
41	18,73	43212	8,3	G5	8	48	10	+15	6	38	99	3

*Occultations et rapprochements apparents d'astéroïdes et d'étoiles**2023 – Table A (suite)*

N°	Date	Astéroïde	Heure TT		Distance minimale	Angle de position	Diamètre	M _v	
			h min	s					"
42	28	2995 Taratuta	4	25	2,8	0,950	SO 216,2	16,6	15,9
43	Mai 1	2476 Andersen	0	45	44,7	0,770	N 6,6	21,3	16,3
44	4	2653 Principia	1	40	40,4	3,994	N 8,8	20,5	16,7
45	4	44 Nysa	21	33	26,3	0,368	S 192,5	70,6	10,6
46	6	1013 Tombecka	20	10	37,8	0,269	S 163,4	31,9	16,4
47	7	1418 Fayeta	23	11	43,0	2,215	S 190,5	10,0	15,9
48	8	4107 Rufino	1	12	37,4	2,343	N 346,0	11,2	18,1
49	11	2 Pallas	3	6	7,9	0,935	N 341,2	498,1	8,7
50	18	628 Christine	4	2	31,6	1,406	S 197,0	49,7	14,7
51	20	53 Kalypso	21	0	32,0	0,658	N 16,7	115,4	13,7
52	21	67 Asia	0	27	15,0	6,264	NE 24,8	58,1	10,9
53	21	1405 Sibelius	2	33	48,5	5,446	N 11,6	12,2	16,1
54	21	974 Lioba	2	57	6,6	1,315	NE 44,6	18,4	15,6
55	24	395 Delia	2	34	13,4	2,877	NO 332,5	51,0	15,3
56	25	1817 Katanga	21	10	17,3	3,342	NO 309,7	15,9	13,3
57	30	368 Haidea	4	8	47,2	1,058	NO 332,7	69,6	15,1
58	Juin 1	2153 Akiyama	0	59	33,2	2,890	N 21,9	16,8	18,0
59	1	1952 Hesburgh	3	10	37,5	1,634	N 356,0	35,5	15,5
60	3	265 Anna	4	41	0,2	3,548	S 159,2	23,7	14,5
61	4	2331 Parvulesco	23	51	6,6	0,511	S 197,1	20,7	17,1
62	19	2688 Halley	21	33	35,9	1,833	N 340,9	21,5	17,9
63	20	2421 Nininger	21	2	52,6	2,503	O 253,3	38,9	16,7
64	22	91 Aegina	2	11	56,9	1,612	S 192,2	109,8	13,3
65	23	1685 Toro	21	58	57,3	2,433	NE 29,1	12,2	15,6
66	26	1332 Marconia	0	4	6,7	0,503	SE 156,5	44,1	16,1
67	28	179 Klytaemnestra	4	12	59,5	0,619	S 191,8	77,7	14,3
68	Juillet 1	813 Baumeia	2	9	4,9	1,119	SO 211,3	13,5	16,3
69	1	3419 Guth	22	59	49,4	1,339	N 351,5	33,0	17,0
70	3	859 Bouzareah	20	8	22,6	0,448	SO 220,3	74,0	16,0
71	3	934 Thuringia	20	43	6,9	1,494	S 198,4	53,4	16,3
72	6	1267 Geertruida	21	31	52,6	3,937	SO 203,9	23,4	16,2
73	8	98 Ianthe	5	22	15,3	2,822	N 8,2	104,5	13,3
74	9	512 Taurinensis	1	55	18,5	9,090	NO 311,4	23,1	12,3
75	10	1999 Hirayama	22	35	35,1	1,734	SO 215,9	34,0	16,6
76	12	2259 Sofievka	1	40	40,7	7,923	N 18,1	21,0	14,3
77	12	3571 Milanstefanik	20	25	29,7	2,216	N 357,5	38,9	16,4
78	15	1495 Helsinki	20	44	52,8	3,127	O 288,6	18,4	15,2
79	18	908 Buda	22	21	5,1	2,996	S 167,9	24,4	15,8
80	19	1318 Nerina	23	41	28,8	0,193	SE 129,7	13,0	17,7
81	22	291 Alice	1	18	6,5	3,629	S 170,1	15,0	14,6
82	23	1924 Horus	4	18	20,9	3,947	N 19,9	12,3	18,2

*Occultations et rapprochements apparents d'astéroïdes et d'étoiles**2023 – Table B (suite)*

N°	Vitesse apparente	N° HIP	M _{r/p}	Sp	α_{2000}			δ_{2000}			Élongation	<i>f</i> / <i>d</i>
	"/h				h	min	s	°	'	"	°	%
42	35,44	75614	9,8	G0	15	26	58	+ 1	41	3	157	52
43	27,08	65766	8,9	F8	13	29	1	+ 4	28	52	155	78
44	39,77	45947	8,3	K0	9	22	13	+ 12	32	58	95	96
45	31,27	79679	9,5	F3	16	15	43	- 15	26	47	158	99
46	37,31	113067	8,6	K0	22	53	58	- 18	3	33	68	98
47	14,13	57972	8,1	K5	11	53	27	- 3	53	1	133	94
48	40,08	110601	8,5	G5	22	24	26	- 6	1	56	71	93
49	70,95	39848	7,6	K0	8	8	27	+ 5	22	0	73	67
50	42,44	44405	5,5	A0	9	2	44	+ 24	27	10	74	2
51	51,62	47189	5,7	K1	9	37	2	+ 16	26	16	81	1
52	37,82	76363	9,0	G1	15	35	47	- 12	51	32	172	2
53	37,88	79078	9,1	F0	16	8	32	- 31	55	10	167	2
54	16,41	55421	8,9	K0	11	20	57	+ 11	13	9	107	2
55	24,72	105079	6,4	A1	21	17	13	- 13	16	44	104	18
56	53,40	87708	7,0	F2	17	54	55	- 11	37	54	152	34
57	53,39	115779	8,7	G0	23	27	20	+ 4	27	0	74	74
58	36,99	49381	9,0	G5	10	4	54	+ 12	50	51	78	89
59	30,40	80083	11,4	K4	16	20	40	- 17	38	54	174	89
60	20,81	92887	7,9	K0	18	55	33	- 71	4	2	127	98
61	51,45	53592	9,4	K	10	57	49	+ 2	34	24	90	99
62	42,79	7502	7,0	K0	1	36	41	+ 6	43	5	63	3
63	11,72	65708	7,4	G5	13	28	18	- 0	50	21	111	7
64	25,48	78809	7,7	B9	16	5	19	- 23	40	8	153	14
65	75,85	78563	7,5	M2	16	2	29	- 26	8	52	151	28
66	46,94	5511	8,7	K2	1	10	34	+ 6	45	2	75	48
67	29,33	56907	8,6	K0	11	39	55	- 4	57	37	81	69
68	48,58	59285	6,0	K3	12	9	41	+ 1	53	53	82	92
69	29,55	5814	7,8	K0	1	14	39	- 9	58	11	86	96
70	19,52	63139	7,0	A0	12	56	15	- 4	51	50	93	99
71	31,12	56157	12,0		11	30	42	- 8	5	45	75	99
72	30,81	66544	8,0	F3	13	38	27	- 13	33	21	103	84
73	32,44	91578	9,6	F8	18	40	29	- 45	44	51	156	72
74	37,46	99484	8,3	F3	20	11	24	- 21	57	2	165	63
75	29,68	66002	8,6	F5	13	31	54	+ 4	12	48	91	42
76	31,07	90016	7,3	B8	18	22	3	- 22	55	17	165	30
77	22,90	101095	8,5	G5	20	29	35	- 10	0	7	160	23
78	10,72	77540	10,4	G6	15	49	57	- 39	14	10	128	3
79	54,43	14071	10,9	F8	3	1	18	+ 4	59	46	71	1
80	33,03	8205	9,7	F5	1	45	30	+ 16	15	57	86	4
81	35,73	93659	8,5	B8	19	4	18	- 20	8	33	166	16
82	48,30	66233	8,4	G8	13	34	26	- 12	40	37	86	25

*Occultations et rapprochements apparents d'astéroïdes et d'étoiles**2023 – Table A (suite)*

N°	Date	Astéroïde	Heure TT		Distance minimale	Angle de position		Diamètre	M _v
			h	min		s	"		
83	28	1187 Afra	5	7	11,5	4,647	E 99,9	31,8	15,3
84	Août 1	2355 Nei Monggol	4	49	10,5	2,077	NE 31,0	17,0	17,9
85	8	413 Edburga	5	32	22,3	4,515	NO 304,0	31,9	12,4
86	11	2043 Ortutay	21	26	3,1	4,212	S 165,0	44,7	15,0
87	14	1747 Wright	0	37	29,3	5,818	N 14,5	6,3	15,1
88	17	347 Pariana	4	51	41,3	0,159	N 351,4	51,3	14,7
89	20	2933 Amber	0	28	11,0	1,853	N 359,3	20,6	17,4
90	20	3140 Stellafane	21	46	50,5	1,947	N 15,5	24,8	15,9
91	24	527 Euryanthe	2	30	28,3	0,977	N 1,0	52,9	16,2
92	24	174 Phaedra	3	54	50,0	2,194	NO 324,7	69,2	14,3
93	25	3118 Claytonsmith	3	51	56,2	2,396	E 100,0	32,9	16,8
94	28	1552 Bessel	1	40	27,4	0,862	NO 332,9	18,6	17,2
95	31	3152 Jones	1	51	54,3	0,550	SE 122,2	33,2	17,2
96	Septembre 3	3062 Wren	1	17	5,3	4,387	SE 148,4	25,0	14,9
97	9	2326 Tololo	0	34	5,2	0,718	NO 315,6	40,9	14,6
98	10	1676 Kariba	2	47	44,8	4,051	S 162,2	12,3	15,2
99	13	1006 Lagrangea	0	50	5,5	1,228	NO 336,0	29,6	16,3
100	14	3967 Shekhtelia	3	39	52,1	1,508	N 359,3	28,9	17,5
101	15	1166 Sakuntala	1	52	49,8	0,584	SO 204,1	24,7	14,5
102	16	180 Garumna	22	32	25,9	0,800	S 178,1	32,7	16,0
103	17	5176 Yoichi	2	52	26,1	5,180	S 175,1	16,6	16,4
104	27	66 Maja	21	20	3,6	0,312	S 189,2	72,8	14,4
105	Octobre 2	3978 Klepesta	5	0	11,7	1,989	SO 204,3	26,7	17,7
106	5	4231 Fireman	20	52	49,4	1,980	NO 322,2	13,3	16,0
107	5	1064 Aethusa	21	33	54,2	0,361	N 359,7	18,7	15,3
108	8	1340 Yvette	20	34	11,6	2,585	NO 336,9	25,9	16,4
109	10	1466 Mundleria	23	2	25,1	2,641	NO 327,2	21,5	16,0
110	11	1951 Lick	2	34	15,7	7,699	SO 235,7	5,5	16,5
111	13	1511 Dalera	4	28	37,3	3,153	S 170,3	15,5	17,8
112	17	1489 Attila	2	54	52,9	2,229	N 15,5	30,1	17,4
113	19	1318 Nerina	4	43	55,1	3,265	N 357,5	13,0	16,3
114	19	595 Polyxena	20	48	0,4	2,506	N 4,9	109,1	12,7
115	19	1283 Komsomolia	22	29	28,6	0,837	O 290,3	26,9	14,5
116	25	148 Gallia	3	8	14,2	4,022	NO 319,8	97,7	11,1
117	27	921 Jovita	0	27	11,2	0,897	SO 231,4	58,5	16,5
118	29	276 Adelheid	22	47	50,4	0,345	E 109,3	121,6	13,6
119	30	209 Dido	21	32	1,4	1,056	S 160,1	159,9	14,2
120	Novembre 3	3855 Pasasymphonia	1	56	37,5	2,915	NO 318,5	6,3	16,1
121	3	367 Amicitia	21	24	21,9	0,009	S 167,0	19,1	14,0
122	4	3415 Danby	4	43	13,9	0,785	S 160,8	32,5	15,2
123	5	3730 Hurban	3	14	48,9	5,481	SE 150,5	26,3	15,2

*Occultations et rapprochements apparents d'astéroïdes et d'étoiles**2023 – Table B (suite)*

N°	Vitesse apparente	N° HIP	M _{r/p}	Sp	α_{2000}			δ_{2000}			Élongation	<i>f</i> / <i>d</i>
	"/h				h	min	s	°	'	"	°	%
83	17,99	117607	7,0	G5	23	51	6	+ 2	14	16	125	75
84	39,20	63467	9,8	K7	13	0	17	- 2	42	17	66	99
85	38,43	92864	8,4	F7	18	55	20	- 32	32	32	145	54
86	29,11	108458	8,2	K1	21	58	17	- 12	6	7	171	18
87	23,35	93914	8,7	A0	19	7	21	+ 11	36	21	135	5
88	38,29	20284	6,2	F6	4	20	52	+ 13	51	52	78	0
89	52,99	26982	8,8	B9	5	43	30	+ 18	8	43	60	12
90	19,36	11962	9,0	A0	2	34	22	+ 0	21	41	110	18
91	47,15	28509	7,7	B9	6	1	5	+ 16	59	29	60	49
92	25,84	17561	9,3	B5	3	45	39	+ 32	26	24	88	49
93	14,41	9739	7,8	K1	2	5	16	+ 29	6	14	111	60
94	15,34	84162	8,3	B2	17	12	20	- 34	22	10	105	88
95	17,13	13210	6,7	F0	2	50	0	+ 30	31	34	107	99
96	30,35	110731	9,3	F7	22	26	3	- 22	55	32	164	88
97	36,24	111200	6,4	A8	22	31	41	- 10	54	19	169	31
98	40,48	117262	8,5	G3	23	46	34	- 12	45	27	168	21
99	19,80	88995	9,9	B0	18	9	51	- 23	36	51	102	3
100	41,48	34656	8,8	K0	7	10	38	+ 19	18	35	64	0
101	60,42	84007	10,4	G5	17	10	20	- 23	42	20	86	0
102	20,90	88116	4,7	B9	17	59	47	- 23	48	57	96	3
103	46,16	24872	8,4	K2	5	19	58	+ 16	43	50	93	4
104	58,86	38761	6,8	B8	7	56	6	+ 23	37	25	67	96
105	47,76	41585	9,2	A5	8	28	42	+ 10	50	7	61	90
106	36,40	116869	11,7		23	41	19	+ 14	46	37	161	58
107	69,72	82986	9,8	G0	16	57	30	- 22	38	36	63	58
108	27,34	769	7,3	G5	0	9	28	+ 1	14	38	167	29
109	35,81	2408	7,4	M ₁	0	30	40	- 9	24	27	162	13
110	50,86	30083	8,2	F2	6	19	49	- 43	53	59	93	12
111	38,80	95114	8,3	F5	19	20	58	- 25	31	57	88	2
112	40,53	42770	7,8	A0	8	42	54	+ 16	26	59	74	5
113	44,48	4893	7,2	F3	1	2	50	+ 26	17	57	162	20
114	31,45	11762	7,5	K2	2	31	47	+ 21	22	31	162	26
115	12,83	22085	8,3	K5	4	45	4	+ 9	29	16	133	27
116	32,16	11911	11,7	Gp	2	33	43	- 26	19	18	140	83
117	18,37	37584	8,0	F5	7	42	45	+ 4	4	15	95	95
118	25,32	25725	8,2	B8	5	29	36	+ 5	13	37	131	98
119	37,39	97828	9,3	A9	19	52	46	- 26	10	39	78	95
120	36,60	113678	9,4	F2	23	1	27	- 18	18	18	118	72
121	26,45	3540	7,0	F8	0	45	10	+ 0	15	12	149	65
122	26,80	13023	8,5	A0	2	47	25	+ 17	12	35	176	62
123	31,05	7227	9,0	M1	1	33	8	+ 22	19	7	163	53

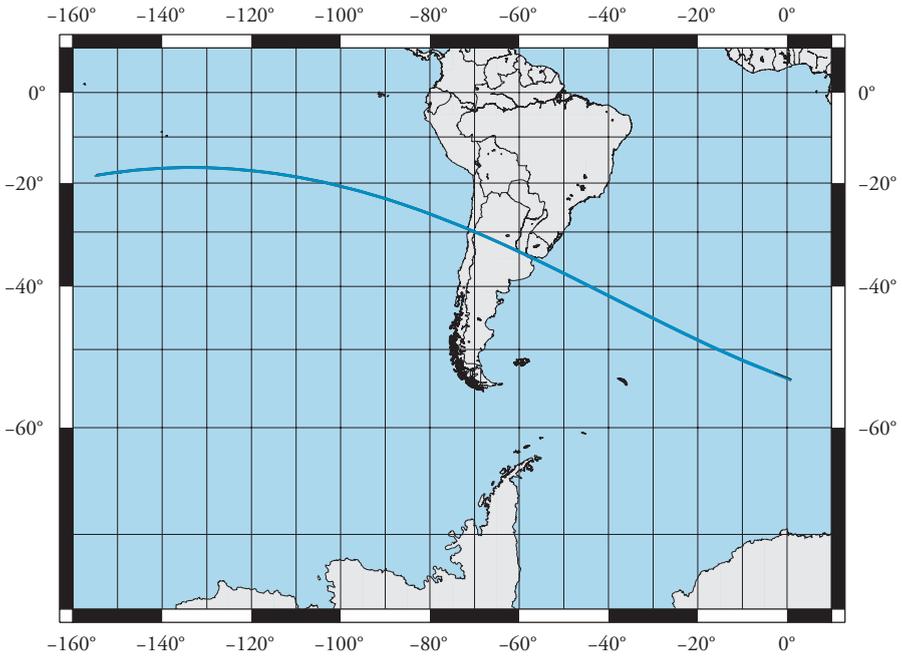
Occultations et rapprochements apparents d'astéroïdes et d'étoiles
 2023 – Table A (suite et fin)

N°	Date	Astéroïde	Heure TT			Distance minimale	Angle de position	Diamètre	M _v
			h	min	s				
		n° nom				"	°	km	
165	5	2742 Gibson	22	43	0,4	2,568	S 174,3	21,1	16,5
166	6	5153 Gierasch	20	1	31,0	0,240	S 173,1	28,1	18,1
167	7	3389 Sinzot	23	11	10,0	2,348	S 172,0	18,7	18,1
168	8	1327 Namaqua	20	12	49,8	1,549	S 191,3	25,1	16,6
169	12	2448 Sholokhov	1	38	26,3	0,420	S 174,2	30,2	16,6
170	16	132 Aethra	20	46	59,3	1,112	NO 316,7	42,7	12,4
171	23	976 Benjamina	3	29	39,5	2,612	SE 153,5	80,5	14,7
172	29	845 Naema	5	36	44,1	1,773	S 181,6	54,4	16,0
173	Décembre 3	3197 Weissman	0	44	22,5	3,779	O 259,6	21,6	15,4
174	5	2522 Triglav	0	52	43,8	0,571	SE 122,4	20,5	16,5
175	7	1293 Sonja	2	26	45,7	3,009	S 159,8	7,8	15,9
176	8	2835 Ryoma	4	19	26,5	4,833	S 167,9	25,2	16,0
177	9	12 Victoria	21	30	15,9	2,930	NE 27,9	112,8	12,8
178	12	319 Leona	1	19	57,1	2,509	N 352,2	68,2	14,2
179	19	1504 Lappeenranta	0	58	45,1	1,323	SO 203,3	12,7	14,0
180	23	695 Bella	4	7	7,0	2,545	SE 122,6	48,2	13,9
181	27	47 Aglaja	23	42	37,4	0,660	NO 334,3	127,0	13,5
182	29	1283 Komsomolia	1	17	33,8	2,338	NE 28,8	26,9	14,5

*Occultations et rapprochements apparents d'astéroïdes et d'étoiles**2023 – Table B (suite et fin)*

N°	Vitesse apparente	N° HIP	M _{v/p}	Sp	α_{2000}			δ_{2000}			Élongation	<i>f</i> / <i>i</i>
	"/h				h	min	s	°	'	"	°	%
165	12,47	26438	8,9	A0	5	37	34	+ 19	46	46	138	45
166	41,13	94752	7,7	K2	19	16	48	- 28	40	1	63	36
167	38,38	101448	9,7	K0	20	33	37	- 18	23	45	81	26
168	21,50	25253	7,8	A2	5	24	1	+ 24	57	37	143	19
169	39,64	101100	7,6	K1	20	29	37	- 22	50	42	75	1
170	49,43	13252	8,4	K5	2	50	33	+ 36	17	48	160	13
171	12,60	34237	9,1	A2	7	5	50	+ 17	25	42	134	79
172	25,79	52846	8,8	F2	10	48	19	+ 22	5	29	91	96
173	27,12	7595	9,6	F7	1	37	50	- 14	56	21	123	70
174	15,90	7558	9,9	F5	1	37	22	+ 19	54	45	136	51
175	41,07	19763	8,1	F0	4	14	14	+ 18	53	38	170	32
176	31,03	18059	6,7	K0	3	51	36	+ 22	1	53	164	22
177	46,82	59625	7,6	G5	12	13	37	- 9	30	47	70	10
178	29,26	27989	0,5	M2	5	55	10	+ 7	24	25	161	1
179	42,91	28785	8,3	F0	6	4	38	+ 21	23	43	175	40
180	16,47	47693	7,4	F8	9	43	27	+ 2	37	39	122	84
181	53,58	113379	8,5	F5	22	57	43	- 6	35	8	67	98
182	15,63	18852	10,2	F0	4	2	30	+ 7	14	46	141	95

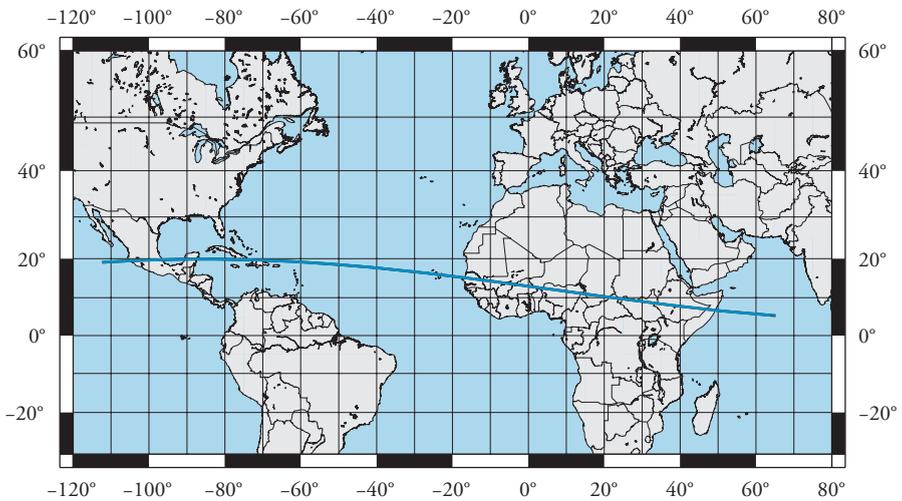
Occ. HIP 56487 / (974) Lioba



30 mars 2023

3 h 57 min 18 s – 4 h 12 min 08 s
 $\Delta m = 6,00$ – Durée maximale = 1,600 s

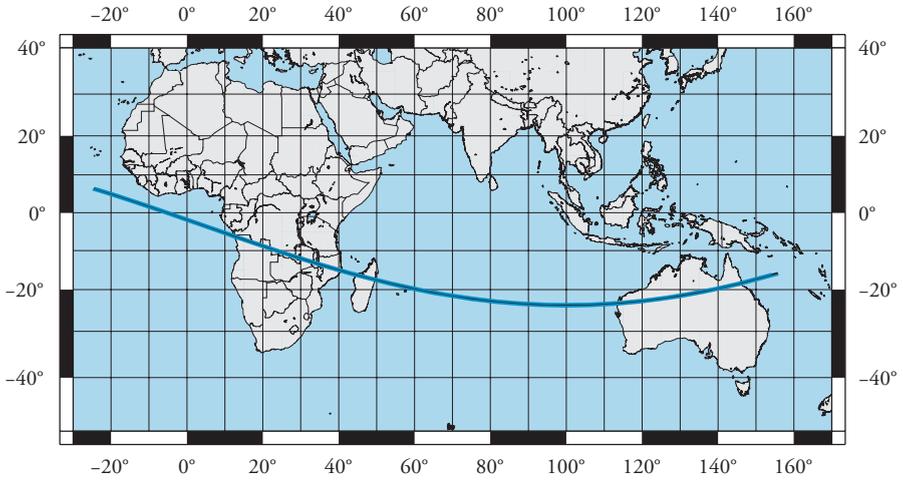
Occ. HIP 65766 / (2476) Andersen



1^{er} mai 2023

0 h 37 min 36 s – 0 h 53 min 51 s
 $\Delta m = 7,70$ – Durée maximale = 1,700 s

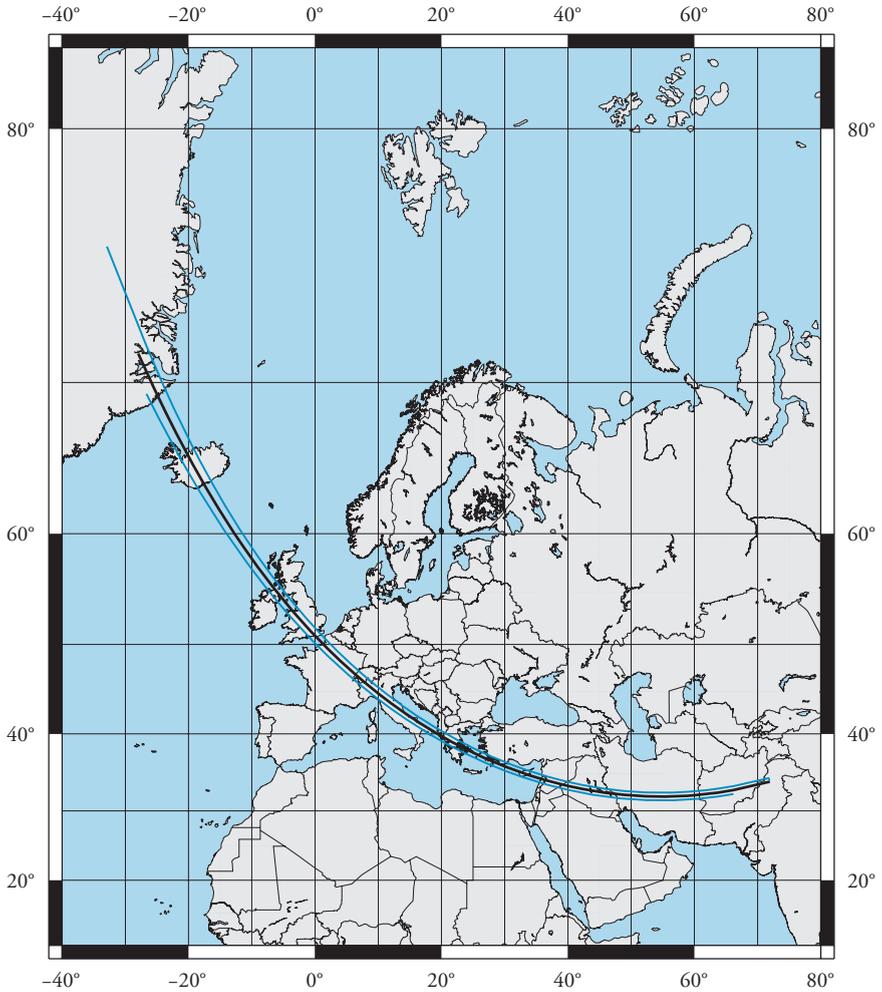
Occ. HIP 79679 / (44) Nysa



4 mai 2023

21 h 22 min 55 s – 21 h 43 min 55 s
 $\Delta m = 2,00$ – Durée maximale = 7,000 s

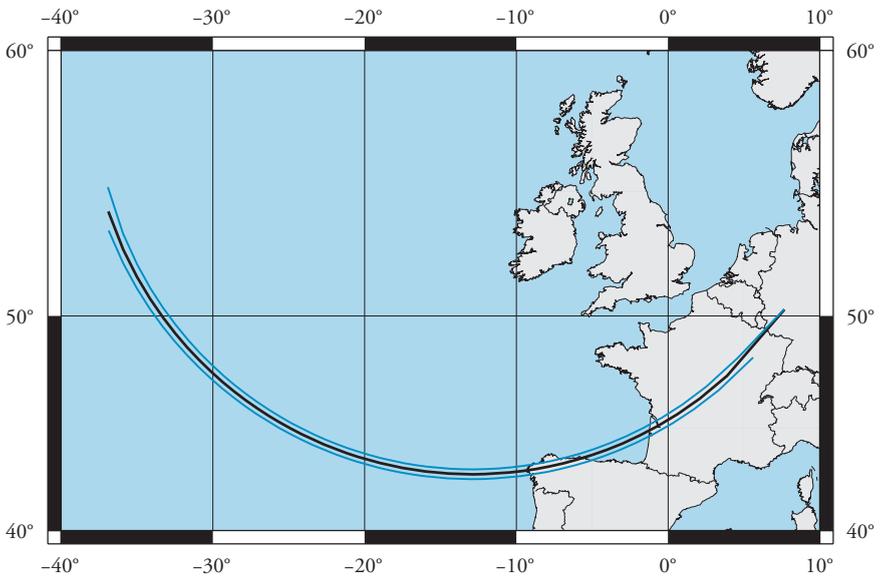
Occ. HIP 76363 / (67) Asia



21 mai 2023

0 h 21 min 24 s – 0 h 32 min 59 s
 $\Delta m = 2,00$ – Durée maximale = 6,299 s

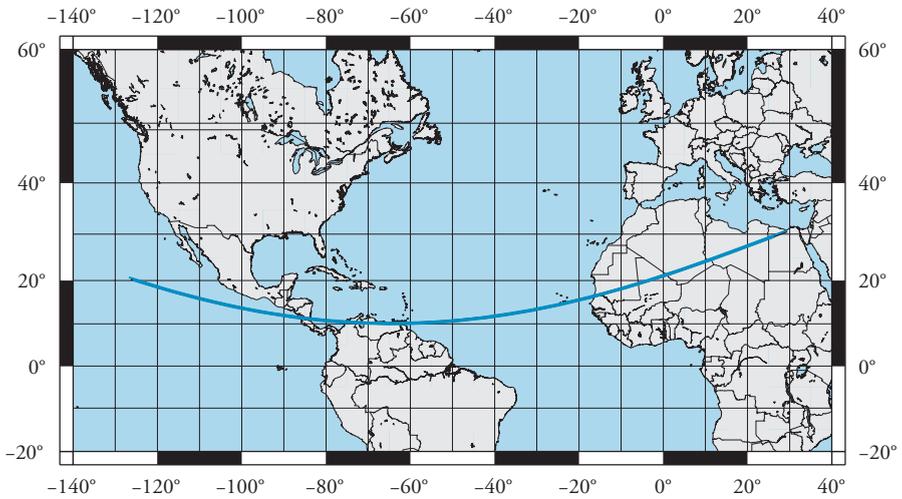
Occ. HIP 79078 / (1405) Sibelius



21 mai 2023

2 h 31 min 44 s – 2 h 35 min 54 s
 $\Delta m = 6,70$ – Durée maximale = 1,000 s

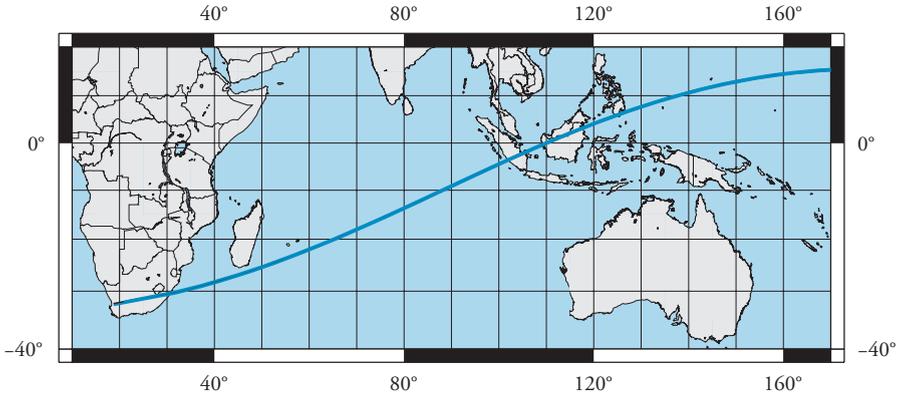
Occ. HIP 80083 / (1952) Hesburgh



1^{er} juin 2023

3 h 04 min 36 s – 3 h 16 min 36 s
 $\Delta m = 4,09$ – Durée maximale = 2,299 s

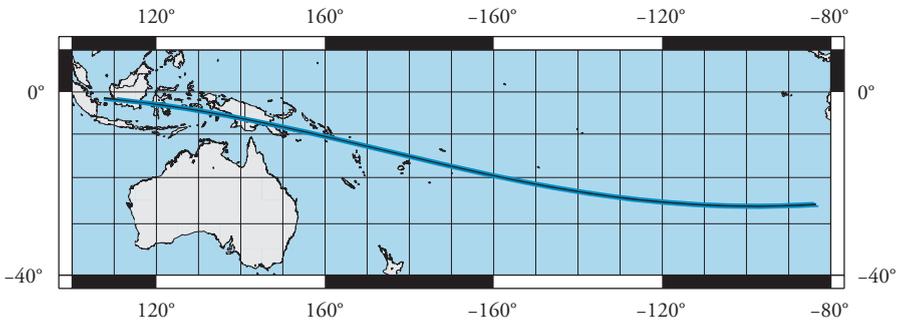
Occ. HIP 5511 / (1332) Marconia



26 juin 2023

0 h 00 min 02 s – 0 h 08 min 07 s
 $\Delta m = 11,1$ – Durée maximale = 1,700 s

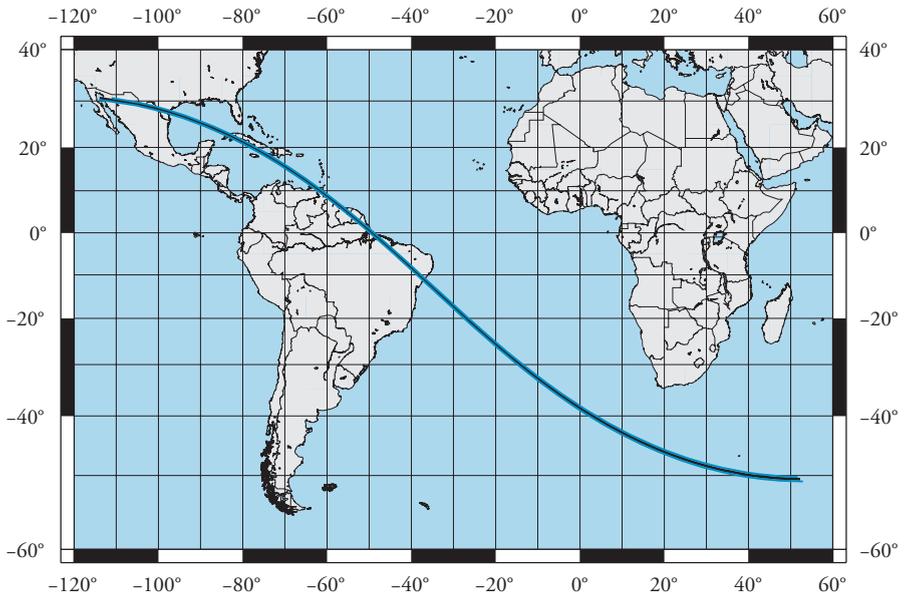
Occ. HIP 56907 / (179) Klytaemnestra



28 juin 2023

4 h 07 min 38 s – 4 h 18 min 18 s
 $\Delta m = 5,70$ – Durée maximale = 4,000 s

Occ. HIP 63139 / (859) Bouzareah



3 juillet 2023

20 h 00 min 22 s – 20 h 16 min 22 s
 $\Delta m = 8,40$ – Durée maximale = 5,700 s

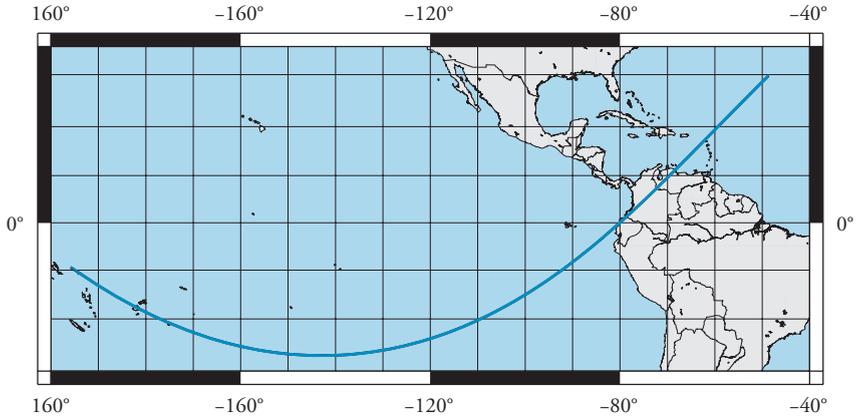
Occ. HIP 92864 / (413) Edburga



8 août 2023

5 h 20 min 40 s – 5 h 44 min 05 s
 $\Delta m = 4,00$ – Durée maximale = 4,099 s

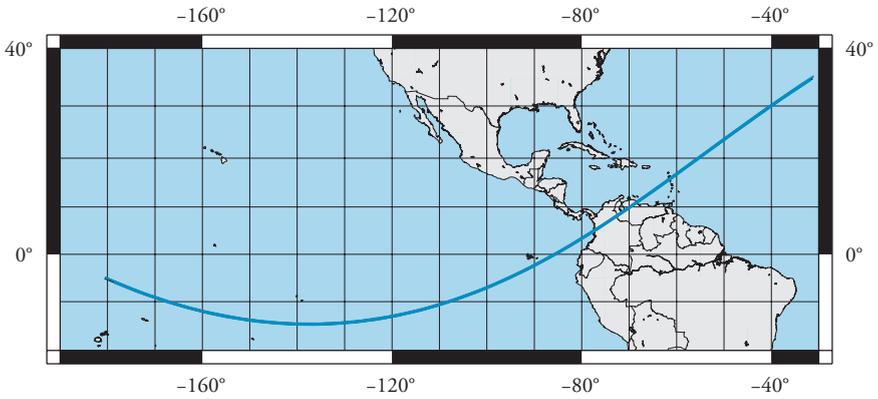
Occ. HIP 84162 / (1552) Bessel



28 août 2023

1 h 28 min 30 s – 1 h 52 min 20 s
 $\Delta m = 9,30$ – Durée maximale = 2,200 s

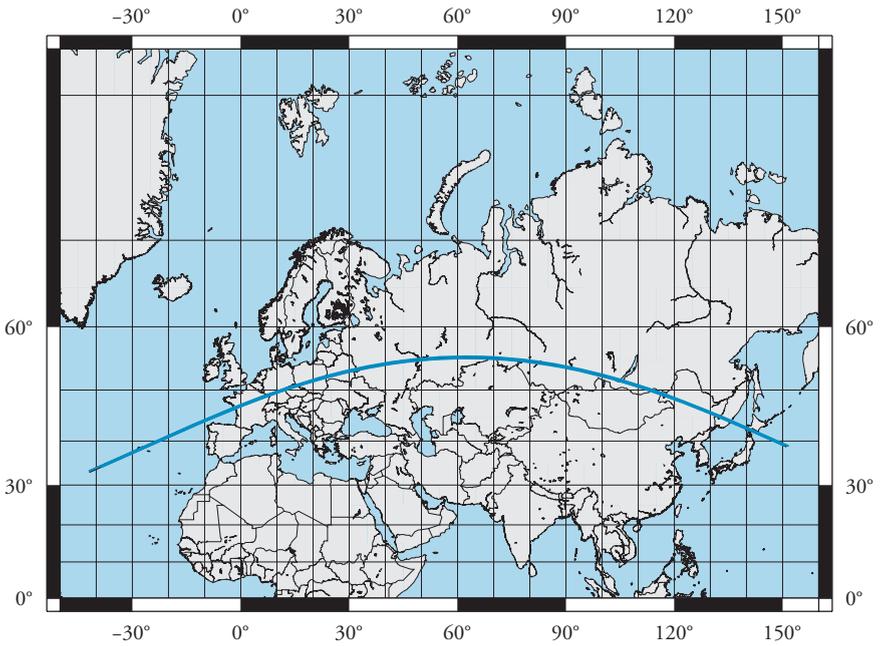
Occ. HIP 88995 / (1006) Lagrangea



13 septembre 2023

0 h 39 min 01 s – 1 h 01 min 06 s
 $\Delta m = 6,50$ – Durée maximale = 3,200 s

Occ. HIP 34656 / (3967) Shekhtelia

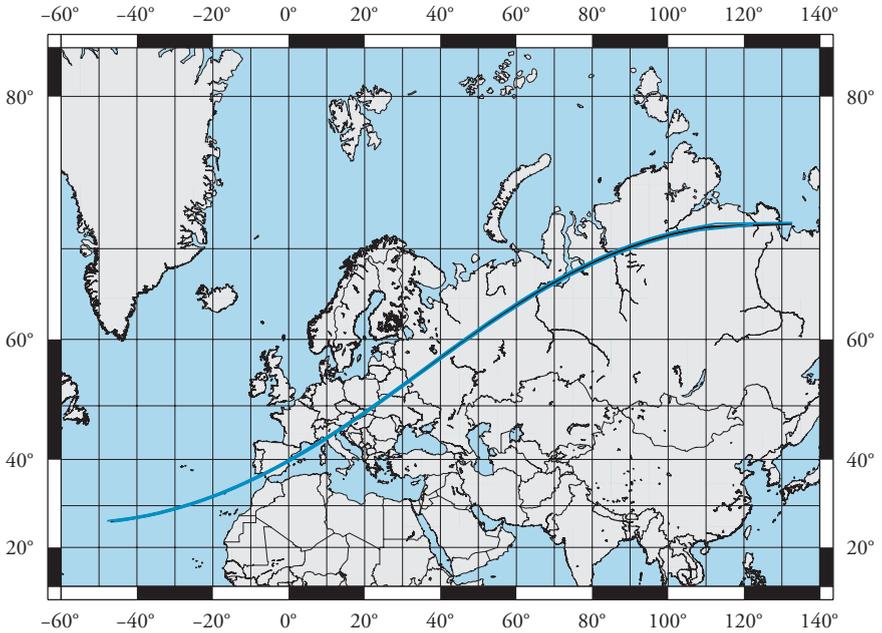


14 septembre 2023

3 h 36 min 51 s – 3 h 42 min 51 s

$\Delta m = 8,69$ – Durée maximale = 1,000 s

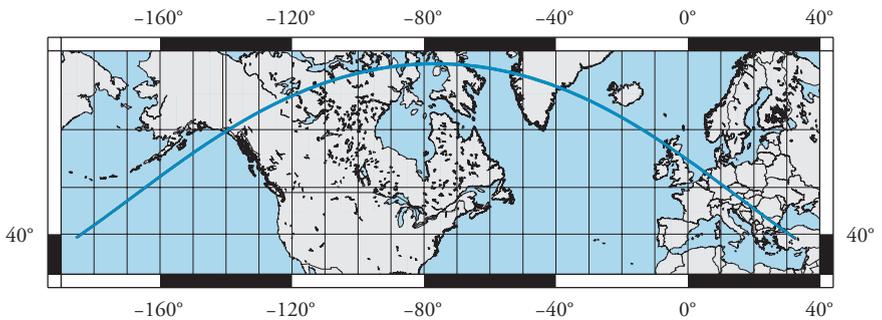
Occ. HIP 769 / (1340) Yvette



8 octobre 2023

20 h 29 min 15 s – 20 h 39 min 05 s
 $\Delta m = 8,40$ – Durée maximale = 1,800 s

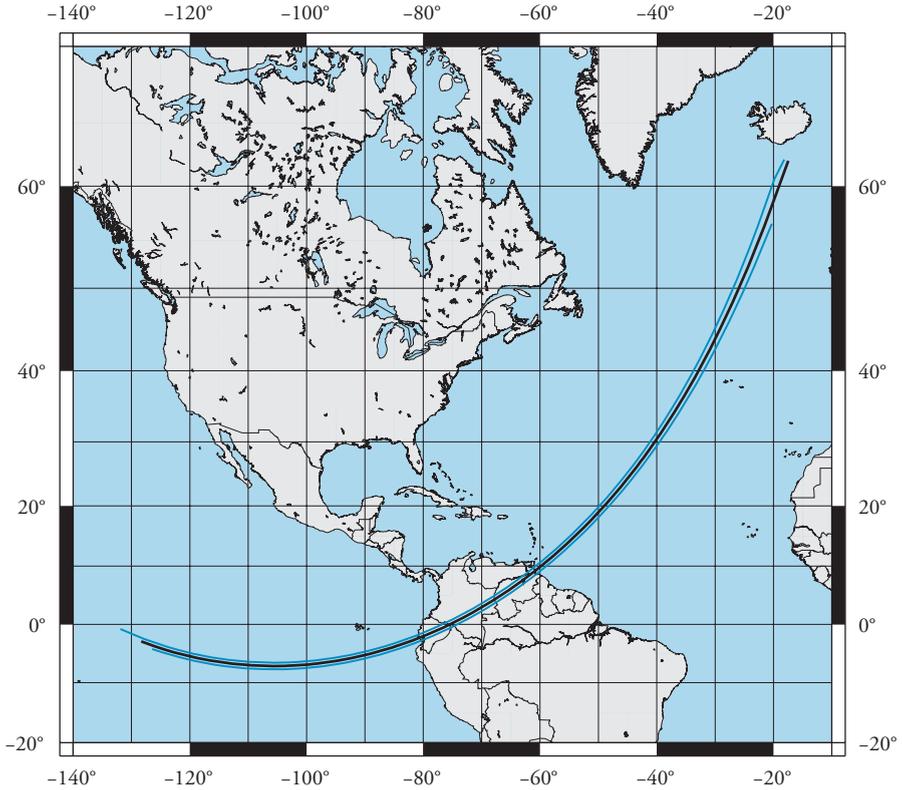
Occ. HIP 4893 / (1318) Nerina



19 octobre 2023

4 h 39 min 00 s – 4 h 48 min 45 s
 $\Delta m = 6,59$ – Durée maximale = 0,800 s

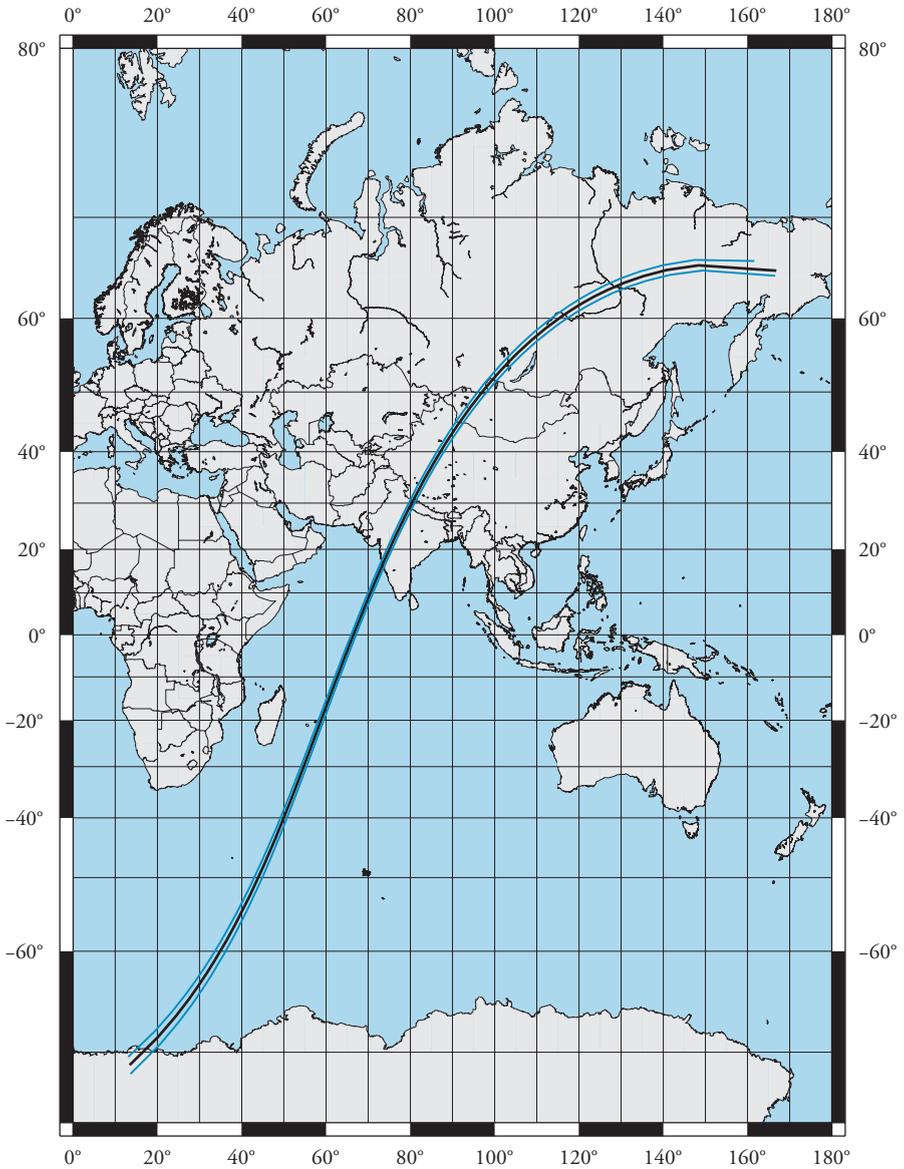
Occ. HIP 11911 / (148) Gallia



25 octobre 2023

2 h 59 min 09 s – 3 h 17 min 14 s
 $\Delta m = 0,50$ – Durée maximale = 10,80 s

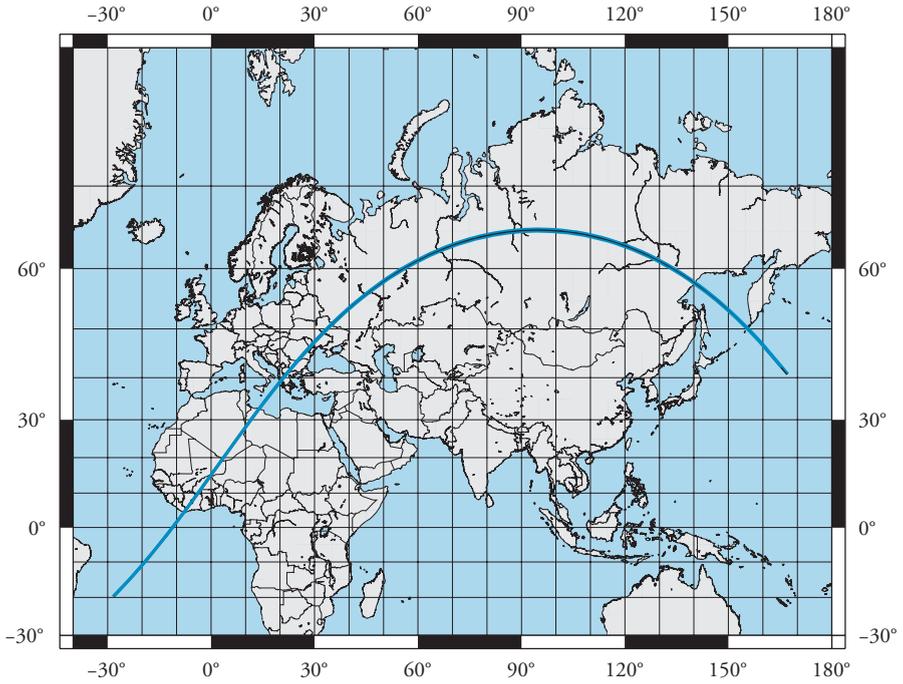
Occ. HIP 25725 / (276) Adelhaid



29 octobre 2023

22 h 38 min 34 s – 22 h 57 min 04 s
 $\Delta m = 5,40$ – Durée maximale = 10,69 s

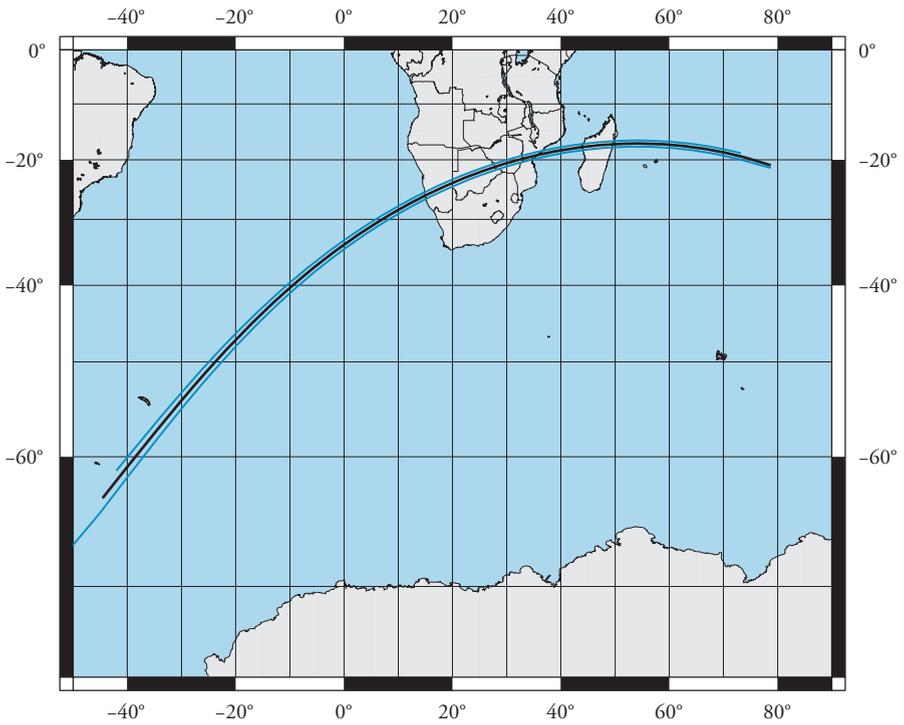
Occ. HIP 13252 / (132) Aethra



16 novembre 2023

20 h 39 min 57 s – 20 h 53 min 57 s
 $\Delta m = 4,00$ – Durée maximale = 2,899 s

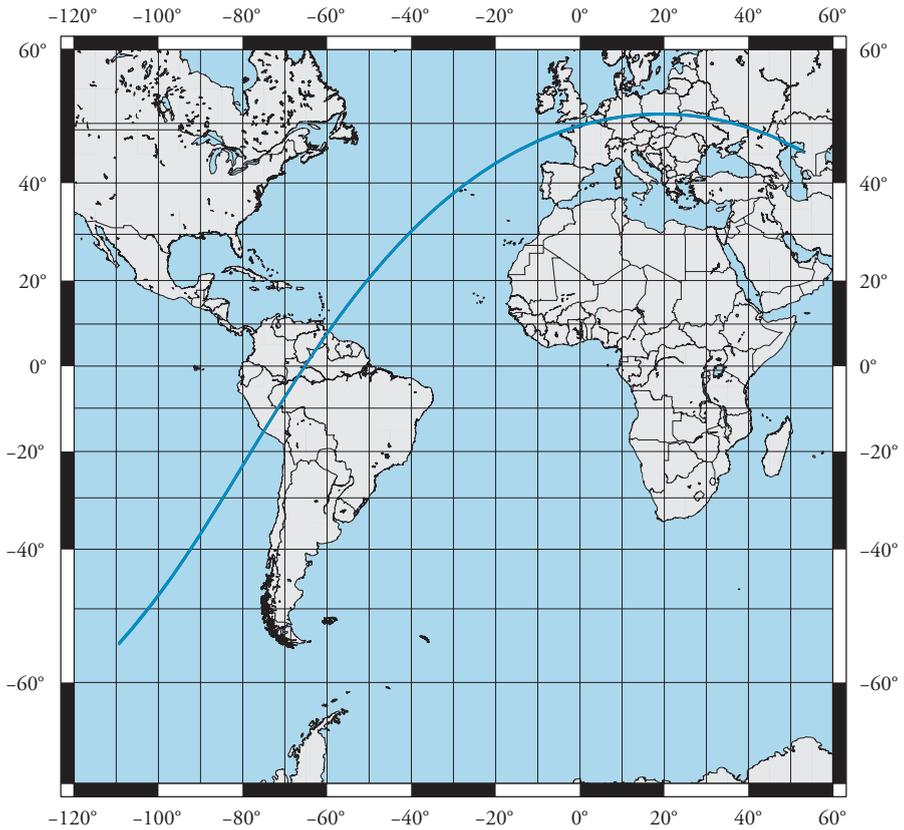
Occ. HIP 34237 / (976) Benjaminina



23 novembre 2023

3 h 18 min 36 s – 3 h 40 min 36 s
 $\Delta m = 5,59$ – Durée maximale = 12,60 s

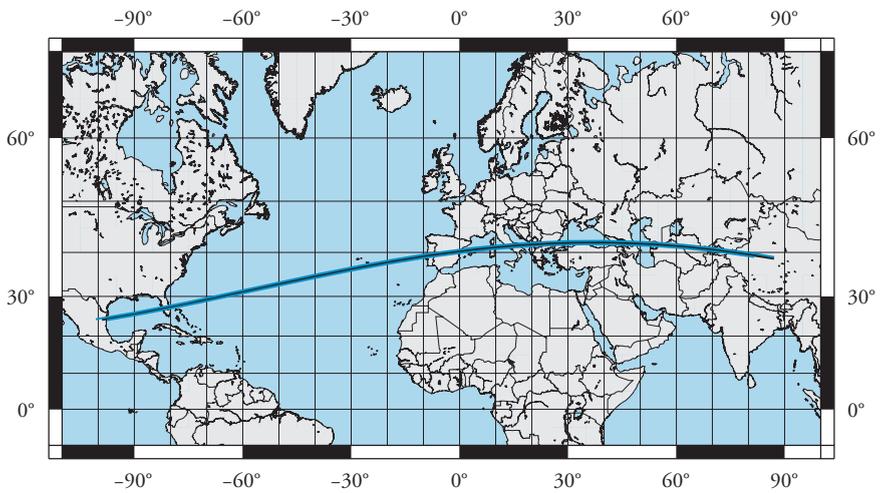
Occ. HIP 7558 / (2522) Triglav



5 décembre 2023

0 h 38 min 20 s – 1 h 07 min 05 s
 $\Delta m = 9,40$ – Durée maximale = 2,799 s

Occ. HIP 27989 / (319) Leona



12 décembre 2023

1 h 11 min 25 s – 1 h 28 min 25 s
 $\Delta m = 13,8$ – Durée maximale = 6,400 s

4. MÉTÉORES ET MÉTÉOROÏDES

4.1. Introduction

Les météores, communément appelés *étoiles filantes*, sont des phénomènes lumineux rapides dans l'atmosphère : une traînée furtive, d'une durée d'une fraction de seconde, suivie d'une traînée persistante pour les plus lumineux, est généralement observée. L'origine de ces phénomènes, longtemps restée ignorée (on pensait autrefois qu'ils étaient causés par le tonnerre) est aujourd'hui connue : ils sont produits par l'entrée de petits cailloux dans l'atmosphère (de la taille d'un cheveu à celle d'une voiture), appelés *météoroïdes*. La vitesse de ces cailloux varie entre 11 km/s et 71 km/s. Les météoroïdes commencent à se désintégrer dans l'atmosphère à une altitude d'environ 100 km. Observés depuis le sol, ils sont trop petits pour être détectés. Ainsi, en présence d'un météore, c'est le sillage lumineux du météoroïde dans l'atmosphère qui est visible et non le météoroïde lui-même, à la manière des bulles qui suivent une balle de fusil tirée dans l'eau.

Les météores sont souvent observés en août par le grand public, pour plusieurs raisons. La plus grande disponibilité de chacun au cours de la période estivale est un facteur favorable, tout comme la température clémente de l'été qui permet de rester dehors de manière très confortable. Enfin, l'essaim météoritique appelé « Perséides » passe à son maximum aux alentours du 12 août, avec, en général, une centaine de météores observables par heure (après correction). Nul besoin d'un télescope ni d'un matériel spécifique pour profiter du spectacle : les météores sont visibles à l'œil nu.

4.2. Qui peut observer les météores ?

Ce chapitre donne les méthodes pour effectuer des observations qui soient utiles scientifiquement. Les observations visuelles, si elles sont conduites de manière rigoureuse, sont accessibles à des enfants dès l'âge de 11 ans environ, sans oublier que la beauté du spectacle est accessible à tout le monde, y compris aux plus jeunes. Les Draconides de 1933 ou 1946, ainsi que les Léonides entre 1998 et 2002, ont marqué les esprits de nombreuses personnes. C'est un spectacle inoubliable qui a offert jusqu'à 3 000 météores par minute (soit un météore toutes les deux secondes en moyenne).

4.3. Origine des météoroïdes

Les météoroïdes, petits cailloux qui gravitent autour du Soleil dans l'espace interplanétaire, sont présents dans tout le Système solaire, y compris dans les anneaux des planètes géantes. Ils constituent d'ailleurs les briques élémentaires des planètes, des astéroïdes et des comètes. Leur évolution dynamique montre qu'ils ont une espérance de vie relativement courte : quelques dizaines de milliers à quelques millions d'années au maximum. En général, les plus petits d'entre eux (quelques microns) ne survivent que quelques milliers d'années, avant de finir par tomber lentement en spirale sur le Soleil.

4.4. Quand observer ?

Deux types de pluie de météores sont à distinguer : les *sporadiques* et les *météoritiques*. Les essaims sporadiques apparaissent à tout moment de l'année et semblent provenir de toutes les directions du ciel. Les essaims météoritiques n'interviennent qu'à certaines périodes spécifiques de l'année (comme les Perséides en août). Les sporadiques proviennent des collisions entre les astéroïdes, ou bien sont des météoroïdes sortis de leur essaim natif. Les essaims météoritiques sont éjectés par les comètes et s'organisent en gigantesques courants ou filaments dans le sillage orbital de ces dernières. En conséquence, une pluie intense de météores se produit lorsque la Terre entre dans un courant de météoroïdes éjectés par une comète dont l'orbite s'approche de celle de la Terre. Dans le cas des Perséides, c'est la comète 109p/Swift-Tuttle qui est responsable des météores visibles en été. Les autres pluies les plus connues sont les Lyrides en avril, les eta-Aquarides en mai, les Bootides en juin (ces deux dernières provenant de la comète 1p/Halley), les Draconides en octobre (comète 7p/Giacomini Zinner), les Léonides en novembre (comète 55p/Temple-Tuttle) et les Géminides en décembre (astéroïde 3200 Phaéthon).

Parmi les météores sporadiques, on peut distinguer plusieurs sources également : *hélien* et *anti-hélien* (c'est-à-dire en provenance directe ou opposée au Soleil), l'*apex* et l'*anti-apex* (direction du vecteur vitesse de la Terre ainsi que la direction opposée).

4.5. Où observer ?

Les noms des pluies météoritiques ont pour origine la constellation d'où elles semblent provenir. L'effet est similaire aux gouttes de pluie sur un pare-brise en voiture : toutes les gouttes d'eau semblent provenir d'un point dans la direction vers laquelle roule la voiture. La Terre se déplace à environ 33 km/s autour du Soleil. Les essaims météoritiques se déplacent eux aussi à quelques dizaines de kilomètres par seconde autour du Soleil. La combinaison des vitesses donne l'impression que les météores proviennent d'un point précis dans le ciel appelé *radiant*. Lorsque ce point est situé dans la constellation de Persée, la pluie porte le nom de Perséides. En conséquence, il est aisé de comprendre que les Géminides semblent provenir de la constellation des Gémeaux (*Gemini* en latin).

4.6. Comment faire une observation utile ?

Effectuer une observation scientifique utile pour la recherche n'est pas compliqué. Quelles que soient la technique adoptée et la qualité des mesures effectuées, le plus important à retenir est qu'une observation scientifique n'est pas utile tant qu'elle n'est pas partagée. Par exemple, si Christophe Colomb n'était jamais revenu en Europe, il aurait fallu attendre plusieurs autres décennies avant de savoir que le continent américain existait. La technique utilisée par Colomb (le bateau) n'était pas nécessairement la plus rapide (il y a maintenant l'avion...). Il ignorait même jusqu'à l'existence de ce continent et avait donc une motivation erronée. Il est aujourd'hui possible de dire, de manière scientifique, que son modèle de la Terre était incorrect. Cependant, sa

découverte a changé à jamais l'image que les hommes se faisaient de notre planète. Il en va de même pour l'observation scientifique en général et des météores en particulier. La qualification de l'observateur et les moyens qu'il emploie importent peu, l'essentiel étant de communiquer les observations et les méthodes. En d'autres termes, il n'y a pas de recherche sans communication. Une adresse web à laquelle envoyer les résultats d'observation est indiquée à la fin de ce chapitre.

4.7. Revue des méthodes d'observations

Il existe essentiellement quatre manières d'observer des météores : *visuellement*, avec un *appareil photographique*, avec un *appareil vidéo* et en *radio*.

La méthode visuelle est la plus facile et la plus intuitive à mettre en œuvre. La plupart des conseils prodigués dans les lignes ci-dessous restent vrais pour les autres techniques optiques.

L'observation visuelle

C'est de loin la technique la plus facile, car il suffit de lever les yeux au ciel ! Bien entendu, se placer loin des lumières de la ville maximise les chances d'observer les météores.

Des arbres et des bâtiments peuvent également gêner le champ de vision ; et comme toujours en astronomie optique, la Lune n'est pas considérée comme une alliée et la présence de nuages peut s'avérer catastrophique. La première des choses à faire est donc de déterminer l'obstruction du champ de vision et la magnitude limite, c'est-à-dire celle de la plus petite étoile visible. Si ces conditions changent au cours de la nuit, à cause de la présence de nuages par exemple, ou si le lieu d'observation est modifié, il conviendra de le noter. De même, il n'est pas interdit de faire des pauses, mais il est important de le consigner. Il est recommandé de noter les observations par tranches de 10 minutes environ (sauf dans le cas de pluies abondantes, où il est nécessaire de noter les observations toutes les minutes). Il est possible d'enregistrer ces observations avec du papier et un crayon, ou mieux encore, en enregistrant une description de vive voix : cette dernière technique permet en effet de garder constamment les yeux au ciel. Il n'est pas nécessaire d'observer pendant la nuit entière, même si évidemment, plus longue est l'observation, plus il est possible de voir des météores et plus la contribution aura de valeur scientifique. Encore une fois, l'essentiel est de bien noter les heures de début et de fin d'observation.

Si une pluie connue est observée (par exemple les Perséides), il est nécessaire de garder constamment à l'esprit la position du radian, c'est-à-dire l'endroit du ciel d'où semblent provenir les météores (*voir* la sous-section « **4.5. Où observer ?** »). En effet, il y a de fortes probabilités pour que plusieurs pluies soient actives simultanément : respecter cette consigne permettra ainsi d'être en mesure de distinguer les différents essaims au cours de l'observation. L'observation visuelle est donc bien la plus aisée à mettre en œuvre. En l'absence de toute sophistication technique, un papier et un crayon suffiront amplement !

Il est toutefois important de communiquer ses observations (*voir* la sous-section « **4.6. Comment faire une observation utile ?** »). Pour ce faire, l'IMO met à disposition un formulaire de rapport d'observation disponible en ligne ou bien sous forme papier (le formulaire en ligne permet l'automatisation du traitement des données). Les données envoyées sont réduites par les membres de cette organisation, qui rassemblent les rapports envoyés du monde entier. Les analyses scientifiques publiées par cette organisation sont directement utilisées par les chercheurs. L'instant du maximum de la pluie, sa durée et son niveau sont autant d'informations qui contraignent énormément les modèles complexes de prévision des pluies de météores. Ce sont ces mêmes modèles qui permettent d'alerter les agences spatiales et le grand public de l'imminence d'une pluie de météores. Lorsque l'essaim météoritique a une origine bien connue, il est observé régulièrement sur plusieurs années. Ces modèles sont capables de prévoir une pluie à la minute près, sachant que chaque pluie dure au minimum environ une heure et que certaines extrêmement rares ne sont visibles qu'une fois dans une vie. Prendre cinq à dix minutes pour envoyer un rapport d'observation contribue donc grandement à un effort mondial de connaissance de l'environnement terrestre, qui permet ainsi aux scientifiques de travailler à l'élaboration de prévisions toujours plus précises. Même si les scientifiques étaient dotés de moyens illimités, ils ne pourraient pas observer une pluie de météores 24 heures sur 24 en raison de la rotation de la Terre. La contribution des amateurs de la planète entière peut donc faire considérablement avancer les connaissances scientifiques de cette discipline.

L'observation photographique

Cette méthode permet bien évidemment de garder une trace des observations. Ainsi, la quantité d'informations scientifiques exploitables s'en trouve multipliée. Il ne faut pas non plus négliger l'aspect artistique d'une telle pratique. De plus, les images permettent une diffusion ludique des sciences qui contribue à susciter l'intérêt du public pour l'astronomie.

L'avènement des appareils photo numériques permet à tous d'effectuer de véritables mesures astronomiques. Il est important d'utiliser un objectif très ouvert afin de capter un maximum de lumière. De plus, il convient d'augmenter la sensibilité iso au maximum des capacités de l'appareil, à condition que le bruit généré par le détecteur soit acceptable. Quelques images de test permettent de déterminer cette valeur. Les valeurs focales objectives varient en fonction du but scientifique (ou esthétique) recherché. Les objectifs à grand champ (de type *allsky* par exemple) permettent de capter un maximum de météores. Cependant, ils laisseront une trace très petite sur le capteur. Inversement, un téléobjectif ne permettra de sonder qu'une très petite partie du ciel, ce qui diminue fortement les chances d'observer un météore. Un bon compromis se situe à une focale d'environ 30 à 50 mm, qui donne un champ de vision de 50 à 80° environ.

Pour effectuer des mesures utilisables, il est nécessaire de prendre les photographies en mode *raw*, car la compression *jpeg* fait perdre de l'information. La première opération

possible est de mesurer la courbe de lumière du météore. Cette dernière peut servir à déterminer la densité du météoroïde responsable. En effet, il a été montré que les météoroïdes éjectés par les comètes étaient en général moins denses que ceux éjectés par les astéroïdes. En conséquence, la mesure de la densité est un bon indicateur de l'origine de la pluie de météores. Ceci dit, le calcul de la densité des météoroïdes fait appel à des modèles complexes.

L'observation photographique révèle tout son potentiel scientifique lorsqu'elle est effectuée à partir de deux stations éloignées d'environ 100 km. Elle permet en effet d'observer le même météore à partir de deux points différents, à condition que les objectifs soient pointés judicieusement. Un outil qui permet de déterminer les orientations optimales de vos appareils photographiques est disponible sur le site web de l'IMCCE (www.imcce.fr). L'observation d'une station permet en effet de déterminer avec précision la localisation du radiant. Le moindre changement de cette position par rapport à la valeur prévue renseigne sur l'histoire dynamique de l'essaim météoritique.

Finalement, si les appareils photographiques sont munis d'un obturateur qui tourne à grande vitesse (plusieurs fois par seconde), le météore sera tronqué à plusieurs endroits sur sa trajectoire. Cette technique permet alors de mesurer la vitesse du météore, qui est directement liée à son orbite et donc à son origine. L'observation en double station avec cette technique est donc la plus intéressante sur le plan scientifique.

L'observation vidéo

Sur le principe, cette méthode est très similaire à l'observation photographique, exception faite des poses qui s'enchaînent à une cadence d'environ 25 images par seconde (selon la caméra utilisée). De plus, il est possible d'installer une station permanente capable d'observer toutes les nuits de manière continue. Tant que la manipulation fonctionne, cette technique ne demande par la suite aucune intervention humaine.

Le matériel utilisé consiste souvent en une caméra de surveillance nocturne (de type Watec, DMK ou JAI, par exemple). De même que pour la technique photographique, les objectifs à grand champ permettent d'effectuer un comptage, bien que les météores les plus courts passent en général inaperçus. Un champ de vision de 50 à 60° est un bon compromis entre probabilité de détection et qualité des résultats scientifiques. Il est nécessaire de disposer d'un logiciel de détection automatique des météores, afin d'éviter de stocker plusieurs gigaoctets d'images par nuit. Il existe deux logiciels commerciaux : MetRec (développé par S. Molau en Allemagne) et UFO capture (développé par Sonotaco, Japon). Le premier nécessite une carte d'acquisition Matrox, alors que le second est moins tributaire du matériel utilisé. Cependant, certaines cartes d'acquisition peuvent parfois perdre quelques images dans l'opération : il devient alors impossible de déterminer avec précision la date d'une image considérée. Toutefois, l'avantage évident de la vidéo est de pouvoir calculer des trajectoires par double station. Le premier logiciel permet également de formater les données enregistrées de manière standard. Ces données

sont directement exploitées à l'IMO, qui publie depuis peu des analyses globales d'observations vidéo. Le second logiciel permet de mettre en commun des observations, mais l'exploitation des résultats n'est pas directe. La contribution des amateurs français dans ce domaine est importante. La création du réseau français d'observateurs de météores (RÉFORME) par l'IMCCE, Karl Antier et Jean-Louis Rault a stimulé le développement d'activités liées aux météores en France. En particulier, la base des observations amateurs de météores (www.boam.fr) est un moyen simple de mettre en commun les données, grâce à des logiciels développés par des Français. Des réflexions sur la manière optimale d'exploiter ces données sont actuellement en cours. En particulier, l'interfaçage avec les données de l'IMO doit être entrepris, afin de participer à un effort global. L'expérience du réseau d'observation de météores japonais montre que l'observation continue du ciel à l'échelle d'un pays permet de déterminer la quasi-totalité des radiants présents lors de l'année, de mesurer les variations d'activité, puis d'isoler et d'identifier des radiants encore inconnus. La grande quantité de données permet d'effectuer des études statistiques sur les météores en général.

L'observation vidéo des météores est de loin l'activité la plus fructueuse sur le plan scientifique, à condition qu'elle soit dotée d'une collaboration avec d'autres observateurs. Elle permet d'observer chaque nuit sur plusieurs années.

L'observation radio

Cette méthode permet l'observation 24 heures sur 24 des météores, quelle que soit la météo ! C'est donc l'outil parfait pour la détermination du flux de météoroïdes qui entrent dans notre atmosphère en fonction du temps. C'est notamment grâce à cette technique qu'a été détecté l'essaim météoritique le plus actif de l'année (Ariétide, de jour). Le matériel utilisé est éventuellement une antenne YAGI munie d'un récepteur radio et d'un ordinateur. Il existe des logiciels de traitement automatique (Colorgram par exemple) qui permettent de visualiser gratuitement les observations et de les partager avec le monde entier (notamment sur le site <http://217.169.242.217/rmob>). Le réglage de la fréquence d'observation est souvent celui d'un émetteur suffisamment distant pour être inatteignable en temps normal. Lorsqu'un météore apparaît, le signal radio se réfléchit sur le plasma généré et le récepteur peut donc le détecter. Un modulateur permet de convertir le signal reçu en son, rendant ainsi possible l'écoute des météores.

4.8. Et les débris spatiaux ?

Certaines des étoiles filantes, dont celles qui ont une couleur particulièrement caractéristique, ne proviennent pas des confins du Système solaire, mais seulement de l'environnement terrestre. L'étoile filante est alors le signe de la rentrée et de la désintégration dans l'atmosphère d'un satellite ou d'un groupe de satellites artificiels de la Terre. La couleur (par exemple vert ou orange) peut être révélatrice de la composition métallique de l'objet. Les techniques et les modalités d'observation sont exactement les mêmes que pour les météoroïdes ; il est d'ailleurs quelquefois difficile d'identifier avec certitude la

catégorie dans laquelle ranger une observation de traînée ! Le calcul d'orbite préliminaire permet ensuite de lever toute ambiguïté. L'observation de la rentrée de débris spatiaux est extrêmement utile : pour certains objets bien identifiés, l'observation de la rentrée permet d'ajuster plus précisément les derniers instants de la trajectoire, et sur le long terme, les observations sont confrontées aux modèles statistiques d'évolution de la population des débris spatiaux, ce qui permet de les améliorer.

Pour tout renseignement complémentaire, contactez-nous par courrier électronique à l'adresse annuaire@imcce.fr en indiquant comme sujet « essais ».

4.9. Éphémérides pour l'année 2023

Il est important de mentionner que les éphémérides présentées ici ont été élaborées, comme chaque année, en collaboration avec J. Rendtel, président de l'IMO (*International Meteor Organization*). Les données sont ainsi publiées sous le crédit suivant :

2023 Meteor Shower Calendar, edited by Jürgen Rendtel, published by the IMO (IMO_INFO 2-20) with contributions by Rainer Arlt, Peter Jenniskens, Esko Lyttinen, Mikhail Maslov, Mikiya Sato and Jeremie Vaubaillon

L'IMO rassemble en effet toutes les observations de météores (www.imo.net), ce qui constitue une excellente base pour les éphémérides des pluies régulières, dont l'essaim est suffisamment dispersé pour que la Terre rencontre tous les ans une configuration similaire (ce qui est le cas de beaucoup d'essaims).

Il est important de noter que les pluies de météores peuvent durer plusieurs heures. En conséquence, les horaires des *maxima* annoncés représentent la position temporelle de ces *maxima*. Il est donc utile d'observer au moins une heure avant et après l'instant supposé du maximum. Noter également que certaines pluies ont une faible activité, donc le maximum peut être difficile à discerner, à moins d'effectuer un comptage rigoureux et une analyse précise des données. L'idéal est bien sûr d'envoyer son rapport d'observation à l'IMO.

Tableau récapitulatif des pluies de météores visibles

Le tableau en page suivante est légendé comme suit :

- **Activité** : période d'activité de la pluie ;
- **Maximum** : jour du maximum d'activité ;
- **Longitude du Soleil** : longitude solaire du jour du maximum ;
- **Radiant α et δ** : coordonnées du radiant de la pluie ;
- **V** : vitesse d'entrée dans l'atmosphère terrestre ;
- **r** : indice de population
- **ZHR** : « Zenithal Hourly Rate » ou taux horaire zénithal.

Pluie (sigle)	Activité	Maximum	Longitude du Soleil	Radiant (°)		V km/s	r	ZHR (/h)
				α	δ			
Quadrantids (010 QUA)	Déc. 28 – Janv. 12	Janv. 04	283,15	230	+ 49	41	2,1	110
γ -Ursae Minorids (404 GUM)	Janv. 10 – Janv. 22	Janv. 18	298	228	+ 67	31	3,0	3
α -Centaurids (102 ACE)	Janv. 31 – Févr. 20	Févr. 08	319,2	210	- 59	58	2,0	6
γ -Normids (118 GNO)	Févr. 25 – Mars 28	Mars 14	354	239	- 50	56	2,4	6
Lyrids (006 LYS)	Avril 14 – Avril 30	Avril 23	32,32	271	+ 34	49	2,1	18
π -Puppids (137 PPU)	Avril 15 – Avril 28	Avril 24	33,5	110	- 45	18	2,0	Var
η -Aquiriids (031 ETA)	Avril 19 – Mai 28	Mai 06	45,5	338	- 01	66	2,4	50
η -Lyrids (145 ELY)	Mai 03 – Mai 14	Mai 10	50,0	291	+ 43	43	3,0	3
Daytime Arietids (171 ARI)	Mai 14 – Juin 24	Juin 07	76,6	44	+ 24	38	2,8	30
June Bootids (170 JBO)	Juin 22 – Juill. 02	Juin 27	95,7	224	+ 48	18	2,2	Var
July Pegasids (175 JPE)	Juill. 15 – Juill. 14	Juill. 10	107,5	340	+ 15	61	3,0	5
Piscis Austrinids (183 PAU)	Juill. 15 – Août 10	Juill. 28	125	341	- 25	35	3,2	5
July γ -Draconids (184 GDR)	Juill. 25 – Juill. 31	Juill. 28	125,3	280	51	27	3,0	5
Southern δ -Aquiriids (005 SDA)	Juill. 12 – Août 23	Juill. 30	127	340	- 16	41	2,5	25
α -Capricornids (001 CAP)	Juill. 03 – Août 15	Juill. 30	127	307	- 10	23	2,5	5
η -Eridanids (191 ERI)	Juill. 31 – Août 19	Août 08	135	41	- 11	64	3,0	3
Perseids (007 PER)	Juill. 17 – Août 24	Août 13	140,0	48	+ 58	59	2,2	100
κ -Cygids (012 KCG)	Août 03 – Août 28	Août 17	144	286	+ 59	23	3,0	3
Aurigids (206 AUR)	Août 28 – Sept. 05	Sept. 01	158,6	91	+ 39	66	2,5	6
September ε -Perseids (208 SPE)	Sept. 05 – Sept. 21	Sept. 09	166,7	48	+ 40	64	3,0	5
Daytime Sextantids (221 DSX)	Sept. 09 – Oct. 09	Sept. 27	184,3	152	+ 00	32	2,5	5
Oct. Camelopardalids (281 OCT)	Oct. 05 – Oct. 06	Oct. 06	192,58	164	+ 79	47	2,5	5
Draconids (009 DRA)	Oct. 06 – Oct. 10	Oct. 09	195,4	262	+ 54	20	2,6	10
δ -Aurigids (224 DAU)	Oct. 10 – Oct. 18	Oct. 11	198	84	+ 44	64	3,0	2
ε -Geminids (023 EGE)	Oct. 14 – Oct. 27	Oct. 18	205	102	+ 27	70	3,0	3
Orionids (008 ORI)	Oct. 02 – Nov. 07	Oct. 22	208	95	+ 16	66	2,5	20
Leonis Minorids (022 LMI)	Oct. 19 – Oct. 27	Oct. 24	211	162	+ 37	62	3,0	2
Southern Taurids (002 STA)	Sept. 20 – Nov. 20	Nov. 05	223	52	+ 15	27	2,3	7
Northern Taurids (017 NTA)	Oct. 20 – Déc. 10	Nov. 12	230	58	+ 22	29	2,3	5
Leonids (013 LEO)	Nov. 06 – Nov. 30	Nov. 18	235,27	152	+ 22	71	2,5	10
α -Monocerotids (246 AMO)	Nov. 15 – Nov. 25	Nov. 22	239,32	117	+ 01	65	2,4	Var
November Orionids (250 NOO)	Nov. 13 – Déc. 06	Nov. 28	246	91	+ 16	44	3,0	3
Phoenicids (254 PHO)	Nov. 28 – Déc. 09	Déc. 02	250,0	18	- 53	18	2,8	Var
Puppids-Velids (301 PUP)	Déc. 01 – Déc. 15	Déc. 07	255	123	- 45	40	2,9	10
Monocerotids (019 MON)	Déc. 05 – Déc. 20	Déc. 09	257	100	+ 08	41	3,0	3
σ -Hydrids (016 HYD)	Déc. 03 – Déc. 20	Déc. 09	257	125	+ 02	58	3,0	7
Geminids (004 GEM)	Déc. 04 – Déc. 20	Déc. 14	262,2	112	+ 33	35	2,6	150
Comae Berenicids (020 COM)	Déc. 05 – Févr. 04	Déc. 16	264	158	+ 30	64	3,0	3
Ursids (015 URS)	Déc. 17 – Déc. 26	Déc. 23	270,7	217	+ 76	33	2,8	10

Tableau récapitulatif des pluies de météores visibles de jour essentiellement par technique radio

Le tableau ci-dessous est légendé comme suit :

- **Activité** : période d'activité de la pluie ;
- **Maximum** : jour du maximum d'activité ; une astérisque (*) signifie que des pics d'activité supplémentaires sont possibles ;
- **Longitude du Soleil** : longitude solaire du jour du maximum ;
- **Radiant α et δ** : coordonnées du radiant de la pluie ;
- **Niveau** : qualité du niveau de la pluie : M = moyen, L = faible, H = forte. Une astérisque (*) signifie que le niveau peut varier épisodiquement d'un facteur important d'année en année.

Pluie (sigle)	Activité	Maximum	Longitude du Soleil	Radiant (°)		Niveau
				α	δ	
Capricornids/Sagittariids (115 DSC)	Janv. 13 – Févr. 04	Févr. 01*	312,5	299	– 15	M*
April Piscids (144 APS)	Avril 20 – Avril 26	Avril 23	32,5	9	+ 11	L
Arietids (171 ARI)	Mai 14 – Juin 24	Juin 07	76,6	42	+ 25	H
ζ -Perseids (172 ZPE)	Mai 20 – Juill. 05	Juin 10*	78,6	62	+ 23	H
β -Taurids (173 BTA)	Juin 05 – Juill. 17	Juin 28	96,7	86	+ 19	M
ζ -Cancrids (202 ZCA)	Août 14 – Sept. 12	Août 25	152,2	155	+ 20	L*
Daytime Sextantids (221 DSX)	Sept. 09 – Oct. 09	Sept. 27*	184,3	152	0	M*

5. Sites web

Prédictions d'occultations stellaires de l'IMCCE

<http://fredvachier.free.fr/binaries/occult.php>

EURASTER

<http://euraster.net>

European Asteroidal Occultation Network
www.astrosurf.com/eaon

Steve's Asteroid Occultation Page

www.asteroidoccultation.com

International Occultation Timing Association
www.lunar-occultations.com/iota/iotaandx.htm

International Occultation Timing Association – European section

www.imo.net

<http://www.iota-es.de>

<http://www.imcce.fr/langues/en/ephemerides/phenomenes/meteor/predictions.html>

Chapitre dixième

LES ÉTOILES

Ce chapitre donne les éléments suivants :

1. La liste des constellations ;
2. Les positions moyennes d'un certain nombre d'étoiles pour le début de l'année tropique, ainsi que quelques autres indications les concernant ;
3. La liste d'une centaine d'étoiles doubles visuelles, qui sont observables sous nos latitudes ;
4. Une liste d'amas d'étoiles, de nébuleuses et de galaxies, de magnitude inférieure à 10 ;
5. L'ascension droite et la déclinaison de la Polaire pour le passage supérieur au méridien international.

1. LISTE DES CONSTELLATIONS

Le tableau suivant donne la liste des 88 constellations, adoptée par l'Union astronomique internationale (UAI), dans l'ordre alphabétique de leur nom latin. Des abréviations conventionnelles de trois lettres ont été adoptées et sont indiquées dans ce tableau. Des indications sur la situation, l'étendue et la richesse en étoiles visibles à l'œil nu de chaque constellation sont également données. Pour mémoire, l'étendue du ciel complet est de 41 252,961 25 degrés carrés.

Liste des constellations

Nom latin (<i>terminaison du génitif</i>) Nom français	Abrév.	Situation				Étendue (en degrés carrés)	Nb d'étoiles plus brillantes que $m = 6,0$
		Asc. droite		Déclinaison			
		h min	h min	°	°		
Andromeda (-æ) <i>Andromède</i>	And	22 56/	2 36	+21,4/	+52,9	722	100
Antlia (-æ) <i>La Machine pneumatique</i>	Ant	9 25/	11 03	-24,3/	-40,1	239	20
Apus (-odis) <i>L'Oiseau de paradis</i>	Aps	13 45/	18 17	-67,5/	-89,9	206	20
Aquarius (-ii) <i>Le Verseau</i>	Aqr	20 36/	23 54	+ 3,1/	-25,2	980	90
Aquila (-æ) <i>L'Aigle</i>	Aql	18 38/	20 36	-11,9/	+18,6	652	70
Ara (-æ) <i>L'Autel</i>	Ara	16 31/	18 06	-45,5/	-67,6	237	30
Aries (-tis) <i>Le Bélier</i>	Ari	1 44/	3 27	+10,2/	+30,9	441	50
Auriga (-æ) <i>Le Cocher</i>	Aur	4 35/	7 27	+27,9/	+56,1	657	90
Bootes (-is) <i>Le Bouvier</i>	Boo	13 33/	15 47	+ 7,6/	+55,2	907	90
Cælum (-i) <i>Le Burin</i>	Cæ	4 18/	5 03	-27,1/	-48,8	125	10
Camelopardalis (-) <i>La Girafe</i>	Cam	3 11/	14 25	+52,8/	+85,1	757	50
Cancer (-cri) <i>Le Cancer</i>	Cnc	7 53/	9 19	+ 6,8/	+33,3	506	60
Canes (-um) Venatici (-orum) <i>Les Chiens de chasse</i>	CVn	12 04/	14 05	+28,0/	+52,7	465	30
Canis (-) Major (is) <i>Le Grand Chien</i>	CMa	6 09/	7 26	-11,0/	-33,2	380	80
Canis (-) Minor (is) <i>Le Petit Chien</i>	CMi	7 04/	8 09	- 0,1/	+13,2	183	20
Capricornus (-is) <i>Le Capricorne</i>	Cap	20 04/	21 57	- 8,7/	-27,8	414	50
Carina (-æ) <i>La Carène</i>	Car	6 02/	11 18	-50,9/	-75,2	494	110
Cassiopeia (-æ) <i>Cassiopee</i>	Cas	22 56/	3 36	+46,4/	+77,5	598	90
Centaurus (-i) <i>Le Centaure</i>	Cen	11 03/	14 59	-29,9/	-64,5	1060	150
Cepheus (-ei) <i>Céphée</i>	Cep	20 01/	8 30	+53,1/	+88,5	588	60
Cetus (-i) <i>La Baleine</i>	Cet	23 55/	3 21	-25,2/	+10,2	1231	100
Chamæleon (-ontis) <i>Le Caméléon</i>	Cha	7 32/	13 48	-75,2/	-82,8	132	20

Liste des constellations (suite)

Nom latin (<i>terminaison du génitif</i>) <i>Nom français</i>	Abrév.	Situation				Étendue (en degrés carrés)	Nb d'étoiles plus brillantes que $m = 6,0$
		Asc. droite		Déclinaison			
		h min	h min	°	°		
Circinus (-i) <i>Le Compas</i>	Cir	13 35	15 26	-54,3	-70,4	93	20
Columba (-æ) <i>La Colombe</i>	Col	5 03	6 28	-27,2	-43,0	270	40
Coma (-æ) Berenices <i>La Chevelure de Bérénice</i>	Com	11 57	13 33	+13,8	+33,7	386	50
Corona (-æ) Australis <i>La Couronne australe</i>	CrA	17 55	19 15	-37,0	-45,6	128	25
Corona (-æ) Borealis <i>La Couronne boréale</i>	CrB	15 14	16 22	+25,8	+39,8	179	20
Corvus (-i) <i>Le Corbeau</i>	Crv	11 54	12 54	-11,3	-24,9	184	15
Crater (-is) <i>La Coupe</i>	Crt	10 48	11 54	- 6,5	-24,9	282	20
Crux (-cis) <i>La Croix du Sud</i>	Cru	11 53	12 55	-55,5	-64,5	68	30
Cygnus (-i) <i>Le Cygne</i>	Cyg	19 07	22 01	+27,7	+61,2	804	150
Delphinus (-i) <i>Le Dauphin</i>	Del	20 13	21 06	+ 2,2	+20,8	189	30
Dorado (-us) <i>La Dorade</i>	Dor	3 52	6 36	-48,8	-70,1	179	20
Draco (-nis) <i>Le Dragon</i>	Dra	9 18	21 00	+47,7	+86,0	1083	80
Equuleus (-ei) <i>Le Petit Cheval</i>	Equ	20 54	21 23	+ 2,2	+12,9	72	10
Eridanus (-i) <i>L'Éridan</i>	Eri	1 22	5 09	+ 0,1	-58,1	1138	100
Fornax (-acis) <i>Le Fourneau</i>	For	1 44	3 48	-24,0	-39,8	398	35
Gemini (-orum) <i>Les Gémeaux</i>	Gem	5 57	8 06	+10,0	+35,4	514	70
Grus (-is) <i>La Grue</i>	Gru	21 25	23 25	-36,6	-56,6	366	30
Hercules (-is) <i>Hercule</i>	Her	15 47	18 56	+ 3,9	+51,3	1225	140
Horologium (-ii) <i>L'Horloge</i>	Hor	2 12	4 18	-39,8	-67,2	249	20
Hydra (-æ) <i>L'Hydre femelle</i>	Hya	8 08	14 58	+ 6,8	-35,3	1303	130
Hydrus (-i) <i>L'Hydre mâle</i>	Hyi	0 02	4 33	-58,1	-82,1	243	20
Indus (-i) <i>L'Indien</i>	Ind	20 25	23 25	-45,4	-74,7	294	20

Liste des constellations (suite)

Nom latin (<i>terminaison du génitif</i>) <i>Nom français</i>	Abrév.	Situation				Étendue (en degrés carrés)	Nb d'étoiles plus brillantes que $m = 6,0$
		Asc. droite		Déclinaison			
		h min	h min	°	°		
Lacerta (-æ) <i>Le Lézard</i>	Lac	21 55	22 56	+34,9	+56,8	201	35
Leo (-nis) <i>Le Lion</i>	Leo	9 18	11 56	- 6,4	+33,3	947	70
Leo (-nis) Minor (-is) <i>Le Petit Lion</i>	LMi	9 19	11 04	+23,1	+41,7	232	20
Lepus (-oris) <i>Le Lièvre</i>	Lep	4 54	6 09	-11,0	-27,1	290	40
Libra (-æ) <i>La Balance</i>	Lib	14 18	15 59	- 0,3	-29,9	538	50
Lupus (-i) <i>Le Loup</i>	Lup	14 13	16 05	-29,8	-55,3	334	70
Lynx (-cis) <i>Le Lynx</i>	Lyn	6 13	9 40	+33,4	+62,0	545	60
Lyra (-æ) <i>La Lyre</i>	Lyr	18 12	19 26	+25,6	+47,7	286	45
Mensa (-æ) <i>La Table</i>	Men	3 20	7 37	-69,9	-85,0	153	15
Microscopium (-ii) <i>Le Microscope</i>	Mic	20 25	21 25	-27,7	-45,4	210	20
Monoceros (-otis) <i>La Licorne</i>	Mon	5 54	8 08	-11,0	+11,9	482	85
Musca (-æ) <i>La Mouche</i>	Mus	11 17	13 46	-64,5	-75,2	138	30
Norma (-æ) <i>La Règle</i>	Nor	15 25	16 31	-42,2	-60,2	165	20
Octans (-tis) <i>L'Octant</i>	Oct	0 00	24 00	-74,7	-90,0	291	35
Ophiuchus (-i) <i>Ophiuchus (Le Serpenteaire)</i>	Oph	15 58	18 42	+14,3	-30,1	948	100
Orion (-is) <i>Orion</i>	Ori	4 41	6 23	-11,0	+23,0	594	120
Pavo (-nis) <i>Le Paon</i>	Pav	17 37	21 30	-56,8	-75,0	378	45
Pegasus (-i) <i>Pégase</i>	Peg	21 06	0 13	+ 2,2	+36,3	1121	100
Perseus (-ei) <i>Persée</i>	Per	1 26	4 46	+30,9	+58,9	615	90
Phoenix (-cis) <i>Le Phénix</i>	Phe	23 24	2 04	-39,8	-58,2	469	40
Pictor (-is) <i>Le Peintre</i>	Pic	4 32	6 51	-43,1	-64,1	247	30
Pisces (-ium) <i>Les Poissons</i>	Psc	22 49	2 04	- 6,6	+33,4	889	75
Piscis Austrinus (-i) <i>Le Poisson austral</i>	PsA	21 25	23 04	-25,2	-36,7	245	25

Liste des constellations (suite et fin)

Nom latin (<i>terminaison du génitif</i>) <i>Nom français</i>	Abrév.	Situation				Étendue (en degrés carrés)	Nb d'étoiles plus brillantes que $m = 6,0$
		Asc. droite		Déclinaison			
		h min	h min	°	°		
Puppis (-is) <i>La Poupe</i>	Pup	6 02 /	8 26	-11,0 /	-50,8	673	140
Pyxis (-idis) <i>La Boussole</i>	Pyx	8 26 /	9 26	-17,3 /	-37,0	221	25
Reticulum (-i) <i>Le Réticule rhomboïde</i>	Ret	3 14 /	4 35	-53,0 /	-67,3	114	15
Sagitta (-æ) <i>La Flèche</i>	Sge	18 56 /	20 18	+16,0 /	+21,4	80	20
Sagittarius (-ii) <i>Le Sagittaire</i>	Sgr	17 41 /	20 25	-11,8 /	-45,4	867	115
Scorpius (-ii) <i>Le Scorpion</i>	Sco	15 44 /	17 55	- 8,1 /	-45,6	497	100
Sculptor (-is) <i>Le Sculpteur</i>	Scl	23 04 /	1 44	-25,2 /	-39,8	475	30
Scutum (-i) <i>L'Écu (de Sobieski)</i>	Sct	18 18 /	18 56	- 4,0 /	-16,0	109	20
Serpens (-tis) <i>Le Serpent</i>	Ser	15 08 /	18 56	+25,7 /	-16,0	637	60
Sextans (-tis) <i>Le Sextant</i>	Sex	9 39 /	10 49	+ 6,6 /	-11,3	314	25
Taurus (-is) <i>Le Taureau</i>	Tau	3 20 /	5 58	+ 0,1 /	+30,9	797	125
Telescopium (-ii) <i>Le Télescope</i>	Tel	18 06 /	20 26	-45,4 /	+56,9	252	30
Triangulum (-i) <i>Le Triangle</i>	Tri	1 29 /	2 48	+25,4 /	+37,0	132	15
Triangulum (-i) Australe (-is) <i>Le Triangle austral</i>	TrA	14 50 /	17 09	-60,3 /	-70,3	110	20
Tucana (-æ) <i>Le Toucan</i>	Tuc	22 05 /	1 22	-56,7 /	-75,7	295	25
Ursa (-æ) Major (-is) <i>La Grande Ourse</i>	UMa	8 05 /	14 27	+28,8 /	+73,3	1280	125
Ursa (-æ) Minor (-is) <i>La Petite Ourse</i>	UMi	0 00 /	24 00	+65,6 /	+90,0	256	20
Vela (-orum) <i>Les Voiles</i>	Vel	8 02 /	11 24	-37,0 /	-57,0	500	110
Virgo (-inis) <i>La Vierge</i>	Vir	11 35 /	15 08	+14,6 /	-22,2	1294	95
Volans (-tis) <i>Le Poisson volant</i>	Vol	6 35 /	9 02	-64,2 /	-75,0	141	20
Vulpecula (-æ) <i>Le Petit Renard</i>	Vul	18 56 /	21 28	+19,5 /	+29,4	268	45

Remarque – La longue constellation du serpent a été coupée en deux parties : la Tête du Serpent (*Serpens Caput*) et la Queue du Serpent (*Serpens Cauda*). Mais c'est à tort qu'on en fait parfois deux constellations distinctes : l'appellation abrégée est la même (Ser) et la numérotation des étoiles est unique pour les deux parties.

2. POSITIONS D'ÉTOILES

La table suivante donne les positions moyennes pour le 1^{er} juillet de l'année, les types spectraux, les magnitudes et les parallaxes annuelles d'un certain nombre d'étoiles brillantes. Ces deux dernières caractéristiques sont fournies par le catalogue Hipparcos (ESA SP-1200, 1997).

La colonne « type spectral » contient des notations données dans les définitions générales du chapitre 2. Elle contient aussi d'autres notations relatives aux types d'étoiles particulières et aux particularités dans les spectres dont la signification est précisée dans la liste suivante :

Types particuliers

R, N, S types des étoiles carbonées dans la classification de Harvard ;
 WC, WN types des étoiles Wolf-Rayet suivant l'intensité des raies C, N ;
 Am type des étoiles A dont le spectre présente de nombreuses raies métalliques ;
 Ap type des étoiles A particulières.

Particularités spécifiées en préfixe

c supergéantes, très brillantes ;
 d naines, de faible luminosité ;
 D étoiles à matière dégénérée ;
 g géantes, brillantes.

Particularités spécifiées en suffixe

e raies d'émission dans les classes où elle n'est pas habituelle ;
 i le phénomène est puissamment marqué ;
 k raies stationnaires ;
 n nébuleux, raies larges et diffuses ; nn, caractère n très accentué ;
 ns mélange des caractères n et s dans le spectre ;
 p particularités autres que celles de la liste ;
 s raies fines ; ss, caractère s très accentué ;
 v spectre variable.

Pour les étoiles doubles, les lettres *pr*, à la suite du nom de l'étoile, indiquent l'astre qui passe le premier dans le champ visuel, les lettres *sq* celui qui passe le second ; la lettre *m* désigne la position moyenne du milieu du segment joignant les deux composantes nord et sud ; les lettres *cg* désignent celle du centre de gravité du système. La lettre *v* dans la colonne magnitude indique que celle-ci est variable. L'unité utilisée pour la parallaxe annuelle est le millième de seconde de degré (mas).

Positions d'étoiles

Nom	Type spectral	Magni- tude	Paral- laxe	Position moyenne 2023		
				Asc. droite	Déclinaison	
			mas	h min s	° ' "	
α And (Sirrah ou Alphéraz)	B9p Hg Mn	2,1	34	0 08 23,5	+29 05 22	
β Cas (Caph)	F2 III	2,3	60	0 09 12,3	+59 08 55	
γ Peg (Algénib)	B2 IV	2,8	10	0 13 14,2	+15 11 1	
β Hyi	G1 IV	2,8	134	0 26 0,9	-77 15 8	
α Phe (Ankaa)	K0 IIIb	2,4	42	0 26 17,5	-42 18 30	
α Cas (Schédir) ⁽¹⁾	K0- IIIa	2,2	14	0 40 30,6	+56 32 14	
β Cet (Diphda ou Deneb Kaitos)	G9 III CH-1 CN 0.5 Ca 1	2,0	34	0 43 35,8	-17 59 11	
γ Cas (Tsih) ⁽²⁾	B0 IVnpe	2,1	5	0 56 42,6	+60 43 0	
β And (Mirach)	M0+ IIIa	2,1	16	1 09 44,3	+35 37 11	
δ Cas (Ruchbach)	A5 IV	2,7	33	1 25 49,9	+60 14 6	
γ Phe	M0- IIIa	3,4	14	1 28 21,9	-43 19 11	
4 G. Oct	K0	5,7	9	1 37 28,6	-84 46 10	
α Eri (Achernar)	B3 Vnp	0,5	23	1 37 43,1	-57 14 13	
ζ Cet	K0 III	3,7	13	1 51 27,7	-10 20 7	
β Ari (Shératan)	A4 V	2,6	55	1 54 38,6	+20 48 26	
α Hyi	F0n III-IV	2,9	46	1 58 47,1	-61 34 11	
ν Cet	M0 IIIb	4,0	11	2 00 00,5	-21 4 41	
γ And <i>pr</i> (Almaak)	K3- IIb	2,1	9	2 03 54,0	+42 19 46	
α Ari (Hamal)	K2- IIIab Ca-1	2,0	49	2 07 10,7	+23 27 41	
β Tri	A5 IV	3,0	26	2 09 32,9	+34 59 13	
α UMi (Polaire) ⁽³⁾	F5-8 Ib	2,0	8	2 31 54,5	+89 15 51	
θ Eri <i>pr</i> (Acomar)	A5 IV	2,9	20	2 58 15,6	-40 18 16	
α Cet (Menkar)	M1.5 IIIa	2,5	15	3 02 16,8	+ 4 5 21	
τ^3 Eri	A4 V	4,1	38	3 02 23,3	-23 37 29	
γ Per ⁽⁴⁾	G5 III+A2 V	2,9	13	3 04 47,8	+53 30 23	
β Per (Algol) ⁽⁵⁾	B8 V	2,1	35	3 08 10,1	+40 57 20	
α Per (Mirfak)	F5 Ib	1,8	6	3 24 19,4	+49 51 40	
δ Per	B5 III	3,0	6	3 42 55,6	+47 47 14	
γ Hyi	M2 III	3,3	15	3 47 14,6	-74 14 18	
η Tau (Alcyone)	B7 III _n	2,9	9	3 47 29,1	+24 6 17	
ζ Per	B1 Ib	2,8	3	3 54 07,9	+31 53 1	
ε Per	B0.5 IV	2,9	6	3 57 51,3	+40 0 36	
γ Eri	M0.5 IIIb Ca-1	3,0	15	3 58 01,9	-13 30 33	

(1) Variable entre 2,1 et 3,6.

(2) Variable entre 1,6 et 3,0.

(3) Variable entre 2,1 et 2,2.

(4) Spectre composite : F5 + A3.

(5) Variable entre 2,2 et 3,5.

Positions d'étoiles (suite)

Nom	Type spectral	Magni- tude	Paral- laxe	Position moyenne 2023	
				Asc. droite	Déclinaison
			mas	h min s	° ' "
α Hor	K2 III	3,9	28	4 14 00,2	-42 17 44
α Dor	A0p Si	3,3	19	4 34 00,0	-55 2 42
α Tau (Aldébaran)	K5+ III	0,9	50	4 35 55,3	+16 30 29
ι Aur	K3 II	2,7	6	4 57 00,0	+33 9 57
ζ Men	G8 III	5,8	9	4 58 50,9	-82 28 14
ε Aur ⁽¹⁾	A9 Ia	3,0	2	5 01 58,1	+43 49 24
η Aur	B3 V	3,2	15	5 06 31,0	+41 14 2
β Eri	A3 IVn	2,8	37	5 07 50,9	- 5 5 13
β Ori (Rigel)	B8 Ia	0,2	4	5 14 32,3	- 8 12 6
α Aur (la Chèvre)	G6 III+G2 III	0,1	77	5 16 41,5	+45 59 43
γ Ori (Bellatrix)	B2 III	1,6	13	5 25 07,9	+ 6 20 59
β Tau (El Nath)	B7 III	1,6	25	5 26 17,6	+28 36 23
β Lep	G5 II	2,8	20	5 28 14,7	-20 45 36
δ Ori	O9.5 II	2,2	4	5 32 00,4	- 0 17 57
α Lep	F0 Ib	2,6	3	5 32 43,8	-17 49 20
ι Ori	O9 III	2,8	2	5 35 26,0	- 5 54 36
ε Ori (Alnitam)	B0 Ia	1,7	2	5 36 12,8	- 1 12 7
ζ Tau	B2 IIIpe	3,0	8	5 37 38,7	+21 8 33
α Col (Phact)	B7 IV	2,6	12	5 39 38,9	-34 4 27
γ Lep	F7 V	3,6	111	5 44 27,3	-22 27 3
κ Ori (Saïph)	B0.5 Ia	2,1	5	5 47 45,4	- 9 40 11
α Ori (Bételgeuse) ⁽²⁾	M1–M2 Ia–Iab	0,5	8	5 55 10,3	+ 7 24 26
β Aur (Menkalinan)	A1 IV	1,9	40	5 59 31,6	+44 56 51
2 Lyn	A1 Va	4,4	22	6 19 37,4	+59 0 40
ζ CMa	B2.5 V	3,0	10	6 20 18,8	-30 3 48
β CMa (Mirzam)	B1 II–III	2,0	7	6 22 42,0	-17 57 21
α Car (Canopus)	A9 II	-0,6	10	6 23 57,2	-52 41 44
γ Gem (Alhena)	A1 IVs	1,9	31	6 37 42,7	+16 23 56
α CMa $\alpha\gamma$ (Sirius) ⁽³⁾	A0m A1 Va	-1,4	379	6 45 08,0	-16 43 27
α Pic	A6 Vn	3,2	33	6 48 11,2	-61 56 23
τ Pup	K1 III	2,9	18	6 49 56,3	-50 36 54
ε CMa (Adhara)	B2 II	1,5	8	6 58 37,6	-28 58 19
σ^2 CMa	B3 Ia	3,0	1	7 03 01,5	-23 50 0
δ CMa (Wezen)	F8 Ia	1,8	2	7 08 23,5	-26 23 35
π Pup	K3 Ib	2,7	3	7 17 08,5	-37 5 51
η CMa	B5 Ia	2,5	1	7 24 05,7	-29 18 11
β CMi	B8 V	2,9	19	7 27 09,0	+ 8 17 21

(1) Variable (photogr.) entre 3,3 et 4,6.

(3) Double, mag = 8,4.

(2) Variable entre 0,1 et 1,2.

Positions d'étoiles (suite)

Nom	Type spectral	Magni- tude	Paral- laxe	Position moyenne 2023		
				Asc. droite	Déclinaison	
			mas	h min s	° ' "	
σ Pup	K5 III	3,2	18	7 29 13,7	-43 18 1	
α Gem <i>cg</i> (Castor) ⁽¹⁾	A1m A2 Va	1,6	63	7 34 35,5	+31 53 14	
α CMi <i>cg</i> (Procyon) ⁽²⁾	F5 IV-V	0,4	286	7 39 17,0	+ 5 13 6	
51 H. Cep	M2- IIIab	5,0	7	7 40 28,9	+87 1 12	
β Gem (Pollux)	K0 IIIb	1,2	97	7 45 17,8	+28 1 33	
ζ Pup	G6 Iab-Ib	3,3	2	7 49 17,6	-24 51 35	
ζ Pup	O5 Iafn	2,2	2	8 03 35,0	-40 0 11	
ρ Pup	F5 (Ib-II)p	2,8	52	8 07 32,5	-24 18 14	
γ Vel	WC8+O9 I	1,8	4	8 09 31,9	-47 20 11	
ε Car (Aviar)	K3 III+B2 V	1,9	5	8 22 30,8	-59 30 34	
o UMa	G5 III	3,4	18	8 30 15,4	+60 43 3	
γ Pyx	K2.5 III	4,0	16	8 50 31,7	-27 42 33	
ζ Hya	G9 IIIa	3,1	22	8 55 23,5	+ 5 56 44	
i UMa	A7 IVn	3,1	68	8 59 11,4	+48 2 25	
λ Vel (Suhail)	K4.5 Ib	2,2	6	9 08 00,0	-43 25 57	
β Car (Miaplacidus)	A1 III	1,7	29	9 13 11,3	-69 42 59	
i Car	A7 Ib	2,2	5	9 17 05,3	-59 16 31	
α Lyn	K7 IIIab	3,1	15	9 21 02,9	+34 23 34	
θ Pyx	M0.5 III	4,7	6	9 21 29,6	-25 57 56	
κ Vel (Markeb)	B2 IV-V	2,5	6	9 22 06,8	-55 0 38	
α Hya (Alphard)	K3 II-III	2,0	18	9 27 35,2	- 8 39 30	
N Vel	K5 III	3,2	14	9 31 13,2	- 57 2 4	
1 H. Dra	K3 IIIa	4,3	3	9 37 05,1	+81 19 35	
ε Leo	G1 II	3,0	13	9 45 51,0	+23 46 27	
α Leo (Régulus)	B7 Vn	1,4	42	10 08 21,9	+11 58 2	
μ UMa	M0 III	3,1	13	10 22 19,6	+41 29 59	
α Ant	K4.5 III	4,3	9	10 27 09,0	-31 4 4	
θ Car	B0.5 Vp	2,7	7	10 42 57,3	-64 23 40	
ν Hya	K1.5 IIIb	3,1	24	10 49 37,6	-16 11 32	
β UMa (Mérak)	A0m A1 IV-V	2,3	41	11 01 50,7	+56 22 58	
α UMa (Dubhé)	K0- IIIa	1,8	26	11 03 43,2	+61 45 3	
ψ UMa	K1 III	3,0	22	11 09 39,7	+44 29 54	
δ Leo (Zosma)	A4 IV	2,6	57	11 14 06,7	+20 31 22	
ζ Hya	G7 III	3,5	25	11 33 00,0	-31 51 28	
β Leo (Denebola)	A3 Va	2,1	90	11 49 02,8	+14 34 17	
γ UMa (Phecda)	A0 Van	2,4	39	11 53 50,1	+53 41 41	
δ Cen	B2 IVne	2,6	8	12 08 21,4	-50 43 21	

(1) Double, mag = 2,0 – 2,9 ; spectre A0 – A0.

(2) Double, mag = 13,5.

Positions d'étoiles (suite)

Nom	Type spectral	Magni- tude	Paral- laxe mas	Position moyenne 2023	
				Asc. droite h min s	Déclinaison ° ' "
δ Cru	B2 IV	2,8	9	12 15 08,6	-58 44 56
γ Crv (Gienah)	B8p Hg Mn	2,6	20	12 15 48,1	-17 32 30
α Cru <i>m</i> (Acrux) ⁽¹⁾	B0.5 IV	0,8	10	12 26 35,8	-63 5 57
γ Cru (Gacrux)	M3.5 III	1,6	37	12 31 10,0	-57 6 54
β Crv	G5 IIb	2,6	23	12 34 23,2	-23 23 50
α Mus	B2 IV-V	2,7	11	12 37 10,8	-69 8 8
β Cru (Mimosa)	B0.5 III	1,2	9	12 47 43,1	-59 41 20
ε UMa (Alioth)	A0p Cr	1,8	40	12 54 02,1	+55 57 35
ι Oct	K0 III	5,5	9	12 55 00,0	-85 7 24
α^2 CVn <i>sq</i> (Cor Caroli)	A0p Si Eu	2,9	30	12 56 01,2	+38 19 7
ε Vir (Vindemiatrix)	G8 IIIab	2,9	32	13 02 10,2	+10 57 33
γ Hya	G8 IIIa	3,0	25	13 18 55,4	-23 10 18
ι Cen	A2 Va	2,8	56	13 20 35,1	-36 42 46
ζ^1 UMa <i>pr</i> (Mizar)	A1 Va ⁺ (Si)	2,2	42	13 23 55,9	+54 55 31
α Vir (l'Épi)	B1 V	1,0	12	13 25 11,5	-11 9 41
ζ Vir	A2 IV ⁻	3,4	45	13 34 41,2	- 0 35 44
ε Cen	B1 III	2,3	9	13 39 53,2	-53 27 59
η UMa (Alkaïd)	B3 V	1,9	32	13 47 32,1	+49 18 47
η Boo (Murphrid)	G0 IV	2,7	88	13 54 41,0	+18 23 43
ζ Cen	B2.5 IV	2,5	8	13 55 32,3	-47 17 19
β Cen (Agena)	B1 III	0,6	6	14 03 49,3	-60 22 24
π Hya	K2- III Fe-0.5	3,2	32	14 06 22,4	-26 41 0
θ Cen (Menkent)	K0- IIIb	2,1	54	14 06 39,9	-36 22 24
α Boo (Arcturus)	K1.5- III Fe-0.5	-0,1	89	14 15 37,9	+19 10 10
γ Boo	A7 IV ⁺	3,0	38	14 32 04,4	+38 18 33
η Cen ⁽²⁾	B1.5 IVpne	2,3	11	14 35 30,3	-42 9 29
α Cen <i>cg</i> (Rigil kentarus) ⁽³⁾	G2 V	0,0	742	14 39 24,6	-60 49 51
α Lup (Men)	B1.5 III	2,3	6	14 41 55,7	-47 23 18
α Cir	A7p Sr Eu	3,2	61	14 42 29,7	-64 58 36
β UMi (Kochab)	K4- III	2,1	26	14 50 42,1	+74 9 20
α^2 Lib (Kiffa australe)	A3 III-IV	2,8	42	14 50 52,5	-16 2 32
β Lup	B2 IV	2,7	6	14 58 31,9	-43 8 3
σ Lib	M2.5 III	3,2	11	15 04 04,1	-25 16 56
β Lib (Kiffa boréale)	B8 III _n	2,6	20	15 17 00,3	- 9 22 59
γ TrA	A1 III	2,9	18	15 18 54,3	-68 40 47

(1) Double, mag = 1,6 – 2,1 ; spectre B1 – B1.

(2) Spectre composite : B3p + A2p.

(3) Double, mag = 0,3 – 1,7 ; spectre G0 – K5.

Positions d'étoiles (suite)

Nom	Type spectral	Magni- tude	Paral- laxe	Position moyenne 2023		
				Asc. droite	Déclinaison	
			mas	h min s	° ' "	
γ UMi	A3 III	3,0	7	15 20 43,6	+71 50	3
α CrB (la Perle)	A0 IV	2,2	44	15 34 41,5	+26 42	51
α Ser (Unuk)	K2 IIIb CN1	2,6	45	15 44 16,3	+ 6 25	33
β TrA	F0 IV	2,8	81	15 55 07,9	-63 26	0
π Sco	B1 V+B2 V	2,9	7	15 58 51,1	-26 6	51
δ Sco (Dschubba)	B0.3 IV	2,3	8	16 00 20,0	-22 37	19
β^1 Sco <i>pr</i> (Acrab)	B0.5 V	2,6	6	16 05 26,2	-19 48	20
δ Oph	M0.5 III	2,7	19	16 14 20,7	- 3 41	43
σ Sco	B1 III	2,9	4	16 21 11,3	-25 35	34
α Sco (Antarès) ⁽¹⁾	M1.5 Iab-Ib	1,1	5	16 29 24,4	-26 25	56
β Her	G7 IIIa Fe-0.5	2,8	22	16 30 13,0	+21 29	22
τ Sco	B0 V	2,8	8	16 35 52,9	-28 12	58
ζ Oph	O9.5 Vn	2,5	7	16 37 09,6	-10 34	1
η Her	G7 III Fe-1	3,5	29	16 42 53,8	+38 55	18
ε UMi	G5 III	4,2	9	16 45 58,5	+82 2	14
α TrA (Atria)	K2 IIb-IIIa	1,9	8	16 48 40,0	-69 1	41
ε Sco	K2 III	2,3	50	16 50 08,7	-34 17	42
μ^1 Sco	B1.5 IVn	3,0	4	16 51 52,2	-38 2	51
ζ Ara	K4 III	3,1	6	16 58 37,2	-55 59	25
β Ara	K3 Ib-IIa	2,8	5	17 25 18,0	-55 31	48
β Dra	G2 Ib-IIa	2,8	9	17 30 25,9	+52 18	5
ν Sco	B2 IV	2,7	6	17 30 45,8	-37 17	46
α Ara	B2 Vne	2,8	13	17 31 50,4	-49 52	36
λ Sco (Schaula)	B1.5 IV	1,6	5	17 33 36,5	-37 6	14
α Oph (Rasalhague)	A5 Vnn	2,1	70	17 34 56,2	+12 33	31
θ Sco	F1 III	1,9	12	17 37 19,1	-42 59	52
κ Sco	B1.5 III	2,4	7	17 42 29,3	-39 1	49
β Oph	K2 III CN0.5	2,8	40	17 43 28,3	+ 4 34	6
μ Her	G5 IV	3,4	119	17 46 27,0	+27 42	57
γ Dra (Etamin)	K5 III	2,2	22	17 56 36,3	+51 29	20
γ Sgr	K0* III	3,0	34	18 05 48,4	-30 25	31
δ Sgr	K2.5 IIIa CN0.5	2,7	11	18 21 00,0	-29 49	42
η Ser	K0 III-IV	3,2	53	18 21 17,7	- 2 54	12
ζ Pav	K4 III	4,3	8	18 23 13,6	-61 29	38
ε Sgr (Kaus australe)	A0 II-n	1,8	23	18 24 10,2	-34 23	8
λ Sgr	K1 IIIb	2,8	42	18 27 58,2	-25 25	22
α Lyr (Véga)	A0 Va	0,0	129	18 36 56,7	+38 47	8
σ Sgr (Nunki)	B3 IV	2,0	15	18 55 16,0	-26 17	49

(1) Double, mag = 5,2 ; spectre composite : M0 + A3.

Positions d'étoiles (suite et fin)

Nom		Type spectral	Magni- tude	Paral- laxe	Position moyenne 2023	
					Asc. droite	Déclinaison
				mas	h min s	° ' "
ζ	Aql	A0 Vann	3,0	39	19 05 24,6	+13 51 46
π	Sgr ⁽¹⁾	F2 II–III	2,9	7	19 09 45,8	–21 1 26
δ	Dra	G9 III	3,1	33	19 12 33,7	+67 39 44
β ⁱ	Cyg <i>pr</i> ⁽²⁾	K3 II+B9.5 V	3,0	8	19 30 43,3	+27 57 35
γ	Aql	K3 II	2,7	7	19 46 15,6	+10 36 48
α	Aql (Altaïr)	A7 Vnn	0,8	194	19 50 47,9	+ 8 52 15
θ ⁱ	Sgr	B2.5 IV	4,4	5	19 59 44,2	–35 16 35
θ	Aql	B9.5 III*	3,2	11	20 11 18,3	– 0 49 17
β	Cap ⁽³⁾	K0 II+A5n V	3,0	9	20 21 00,8	–14 46 53
γ	Cyg	F8 Ib	2,2	2	20 22 13,7	+40 15 24
α	Pav (Peacock)	B2.5 V	1,9	18	20 25 38,9	–56 44 8
α	Ind	K0 III CN–1	3,1	32	20 37 34,1	–47 17 28
α	Cyg (Deneb)	A2 Ia	1,2	1	20 41 25,9	+45 16 49
ε	Cyg	K0 III	2,5	45	20 46 13,4	+33 58 21
σ	Oct	F0 III	5,5	12	21 08 49,1	–88 57 23
α	Cep (Alderamin)	A7 V*n	2,5	67	21 18 35,3	+62 35 9
β	Aqr	G0 Ib	2,9	5	21 31 33,6	– 5 34 16
ε	Peg (Enif)	K2 Ib–II	2,4	5	21 44 11,2	+ 9 52 30
δ	Cap	F2m	2,9	85	21 47 02,9	–16 7 45
γ	Gru	B8 IV–Vs	3,0	16	21 53 55,9	–37 21 54
α	Aqr	G2 Ib	3,0	4	22 05 47,1	– 0 19 12
α	Gru (Alnaïr)	B7 Vn	1,7	32	22 08 14,3	–46 57 43
32	H. Cep	B9.5 Vn	5,3	13	22 13 11,8	+86 6 30
α	Tuc	K3 III	2,9	16	22 18 29,9	–60 15 35
δ	Cep ⁽⁴⁾	F5–G2 Ib	4,1	3	22 29 10,3	+58 24 55
β	Gru	M4.5 III	2,1	19	22 42 40,4	–46 53 5
η	Peg	G8 II+F0 V	2,9	15	22 43 00,2	+30 13 16
β	Oct	A7 III–IV	4,1	23	22 46 02,9	–81 22 54
δ	Aqr	A3 IV–V	3,3	20	22 54 38,9	–15 49 16
α	PsA (Fomalhaut)	A3 Va	1,2	130	22 57 39,6	–29 37 24
o	And ⁽⁵⁾	B6pe	3,6	5	23 01 55,3	+42 19 34
β	Peg (Schéat)	M2.5 II–III	2,4	16	23 03 46,8	+28 5 1
α	Peg (Markab)	A0 III–IV	2,5	23	23 04 45,8	+15 12 18
γ	Cep	K1 III–IV CN1	3,2	72	23 39 20,5	+77 37 59

(1) Double, mag = 3,7 – 3,8.

(2) Spectre composite : K0 + A0.

(3) Spectre composite : G0 + A0.

(4) Variable (photogr.) entre 3,9 et 5,1; spectre variable : F5 – G2.

(5) Spectre composite : B5 + A2p.

3. ÉTOILES DOUBLES

La table suivante fournit les caractéristiques d'une sélection d'étoiles doubles visuelles de déclinaison supérieure à -45° , choisies parmi les plus brillantes.

Les positions relatives correspondent soit aux valeurs calculées pour l'année en cours, soit aux dernières valeurs observées.

Dans le premier cas, la méthode de calcul des éphémérides est indiquée par le symbole (*o*) pour une binaire orbitale, ou (*b*) pour une interpolation linéaire à partir des données Hipparcos. Ces éphémérides ne sont calculées que pour les doubles dont le mouvement relatif sur plusieurs années est significatif et cohérent avec les dernières observations. Dans le cas contraire, on reporte, sans calcul, les dernières valeurs observées.

Dans le dernier cas, on indique, le cas échéant, par le symbole (*v*) si le mouvement est significatif (linéaire, orbital, etc.), mais connu de manière trop peu précise pour en établir une éphéméride.

On donne successivement :

1. L'identification du système ;
2. Le nom du système ;
3. Les composantes du système ;
4. La magnitude de chaque composante ;
5. Le type spectral d'une ou des composantes ;
6. Les coordonnées équatoriales moyennes J2000 ;
7. L'époque du calcul ou de la dernière observation (*T*) ;
8. L'angle de position de la secondaire par rapport à la primaire (θ , compté positivement du nord vers l'est) ;
9. La séparation des deux composantes (ρ).

Étoiles doubles

Ident.	Nom	Comp.	Magni- tude		Type spectral	Position J2000		T	θ	ρ
						h min	° ′			
BU 391	κ_1 Scl	AB	6,1	6,2	F4IV–V	0 09,4	–27 59	2006	260	1,3
STF 61	65 Psc		6,3	6,3	F5III	0 49,9	+27 43	2007	116	4,3
STF 88	74 Psc A	AB	5,3	5,5	B9,5V A0V	1 05,7	+21 28	2007	159	29,6
STF 100	ζ Psc A	AB	5,2	6,2	A7IV F7V	1 13,7	+ 7 35 ^(b)	2023,5	63	23,0
STF 180	γ Ari	AB	4,5	4,6	A1pSi B9V	1 53,5	+19 18	2008	0	7,5
STFA 4	56 And	AB	5,8	6,1	K0III gM0	1 56,2	+37 15	2001	299	200,5
STF 202	α Psc	AB	4,1	5,2	A0p A3m	2 02,0	+ 2 46 ^(o)	2008	269	1,9
STF 205	γ And	A – BC	2,3	5,0	K3IIb	2 03,9	+42 20 ^(v)	2007	63	9,5
STF 299	γ Cet	AB	3,5	6,2	A1V	2 43,3	+ 3 14	2006	298	2,3
STF 333	ε Ari	AB	5,2	5,6	A2Vs A2Vs	2 59,2	+21 20	2007	212	1,4
STF 331	HR 890		5,2	6,2	B7V B9V	3 00,9	+52 21	2008	85	11,9
STFA 8	η Tau	AB	2,8	6,3	B7IIIe	3 47,5	+24 06	2003	290	117,5
STF 470	32 Eri	AB	4,8	5,9	G8III A2V	3 54,3	– 2 57	2007	348	6,9
STF 460	HR 1230		5,6	6,3	G8III A4V	4 10,0	+80 42 ^(o)	2008	143	0,7
STF 541	65 Tau	AB	4,2	5,3	A7IV–V	4 25,4	+22 18	2002	174	339,7
STFA 10	78 Tau	AB	3,4	3,9	A7III	4 28,7	+15 52	2002	348	336,7
ARN 36	81 Tau	AC	5,5	5,7	Am	4 30,6	+15 42 ^(v)	2002	247	477,0
STFA 11	91 Tau		4,7	5,1	A5Vn A4m	4 39,3	+15 55	2008	194	436,3
STFA 13	11 Cam	AB	5,2	6,2	B2,5Ve	5 06,1	+58 58	2002	9	178,7
S 476	HR 1753	AB	6,3	6,5	B3V Ap	5 19,3	–18 31	2006	18	39,1
DA 5	η Ori	AB	3,6	4,9	B1V+B2e	5 24,5	– 2 24 ^(b)	2023,5	77	1,9
STF 728	32 Ori		4,4	5,8	B5V	5 30,8	+ 5 57 ^(o)	2007	46	1,2
STF 730	HR 1847		6,1	6,4	B7IIIe	5 32,2	+17 03	2007	142	9,4
STF 747	HR 1887	AB	4,7	5,5	B0,5V B1V	5 35,0	– 6 00	2007	224	36,1
STF 738	λ Ori	AB	3,5	5,5	O8 B0,5 V	5 35,1	+ 9 56	2008	44	4,1
STF 748	θ_1 Ori C	CD	5,1	6,4		5 35,3	– 5 23 ^(v)	2007	62	13,3
STFA 16	43 Ori	AB	5,0	6,2	O9,5Vep	5 35,4	– 5 25 ^(v)	2008	93	52,0
STFA 17	θ_1 Ori	AD	5,0	5,1		5 35,4	– 5 25 ^(v)	2004	316	133,3
STF 762	σ Ori E	AB, E	3,7	6,3	B2V	5 38,7	– 2 36 ^(v)	2008	62	41,4
STF 774	ζ Ori	AB	1,9	3,7	O9,5Ibe	5 40,8	– 1 57 ^(o)	2008	166	2,4
H 6 40	γ Lep	AB	3,6	6,3	F6V K2V	5 44,5	–22 27 ^(v)	2002	350	97,1
STF 795	52 Ori		6,0	6,0	A5V	5 48,0	+ 6 27 ^(b)	2023,5	218	0,9
BU 1008	η Gem		3,5	6,2	M3,5I–II	6 14,9	+22 30 ^(o)	2006	256	1,7
STF 919	β_1 Mon	AB	4,6	5,0	B3Ve B3ne	6 28,8	– 7 02 ^(v)	2008	133	7,2
STF 919	β Mon	AC	4,6	5,4	B3Ve B3e	6 28,8	– 7 02	2008	126	9,9
STF 919	BD-06 1575	BC	5,0	5,3	B3Ve B3e	6 28,8	– 7 02 ^(v)	2007	108	2,9

Étoiles doubles (suite)

Ident.	Nom	Comp.	Magni- tude		Type spectral	Position J2000		T	θ	ρ
						h min	° ′			
STF 948	12 Lyn	AB	5,4	6,0	A3V	6 46,2	+59 27	^(a) 2008	70	1,8
STF 958	HIP 32609	AB	6,3	6,3	dF5 dF6	6 48,2	+55 42	^(b) 2007	256	4,4
HJ 3945	145 CMa		5,0	5,8	K3Ib dF0	7 16,6	-23 19	^(b) 2023,5	50	26,8
H N 19	n Pup		5,8	5,8	F5-7V	7 34,3	-23 28	^(b) 2023,5	118	9,8
STF 1110	α Gem	AB	1,9	3,0	A1V A2Vm	7 34,6	+31 53	^(a) 2008	59	4,6
H 3 27	HIP 37229	AB	4,4	4,6	B6V B6V	7 38,8	-26 48	^(b) 2023,5	318	9,7
STF 1196	ζ Cnc	AB	5,3	6,2	F8V	8 12,2	+17 39	^(a) 2008	43	1,0
STF 1196	STF 1196	AB - C	5,3	6,2	F8V	8 12,2	+17 39	^(a) 2008	69	6,2
STF 1196	STF 1196	AC	5,3	5,8	F8V	8 12,2	+17 39	^(b) 2008	70	6,2
STF 1196	STF 1196	BC	5,8	6,2		8 12,2	+17 39	^(b) 2007	72	5,8
STF 1223	BD+27 1612		6,2	6,2	A3V A6V	8 26,8	+26 56	2007	218	4,9
STF 1268	i Cnc		4,1	6,0	G7,5IIIa	8 46,7	+28 46	2008	308	30,6
HJ 460	53 Cnc	AC	6,0	6,5		8 52,5	+28 16	^(a) 2005	21	273,5
STF 1291	57 Cnc	AB	6,1	6,4	G7III	8 54,2	+30 35	2007	311	1,5
KUI 37	10 UMa	AB	4,2	6,5	F3V+K0V	9 00,6	+41 47	^(a) 2007	325	0,6
STF 1334	38 Lyn	AB	3,9	6,1	A3V	9 18,8	+36 48	2007	224	2,7
AC 5	γ Sex	AB	5,4	6,4	A1V	9 52,5	- 8 06	^(a) 2007	55	0,6
STFA 18	ζ Leo		3,5	6,0	F0III	10 16,7	+23 25	2002	338	333,8
STF 1424	γ Leo	AB	2,4	3,6	K0III	10 20,0	+19 51	^(a) 2008	126	4,6
HU 879	β LMi		4,6	6,0	G8III	10 27,9	+36 42	^(a) 2007	219	0,5
STF 1487	54 Leo		4,5	6,3	A1V A2Vn	10 55,6	+24 45	2008	113	6,9
BU 1077	α UMa	AB	2,0	5,0	G9III	11 03,7	+61 45	^(a) 2007	44	0,5
LDS 6238	χ 1 Hya	AC	5,7	6,1	F3IV	11 05,3	-27 18	1960	46	18,0
STF 1523	ζ UMa	AB	4,3	4,8	F9V G9V	11 18,2	+31 32	^(a) 2008	225	1,6
H 3 96	17 Crt		5,6	5,7	F8V F8V	11 32,3	-29 16	^(b) 2023,5	210	9,5
STF 1657	24 Com A		5,1	6,3	K2III	12 35,1	+18 23	^(b) 2023,5	271	19,5
STF 1669	HIP 61910	AB	5,9	5,9	F5V F5V	12 41,3	-13 01	^(a) 2023,5	314	5,4
STF 1670	γ Vir	AB	3,5	3,5	F0V F0V	12 41,7	- 1 27	^(a) 2007	52	0,7
STF 1694	HR 4893	AB	5,3	5,7	A1IIIsh	12 49,2	+83 25	^(b) 2023,5	326	21,2
STF 1692	α CVn A		2,9	5,5	A0pSiEuHg	12 56,0	+38 19	^(b) 2023,5	230	18,2
STF 1728	42 Com	AB	4,8	5,5	F5V+ F6V	13 10,0	+17 32	^(a) 2008	12	0,6
STFA 24	17 CVn A	AB	6,0	6,3	A9IV	13 10,1	+38 30	2004	296	277,5
STF 1744	ζ UMa A	AB	2,2	3,9	A1VpSrSi	13 23,9	+54 56	^(a) 2009	153	14,3
STF 1744	ζ UMa A	AC	2,2	4,0		13 23,9	+54 56	^(a) 2008	70	706,1
STF 1864	π 01 Boo	AB	4,9	5,8	B9pMnHg	14 40,7	+16 25	^(b) 2023,5	113	5,4
STF 1865	30 Boo	AB	4,5	4,5	A0V+ A0V	14 41,1	+13 44	^(a) 2007	298	0,7

Étoiles doubles (suite)

Ident.	Nom	Comp.	Magni- tude		Type spectral	Position J2000		T	θ	ρ
						h min	° ′			
STF 1877	ε Boo	AB	2,6	4,8	K0II–III	14 45,0	+27 04	2006	342	2,8
SHJ 186	α Lib	AB	2,7	5,2	A3IV F4IV	14 50,9	–16 02	2002	315	231,1
STF 1909	i Boo		5,2	6,1	F7V+K4V	15 03,8	+47 39	^(a) 2008	59	1,7
STF 1937	η CrB	AB	5,6	6,0	F8V+G0V	15 23,2	+30 17	^(a) 2007	143	0,5
COU 610	θ CrB		4,3	6,3	B6Vnne	15 32,9	+31 22	2008	199	0,8
STF 1954	δ Ser	AB	4,2	5,2	F0IV	15 34,8	+10 32	^(a) 2007	173	4,0
STF 1962	HR 5816		6,4	6,5	F8V F8V	15 38,7	– 8 47	^(b) 2023,5	191	11,5
STF 1965	ζ CrB		5,0	5,9	B7V B9V	15 39,4	+36 38	2008	305	6,4
STF 1967	γ CrB		4,0	5,6	B9V+A3V	15 42,7	+26 18	^(a) 2006	114	0,7
STF 1998	ζ Sco	AB	4,9	5,2	F7V	16 04,4	–11 22	^(a) 2008	351	0,9
H 3 7	β_2 Sco	AC	2,6	4,5	B2V	16 05,4	–19 48	^(b) 2023,5	19	13,8
STF 2010	7 Her A	AB	5,1	6,2	G7III	16 08,1	+17 03	^(b) 2023,5	14	26,9
STF 2032	σ CrB	AB	5,6	6,5	G0V G1V	16 14,7	+33 52	^(a) 2007	237	7,0
STFA 29	20 CrB	AB	5,4	5,6	M2IIIab	16 22,4	+33 48	2001	164	360,8
H 2 19	ρ Oph	AB	5,1	5,7	B2IV B2V	16 25,6	–23 27	^(a) 2007	337	3,3
GNT 1	α Sco		1,0	5,4	M1	16 29,4	–26 26	^(a) 1997	274	2,5
STF 2055	λ Oph	AB	4,2	5,2	A0V+A0V	16 30,9	+ 1 59	^(a) 2008	36	1,4
STF 2078	17 Dra	AB	5,4	6,4	B9,5 V	16 36,2	+52 55	^(b) 2023,5	105	2,9
STFA 30	17 Dra	AC	5,4	5,5		16 36,2	+52 55	^(a) 2023,5	192	89,3
STF 2084	ζ Her		3,0	5,4	G1IV	16 41,3	+31 36	^(a) 2007	198	1,1
STFA 33	34 Oph	AB	5,9	6,2	A1V K1III	17 03,7	+13 36	2002	118	305,1
STF 2130	μ Dra	AB	5,7	5,7	F7V	17 05,3	+54 28	^(a) 2007	11	2,3
STF 2140	α Her A	AB	3,5	5,4	M5Ib–II	17 14,6	+14 23	^(a) 2007	105	4,8
SHJ 243	36 Oph	AB	5,1	5,1	K5Ve K1V	17 15,3	–26 36	^(a) 2007	147	5,1
SHJ 243	30 Sco	AC	5,1	6,5	K5Ve	17 15,3	–26 36	^(a) 2000	74	731,6
STF 2161	75 Her A	AB	4,5	5,4	B9,5III	17 23,7	+37 09	^(a) 2008	319	4,0
STF 2173	HR 6516		6,1	6,2	G5V	17 30,4	– 1 04	^(a) 2007	162	0,5
STFA 35	25 Dra		4,9	4,9	A4m A6V	17 32,3	+55 10	2007	311	62,2
MCY 4	α Oph		2,1	5,0		17 34,9	+12 34	1999	64	0,8
STF 2241	ψ_1 Dra A	AB	4,6	5,6	F5IV F8V	17 41,9	+72 09	^(a) 2007	16	29,9
STF 2202	61 Oph A	AB	6,1	6,5	A1IV–V	17 44,6	+ 2 35	2007	93	20,7
STF 2308	41 Dra	AB	5,7	6,0	F7V F7V	18 00,2	+80 00	^(b) 2023,5	232	18,4
STF 2264	95 Her B		4,8	5,2	A5III _n	18 01,5	+21 36	2008	257	6,4
STF 2272	70 Oph	AB	4,2	6,2	K0V K4V	18 05,5	+ 2 30	^(a) 2008	133	5,7
STF 2280	100 Her A	AB	5,8	5,8	A3V	18 07,8	+26 06	^(a) 2008	183	14,2
STT 353	φ Dra	AB	4,5	5,9	A0pSi:	18 20,8	+71 20	^(a) 2006	268	0,5

Étoiles doubles (suite et fin)

Ident.	Nom	Comp.	Magni- tude		Type spectral	Position J2000		T	θ	ρ
						h min	° ′			
STF2382	ε_1 Lyr	AB	5,2	6,1	A4V F1V	18 44,3	+39 40	^(a) 2007	349	2,3
STFA 37	4 Lyr A	AB, CD	5,2	5,2		18 44,3	+39 40	^(a) 2008	172	208,6
STFA 37	4 Lyr A	AD	5,2	5,4		18 44,3	+39 40	^(a) 1991	172	208,7
STFA 37	4 Lyr B	BC	5,2	6,1		18 44,3	+39 40	^(a) 1991	172	211,0
STFA 37	4 Lyr B	BD	5,4	6,1		18 44,3	+39 40	^(a) 1991	172	211,2
STF2383	STF2383Ce-D	CD	5,2	5,4	A8Vn F0Vn	18 44,4	+39 37	^(a) 2007	81	2,4
STFA 38	7 Lyr	AD	4,3	5,6	F0IVv	18 44,8	+37 36	^(a) 2008	150	43,9
STF2417	θ_1 Ser	AB	4,6	4,9	A5V A5Vn	18 56,2	+ 4 12	^(b) 2023,5	104	22,6
STFA 42	α Vul		4,6	5,9	M0III	19 28,7	+24 40	2007	29	422,9
STFA 43	β_1 Cyg	AB	3,2	4,7		19 30,7	+27 58	^(a) 2023,5	19	37,0
STFA 46	16 Cyg	AB	6,0	6,2	G1,5V	19 41,8	+50 32	^(a) 2006	133	40,5
STF2579	δ Cyg	AB	2,9	6,3	B9,5IV	19 45,0	+45 08	^(a) 2007	222	2,5
STF2594	57 Aql A		5,7	6,3	B7Vn B8V	19 54,6	- 8 14	2007	170	35,4
STT 395	16 Vul		5,8	6,2	F2III	20 02,0	+24 56	^(b) 2023,5	128	0,9
STFA 50	31 Cyg	AD	3,9	4,8	K2II	20 13,6	+46 44	^(a) 2008	325	333,8
STFA 51	α Cap	AE	3,7	4,3	G9III	20 18,1	-12 33	^(a) 2002	292	381,2
STFA 52	9 Cap	AB	3,1	6,1		20 21,0	-14 47	2002	267	206,0
BU 665	γ Cyg	A – BC	2,3	5,5	F8Ib	20 22,2	+40 15	^(a) 1980	196	141,0
BU 151	β Del	AB	4,1	5,0	F5IV+ F2V	20 37,5	+14 36	^(a) 2007	9	0,6
STF2727	γ_2 Del		4,4	5,0	K11V F7V	20 46,7	+16 07	^(a) 2008	266	9,2
STT 413	λ Cyg	AB	4,7	6,3		20 47,4	+36 29	^(a) 2007	6	0,9
STF2758	61 Cyg A	AB	5,2	6,0	K5V K7V	21 06,9	+38 45	^(a) 2008	151	31,0
STFA 54	γ Equ	AD	4,7	6,1	A9V	21 10,3	+10 08	^(a) 2008	152	334,6
STF2822	μ Cyg	AB	4,8	6,2	F6V G2V	21 44,1	+28 45	^(a) 2007	312	1,8
STF2840	HR 8357	AB	5,6	6,4	B6IV–V	21 52,0	+55 48	^(b) 2023,5	196	17,5
STF2863	ζ Cep	AB	4,5	6,4		22 03,8	+64 38	^(a) 2007	275	8,3
SHJ 345	53 Aqr A	AB	6,3	6,4	G0V G0V	22 26,6	-16 45	^(a) 2007	33	1,5
STF2909	ζ Aqr		4,3	4,5	F3IV–V	22 28,8	+ 0 01	^(a) 2008	171	2,1
STFA 58	Δ Cep	AC	4,2	6,1	B7V	22 29,2	+58 25	^(a) 2008	191	40,8
STF2922	8 Lac A	AB	5,7	6,3	B2Ve B5	22 35,9	+39 38	2007	185	22,2
H 2 24	107 Aqr		5,7	6,5	A9IV F2V	23 46,0	-18 41	^(b) 2023,5	136	7,0

4. AMAS D'ÉTOILES, NÉBULEUSES ET GALAXIES

La table suivante fournit les caractéristiques d'une sélection d'amas d'étoiles, de nébuleuses et de galaxies. Les ascensions droites et les déclinaisons sont des coordonnées moyennes rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens J2000. La valeur m représente la magnitude visuelle globale de l'objet. NGC et M représentent respectivement les numéros de l'objet dans le New General Catalogue et dans le catalogue de Messier. Les symboles qui caractérisent les types d'objets ont la signification suivante :

AO amas ouverts ;
 AG amas globulaires ;
 G galaxies ;
 NP nébuleuses planétaires ;
 NG nébuleuses gazeuses.

Constellation	NGC	M	α_{2000} h min	δ_{2000} ° ′	m	Type
Andromède	224	31	0 43	+41 16	3,5	G
	221	32	0 43	+40 52	8,2	G
Cassiopee	457		1 19	+58 20	6,4	AO
	581	103	1 33	+60 42	7,4	AO
Triangle	598	33	1 34	+30 39	5,7	G
Cassiopee	663		1 46	+61 15	7,1	AO
Andromède	752		1 58	+37 41	5,7	AO
Persée	869		2 19	+57 09	4,0	AO
	884		2 22	+57 07	4,0	AO
	1039	34	2 42	+42 47	5,2	AO
Baleine	1068	77	2 43	- 0 01	8,8	G
Taureau	Pléiades	45	3 49	+24 06	-	AO
Girafe	1502		4 08	+62 20	5,7	AO
Persée	1528		4 15	+51 14	6,4	AO
Lièvre	1904	79	5 25	-24 33	8,0	AG
Cocher	1912	38	5 29	+35 50	6,4	AO
Taureau	1952	1	5 35	+22 01	8,4	NP
Orion	1976	42	5 35	- 5 27	4,0	NG
Cocher	1960	36	5 36	+34 08	6,0	AO
Orion	1982	43	5 36	- 5 16	9,0	NG
Cocher	2099	37	5 52	+32 33	5,6	AO
Orion	2169		6 08	+13 57	5,9	AO
Gémeaux	2168	35	6 09	+24 20	5,1	AO
Licorne	2224		6 32	+ 4 52	4,8	AO
	2264		6 41	+ 9 53	3,9	NG
Grand Chien	2287	41	6 47	-20 44	4,5	AO

Amas d'étoiles, nébuleuses et galaxies (suite)

Constellation	NGC	M	α_{2000}	δ_{2000}	m	Type
			h min	° ′		
Cocher	2281		6 49	+41 04	5,4	AO
Licorne	2301		6 52	+ 0 28	6,0	AO
	2323	50	7 03	- 8 20	5,9	AO
Gémeaux	2392		7 29	+20 55	10,0	NP
Girafe	2403		7 37	+65 36	8,4	G
Poupe	2422	47	7 37	-14 30	4,4	AO
	2447	93	7 45	-23 52	6,2	AO
Hydre	2548	48	8 14	- 5 48	5,8	AO
Cancer	2632	44	8 40	+19 59	3,1	AO
	2682	67	8 50	+11 49	6,9	AO
Grande Ourse	3034	82	9 56	+69 41	8,4	G
	3031	81	9 56	+69 04	6,9	G
Hydre	3242		10 25	-18 38	9,0	NP
Lion	3368	96	10 47	+11 49	9,2	G
Grande Ourse	3587	97	11 15	+55 01	11,2	NP
Lion	3623	65	11 19	+13 05	9,3	G
	3627	66	11 20	+12 59	9,0	G
Chiens de chasse	4258		12 19	+47 18	8,3	G
Chevelure de Bérénice	4382	85	12 25	+18 11	9,2	G
Vierge	4472	49	12 30	+ 8 00	8,4	G
	4486	87	12 31	+12 24	8,6	G
	4594	104	12 40	-11 37	8,3	G
Hydre	4590	68	12 40	-26 45	8,2	AG
Vierge	4649	60	12 44	+11 33	8,8	G
Chevelure de Bérénice	4725		12 50	+25 30	9,2	G
Chiens de chasse	4736	94	12 51	+41 07	8,2	G
Chevelure de Bérénice	4826	64	12 57	+21 41	8,5	G
	5024	53	13 13	+18 10	7,7	AG
Chiens de chasse	5055	63	13 16	+42 02	8,6	G
	5194-5	51	13 30	+47 12	8,4	G
Hydre	5236	83	13 37	-29 52	7,6	G
Chiens de chasse	5272	3	13 42	+28 23	6,4	AG
Bouvier	5466		14 06	+28 32	9,1	AG
Serpent (tête)	5904	5	15 19	+ 2 05	5,8	AG
Scorpion	6093	80	16 17	-22 59	7,2	AG
	6121	4	16 24	-26 32	5,9	AG
Hercule	6205	13	16 42	+36 28	5,9	AG
	6229		16 47	+47 32	9,4	AG
Ophiuchus	6218	12	16 47	- 1 57	6,6	AG
	6254	10	16 57	- 4 06	6,6	AG

Amas d'étoiles, nébuleuses et galaxies (suite et fin)

Constellation	NGC	M	α_{2000}	δ_{2000}	m	Type
			h min	° ′		
Ophiuchus	6266	62	17 01	-30 07	6,6	AG
	6273	19	17 03	-26 16	7,2	AG
	6293		17 10	-26 35	8,2	AG
Hercule	6341	92	17 17	+43 08	6,5	AG
Ophiuchus	6333	9	17 19	-18 31	7,9	AG
	6356		17 24	-17 49	8,4	AG
	6402	14	17 38	- 3 15	7,6	AG
Scorpion	6405	6	17 40	-32 13	4,2	AO
Ophiuchus	IC 4665		17 46	+ 5 43	4,2	AO
Scorpion	6475	7	17 54	-34 49	3,3	AO
Sagittaire	6494	23	17 57	-19 01	5,5	AO
Dragon	6543		17 59	+66 38	9,0	NP
Sagittaire	6523	8	18 04	-24 23	5,8	NG
	6531	21	18 05	-22 30	5,9	AO
Serpent (queue)	6611	16	18 19	-13 47	6,0	NG
Sagittaire	6613	18	18 20	-17 08	6,9	AO
	6618	17	18 21	-16 11	6,0	NG
	6626	28	18 25	-24 52	6,9	AG
Ophiuchus	6633		18 28	+ 6 34	4,6	AO
Sagittaire	IC 4725	25	18 32	-19 15	4,6	AO
	6656	22	18 36	-23 54	5,1	AG
Serpent (queue)	IC 4756		18 39	+ 5 27	5,0	AO
Écu	6705	11	18 51	- 6 16	5,8	AO
	6712		18 53	- 8 42	8,2	AG
Lyre	6720	57	18 54	+33 02	9,0	NP
Sagittaire	6715	54	18 55	-30 29	7,7	AG
Lyre	6779	56	19 17	+30 11	8,3	AG
Cygne	6811		19 38	+46 34	6,8	AO
Sagittaire	6809	55	19 40	-30 58	7,0	AG
Cygne	6826		19 45	+50 31	10,0	NP
Flèche	6838	71	19 54	+18 47	8,3	AG
Petit Renard	6853	27	20 00	+22 43	8,1	NP
Sagittaire	6864	75	20 06	-21 55	8,6	AG
Pégase	7078	15	21 30	+12 10	6,4	AG
Cygne	7092	39	21 32	+48 26	4,6	AO
Verseau	7009		21 04	-11 22	8,0	NP
Capricorne	7099	30	21 40	-23 11	7,5	AG
Verseau	7089	2	21 34	- 0 49	6,5	AG
Lézard	7243		22 15	+49 53	6,4	AO
Céphée	7510		23 12	+60 34	7,9	AO
Cassiopee	7654	52	23 24	+61 35	6,9	AO
Andromède	7662		23 26	+42 33	9,0	NP

5. POLAIRE

Dans la table suivante, l'ascension droite et la déclinaison de l'étoile Polaire (α UMi) sont données de jour en jour pour son passage supérieur au méridien international.

Date	Janvier		Février		Mars		Avril	
	α	δ	α	δ	α	δ	α	δ
	3 h 01 min	89° 21'	3 h 00 min	89° 21'	2 h 59 min	89° 21'	2 h 59 min	89° 21'
	s	"	s	"	s	"	s	"
1	53,06	54,18	60,95	59,04	67,96	58,20	23,78	52,19
2	51,86	54,38	59,17	59,12	66,28	58,11	22,56	51,95
3	50,68	54,60	57,29	59,20	64,51	58,02	21,35	51,68
4	49,47	54,84	55,30	59,28	62,65	57,92	20,18	51,40
5	48,19	55,08	53,21	59,35	60,73	57,81	19,12	51,10
6	46,80	55,33	51,04	59,40	58,77	57,67	18,19	50,78
7	45,29	55,58	48,82	59,44	56,81	57,52	17,44	50,46
8	43,64	55,83	46,61	59,44	54,91	57,34	16,85	50,13
9	41,89	56,06	44,44	59,43	53,11	57,15	16,40	49,83
10	40,04	56,28	42,36	59,39	51,45	56,93	16,04	49,54
11	38,14	56,48	40,41	59,35	49,94	56,71	15,70	49,27
12	36,23	56,65	38,59	59,29	48,58	56,50	15,30	49,03
13	34,37	56,81	36,89	59,24	47,33	56,30	14,79	48,80
14	32,58	56,94	35,29	59,21	46,15	56,11	14,14	48,57
15	30,91	57,07	33,71	59,19	44,95	55,95	13,39	48,32
16	29,37	57,19	32,07	59,20	43,67	55,80	12,58	48,05
17	27,93	57,33	30,30	59,22	42,25	55,66	11,81	47,75
18	26,55	57,48	28,35	59,24	40,69	55,52	11,16	47,42
19	25,13	57,66	26,23	59,25	39,01	55,35	10,69	47,08
20	23,59	57,85	24,00	59,22	37,30	55,15	10,42	46,73
21	21,85	58,06	21,77	59,15	35,66	54,91	10,32	46,38
22	19,89	58,25	19,65	59,05	34,16	54,65	10,34	46,06
23	17,76	58,42	17,68	58,92	32,86	54,37	10,41	45,75
24	15,57	58,55	15,88	58,78	31,75	54,09	10,49	45,46
25	13,42	58,64	14,22	58,64	30,77	53,81	10,51	45,18
26	11,36	58,71	12,65	58,52	29,87	53,56	10,47	44,91
27	9,45	58,76	11,11	58,40	28,99	53,31	10,35	44,65
28	7,65	58,80	9,56	58,30	28,09	53,08	10,17	44,38
29	5,95	58,84			27,12	52,86	9,94	44,10
30	4,30	58,90			26,08	52,64	9,70	43,81
31	2,65	58,96			24,96	52,42		

Éphéméride de la Polaire – 2023
Passage supérieur au méridien international (suite)

Date	Mai		Juin		Juillet		Août	
	α	δ	α	δ	α	δ	α	δ
	2 h 59 min	89° 21'	2 h 59 min	89° 21'	3 h 00 min	89° 21'	3 h 01 min	89° 21'
	s	"	s	"	s	"	s	"
1	9,49	43,50	28,58	34,72	14,24	29,16	16,82	28,06
2	9,37	43,18	29,91	34,44	16,41	29,06	18,76	28,17
3	9,37	42,84	31,39	34,18	18,52	29,00	20,56	28,26
4	9,53	42,49	32,95	33,95	20,49	28,96	22,33	28,32
5	9,87	42,15	34,49	33,76	22,28	28,92	24,15	28,35
6	10,38	41,81	35,94	33,58	23,92	28,88	26,11	28,37
7	11,00	41,50	37,24	33,43	25,48	28,82	28,23	28,38
8	11,66	41,22	38,39	33,27	27,06	28,72	30,49	28,40
9	12,29	40,96	39,43	33,09	28,75	28,61	32,84	28,44
10	12,81	40,73	40,45	32,89	30,58	28,49	35,24	28,51
11	13,19	40,49	41,53	32,67	32,57	28,36	37,62	28,60
12	13,45	40,25	42,74	32,43	34,70	28,25	39,93	28,71
13	13,65	40,00	44,11	32,18	36,92	28,16	42,15	28,83
14	13,84	39,71	45,65	31,93	39,18	28,09	44,26	28,97
15	14,13	39,40	47,33	31,70	41,42	28,05	46,26	29,11
16	14,57	39,08	49,10	31,49	43,61	28,03	48,17	29,25
17	15,20	38,74	50,90	31,30	45,70	28,02	50,01	29,38
18	16,00	38,41	52,69	31,13	47,69	28,02	51,82	29,50
19	16,95	38,10	54,41	30,99	49,59	28,03	53,65	29,60
20	17,97	37,80	56,05	30,85	51,41	28,02	55,54	29,70
21	19,02	37,53	57,60	30,73	53,19	28,01	57,52	29,79
22	20,03	37,28	59,07	30,60	54,97	27,99	59,61	29,89
23	20,98	37,05	60,48	30,46	56,79	27,96	61,82	29,99
24	21,85	36,82	61,88	30,31	58,69	27,92	64,12	30,10
25	22,64	36,59	63,31	30,15	60,71	27,87	66,49	30,25
26	23,37	36,36	64,80	29,98	62,85	27,83	68,85	30,42
27	24,07	36,11	66,40	29,80	65,13	27,80	71,14	30,63
28	24,78	35,86	68,15	29,62	67,52	27,79	73,28	30,86
29	25,54	35,59	70,05	29,45	69,96	27,82	75,23	31,09
30	26,41	35,30	72,09	29,29	72,38	27,87	77,00	31,33
31	27,41	35,01			74,68	27,96	78,66	31,54

Double passage inférieur le 7 mai.

Éphéméride de la Polaire – 2023
Passage supérieur au méridien international (suite et fin)

Date	Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
	α	δ	α	δ	α	δ	α	δ
	3 h 02 min	89° 21'	3 h 03 min	89° 21'	3 h 03 min	89° 21'	3 h 03 min	89° 22'
	s	"	s	"	s	"	s	"
1	20,31	31,72	13,29	39,03	48,92	49,47	54,39	1,01
2	22,06	31,87	14,97	39,28	49,84	49,86	53,84	1,40
3	23,97	32,01	16,74	39,55	50,62	50,26	53,18	1,78
4	26,03	32,16	18,51	39,85	51,25	50,67	52,44	2,14
5	28,21	32,32	20,22	40,17	51,72	51,08	51,67	2,47
6	30,44	32,50	21,83	40,51	52,06	51,48	50,90	2,79
7	32,65	32,71	23,30	40,87	(1)	(1)	50,18	3,10
8	34,80	32,94	24,63	41,23	52,67	52,60	49,55	3,39
9	36,85	33,19	25,83	41,59	52,87	52,94	49,00	3,68
10	38,78	33,45	26,92	41,94	53,13	53,27	48,55	3,98
11	40,58	33,71	27,93	42,28	53,49	53,60	48,15	4,30
12	42,27	33,97	28,91	42,60	53,94	53,93	47,75	4,63
13	43,87	34,23	29,90	42,91	54,46	54,27	47,27	4,99
14	45,42	34,47	30,95	43,21	55,01	54,63	46,63	5,37
15	46,96	34,71	32,07	43,51	55,53	55,02	45,79	5,75
16	48,54	34,92	33,29	43,80	55,93	55,43	44,75	6,12
17	50,19	35,14	34,60	44,10	56,16	55,86	43,55	6,47
18	51,93	35,34	35,98	44,42	56,19	56,29	42,27	6,79
19	53,78	35,56	37,36	44,77	56,04	56,71	41,00	7,08
20	55,72	35,78	38,69	45,14	55,76	57,11	39,81	7,34
21	57,72	36,03	39,90	45,53	55,42	57,48	38,75	7,59
22	59,72	36,31	40,95	45,94	55,10	57,82	37,81	7,83
23	61,67	36,61	41,80	46,36	54,88	58,14	36,96	8,08
24	63,48	36,94	42,48	46,76	54,80	58,46	36,14	8,35
25	65,13	37,28	43,05	47,14	54,83	58,77	35,29	8,63
26	66,58	37,63	43,60	47,49	54,94	59,10	34,34	8,93
27	67,88	37,95	44,21	47,82	55,05	59,46	33,26	9,24
28	69,11	38,26	44,96	48,13	55,10	59,83	32,02	9,55
29	70,37	38,53	45,85	48,44	55,02	60,22	30,64	9,86
30	71,75	38,78	46,85	48,76	54,78	60,61	29,12	10,15
31			47,90	49,10			27,52	10,42

(1) Double passage supérieur le 7 novembre :

$\alpha = 3 \text{ h } 03 \text{ min } 52,31 \text{ s}$, $\delta = 89^\circ 21' 51,87''$ et $\alpha = 3 \text{ h } 03 \text{ min } 52,50 \text{ s}$, $\delta = 89^\circ 21' 52,24''$.

ANNEXES

Ces annexes donnent les éléments suivants :

- *Les coordonnées terrestres et rectangulaires des principales villes de France ;*
- *La liste des observatoires astronomiques ;*
- *La liste des personnels de l'IMCCE ;*
- *La liste des membres du Bureau des longitudes.*

**COORDONNÉES TERRESTRES ET RECTANGULAIRES
DES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE**

Le tableau suivant donne les coordonnées terrestres et rectangulaires des principales villes de France. Ces données ont été fournies par l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) et sont obtenues par transformation des coordonnées planes Lambert de la nouvelle triangulation de la France, établie sur l'ellipsoïde de Clarke 1880 français.

Pour tenir compte de l'altitude du lieu d'observation, on ajoutera aux coordonnées rectangulaires ($\rho \cos \varphi'$ et $\rho \sin \varphi'$) les quantités $(h/a) \cos \varphi$ et $(h/a) \sin \varphi$, respectivement, où h est l'altitude, a le rayon de la Terre et φ la latitude.

Ces valeurs sont calculées à l'aide des formules suivantes :

$$\rho \cos \varphi' = \cos u + \frac{h}{a} \cos \varphi$$

$$\rho \sin \varphi' = (1 - f) \sin u + \frac{h}{a} \sin \varphi$$

avec :

$$\tan u = (1 - f) \tan \varphi$$

où f est l'aplatissement de l'ellipsoïde utilisé, l'IERS 2003 recommande de prendre $f = 1/298,25642$.

**COORDONNÉES TERRESTRES ET RECTANGULAIRES
DES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE**

Villes	Latitude		Longitude	$\rho \sin \varphi'$	$\rho \cos \varphi'$	Observation
	°	'				
Ajaccio	41	55	34 57 E	0,664 57	0,745 23	Cathédrale
Amiens	49	54	9 13 E	0,761 29	0,645 39	Cathédrale
Angers	47	28	2 13 O	0,733 29	0,677 25	Préfecture
Bastia	42	41	37 49 E	0,674 45	0,736 25	Église Ste-Maria
Besançon	47	14	24 06 E	0,730 53	0,680 24	Église St-Pierre
Bordeaux	44	50	2 18 O	0,701 50	0,710 34	Cathédrale St-André
Brest	48	23	17 57 O	0,743 99	0,665 39	Église St-Louis
Caen	49	11	1 29 O	0,753 18	0,654 90	Église St-Étienne
Clermont-Ferrand	45	47	12 21 E	0,713 14	0,698 58	Cathédrale
Dijon	47	19	20 08 E	0,731 52	0,679 18	Cathédrale Ste-Bénigne
Grenoble	45	11	22 57 E	0,705 81	0,706 03	Palais des expositions
Le Havre	49	30	0 09 E	0,756 78	0,650 71	Hôtel de ville
Le Mans	48	01	0 48 E	0,739 73	0,670 16	Cathédrale
Lille	50	38	12 17 E	0,769 47	0,635 55	Hôtel de ville
Limoges	45	50	5 04 E	0,713 74	0,697 95	Cathédrale
Lyon	45	46	19 20 E	0,712 93	0,698 78	Hôtel de ville
Marseille	43	17	21 29 E	0,682 09	0,729 12	Basilique N.-D. de la Garde
Metz	49	07	24 42 E	0,752 42	0,655 78	Cathédrale
Montpellier	43	37	15 30 E	0,686 31	0,725 13	Église La Ville St-Pierre
Mulhouse	47	45	29 21 E	0,736 62	0,673 60	Église, rue de la Sine
Nancy	48	42	24 45 E	0,747 65	0,661 25	Cathédrale
Nantes	47	13	6 12 O	0,730 33	0,680 46	Cathédrale, cours St-Pierre
Nice	43	44	29 12 E	0,687 78	0,723 72	Observatoire
Nîmes	43	50	17 27 E	0,689 03	0,722 52	Église St-Baudille
Orléans	47	54	7 38 E	0,738 37	0,671 67	Cathédrale
Paris	48	50	9 21 E	0,749 18	0,659 50	Observatoire
Perpignan	42	42	11 35 E	0,674 66	0,736 05	Cathédrale St-Jean
Reims	49	15	16 08 E	0,753 94	0,654 02	Cathédrale N.-D.
Rennes	48	07	6 41 O	0,740 90	0,668 86	Église N.-D.
Roubaix	50	40	12 41 E	0,769 10	0,636 00	Hôtel de ville
Rouen	49	26	4 23 E	0,756 03	0,651 59	Cathédrale
Saint-Étienne	45	27	17 57 E	0,709 07	0,702 73	Église St-Charles
Strasbourg	48	35	31 00 E	0,746 30	0,662 78	Cathédrale
Toulon	43	07	23 44 E	0,679 97	0,731 11	Hôtel de ville
Toulouse	43	37	5 46 E	0,686 31	0,725 13	Église St-Sernin
Tours	47	24	2 47 E	0,732 50	0,678 11	Cathédrale

OBSERVATOIRES ASTRONOMIQUES

La liste suivante donne l'altitude et les coordonnées terrestres des observatoires les plus connus.

Pays	Désignation	Code IAU	Alt.	Latitude	Longitude
			m	° ' S	° ' E
Afrique du Sud	LE CAP	51	18	33 56,0 S	18 28,6 S
Algérie	BOUZARÉHA, Alger	8	345	36 48,1 N	3 02,1 E
Allemagne	ARCHENHOLD, Berlin	604	41	52 29,2 N	13 28,7 E
	BERGEDORF, Hambourg	29	45	53 28,8 N	10 14,4 E
	EFFELSBERG (Max Planck Inst.)	–	369	50 31,5 N	6 51,2 E
	HEIDELBERG (Obs. Nat.)	24	570	49 23,9 N	8 43,3 E
	MUNICH (Univ.)	532	529	48 08,8 N	11 36,5 E
	POTSDAM	42	100	52 22,9 N	13 04,0 E
	SONNEBERG	31	640	50 22,7 N	11 11,6 E
	WILLHELM-FOERSTER, Berlin	544	78	52 28,5 N	13 25,5 E
Argentine	BUENOS AIRES, (Obs. Naval)	834	6	34 36,3 S	58 26,1 O
Australie	MOUNT STROMLO, Canberra	414	767	35 19,2 S	149 00,5 E
	PARKES	–	392	33 00,0 S	148 15,7 E
	SIDING SPRING	413	1145	31 16,6 S	149 04,0 E
	SYDNEY	420	44	33 51,7 S	151 12,3 E
Autriche	GRAZ (Univ.)	580	375	47 03,5 N	15 30,0 E
	VIENNE (Univ.)	45	241	48 13,9 N	16 20,3 E
Belgique	BRUXELLES	–	147	50 50,3 N	4 38,2 E
	UCCLE	12	105	50 47,9 N	4 21,5 E
Brésil	BRASOPOLIS, Itajubá	874	1836	22 32,1 S	45 34,8 O
	RIO DE JANEIRO (Obs. Nat.)	880	33	22 53,7 S	43 13,4 O
	VALINHOS	860	877	23 00,2 S	46 57,9 O
Bulgarie	SMOLYAN	71	–	41 39,5 N	24 43,2 E
Chili	CERRO LA SILLA (ESO)	809	2347	29 15,4 S	70 43,8 O
	CERRO PARANAL (ESO)	309	2635	24 37,5 S	70 24,2 O
	CERRO TOLOLO (Inter-Amer.)	807	2215	30 10,1 S	70 48,4 O
Chine	MONTAGNE POURPRE, Nanking	330	367	32 04,0 N	118 49,3 E
	SHAHO STATION, Pékin	324	45	40 06,1 N	116 19,7 E
Danemark	COPENHAGUE	35	14	55 41,2 N	12 34,7 E
Égypte	HELWÂN	87	116	29 51,5 N	31 20,5 E
Espagne	CALAR ALTO	493	2168	37 13,4 N	2 32,2 O
	LA PALMA, Canaries	950	2326	28 45,6 N	17 52,9 O
	MADRID	990	670	40 24,5 N	3 41,3 O
	SAN FERNANDO (Nav.)	983	27	36 27,7 N	6 12,3 O

OBSERVATOIRES ASTRONOMIQUES (suite)

Pays	Désignation	Code UAI	Alt.	Latitude	Longitude
			m	° /	° /
États-Unis	ALLEGHENY, Pittsburgh, Penn.	778	380	40 29,0 N	80 01,3 O
	FLAGSTAFF, Arizona : U.S. Naval Obs.	689	2316	35 11,0 N	111 44,4 O
	LOWELL	690	2219	35 12,1 N	111 39,8 O
	GREEN BANK, West Virginia	–	827	38 26,0 N	79 50,4 O
	HARVARD, Cambridge, Massachusetts	802	24	42 22,8 N	71 07,8 O
	KITT PEAK, AZ	691	2120	31 57,8 N	111 36,0 O
	LICK, Mount Hamilton, CA	662	1290	37 20,4 N	121 38,7 O
	MAUNA KEA, Hawaï	568	4215	19 49,6 N	155 28,3 O
	Mc DONALD, Mount Locke, Texas	711	2075	30 40,3 N	104 01,3 O
	MOUNT PALOMAR, CA	675	1706	33 21,4 N	116 51,8 O
	MOUNT WILSON, CA	672	1742	34 13,0 N	118 03,6 O
	WASHINGTON (U.S. Naval Obs.)	786	92	38 55,2 N	77 03,9 O
	WHIPPLE, Mount Hopkins, AZ	696	2608	31 41,3 N	110 53,1 O
	YERKES, William Bay, Wisconsin	754	334	42 34,2 N	88 33,4 O
Finlande	HELSINKI (Univ.)	569	33	60 09,3 N	24 57,5 E
France	BESANÇON	16	312	47 15,0 N	5 59,4 E
	BORDEAUX, Floirac	999	73	44 50,1 N	0 31,6 O
	CÔTE D'AZUR, CALERN, Caussols	10	1270	43 44,9 N	6 55,6 E
	NICE, mont Gros	20	372	43 43,3 N	7 18,0 E
	HAUTE-PROVENCE, St-Michel	511	665	43 53,6 N	5 42,6 E
	GRENOBLE, Plateau de Bure	–	2552	44 38,0 N	5 54,5 E
	LYON, St-Genis-Laval	513	299	45 41,7 N	4 47,1 E
	MARSEILLE (univ. Aix-Marseille 1)	14	75	43 18,3 N	5 23,6 E
	MEUDON	5	162	48 48,3 N	2 13,9 E
	MIDI-PYRÉNÉES, pic du Midi	586	2861	42 56,2 N	0 08,5 E
	Toulouse	4	195	43 36,7 N	1 27,7 E
	NANÇAY	–	150	47 22,8 N	2 11,8 E
PARIS	7	67	48 50,2 N	2 20,2 E	
STRASBOURG	522	169	48 35,0 N	7 46,1 E	
<i>Participation française</i>					
	CERRO LA SILLA (ESO), Chili	809	2347	29 15,4 S	70 43,8 O
	CERRO PARANAL (ESO), Chili	309	2635	24 37,5 S	70 24,2 O
	MAUNA KEA (CFHT), Hawaï	568	4215	19 49,6 N	155 28,3 O
Grèce	ATHÈNES	66	110	37 58,3 N	23 43,0 E
Hongrie	KONKOLY, Budapest	53	474	47 30,0 N	18 57,9 E
Inde	KAVALUR, Bangalore	220	725	12 34,6 N	78 49,6 E
Israël	WISE DE MITZPE-RAMON	97	874	30 35,7 N	34 45,8 E

OBSERVATOIRES ASTRONOMIQUES (suite et fin)

Pays	Désignation	Code UAI	Alt.	Latitude	Longitude
			m	° /	° /
Italie	COLLURANIA, Teramo	37	388	42 39,4 N	13 44,0 E
	PADOUE	533	38	45 24,0 N	11 52,3 E
	PALERME (Univ.), Sicile	535	72	38 06,7 N	13 21,5 E
	SERRA LA NAVE, Catane, Sicile.	559	1735	37 37,1 N	14 58,8 E
	TURIN, Pino Torinese	22	622	45 02,3 N	7 46,5 E
Japon	DODAIRA	387	879	36 00,4 N	139 11,7 E
	KWASAN, Kyoto	377	221	34 59,7 N	135 47,6 E
	MITAKA-SHI, Tokyo	388	58	35 40,3 N	139 32,5 E
	TOKYO (Hydr.)	389	41	35 39,3 N	139 44,7 E
Lituanie	VILNIUS	70	122	54 41,0 N	25 17,2 E
Mexique	SAN PEDRO MARTIR	679	2830	31 02,6 N	115 27,8 O
N ^{lle} -Zélande	MOUNT JOHN, Lake Tekapo	474	1018	43 59,3 S	170 27,9 E
Pays-Bas	LEIDEN	13	12	52 09,3 N	4 29,0 E
	SONNENBORGH, Utrecht	15	0	52 05,2 N	5 07,8 E
Pologne	CRACOVIE (Univ.)	55	225	50 03,9 N	19 57,6 E
	POZNAN (Univ.)	47	85	52 23,9 N	16 52,7 E
	BRESLAU	547	116	51 06,9 N	17 02,2 E
	TORUN-PIWNICE	92	94	53 05,8 N	18 33,3 E
Porto Rico	ARECIBO	251	496	18 20,6 N	66 45,2 O
Portugal	LISBONNE	971	111	38 42,7 N	9 11,2 O
Rép. Tchèque	PRAGUE (Univ. Charles)	541	267	50 04,6 N	14 23,7 E
Roumanie	BUCAREST	73	81	44 24,8 N	26 05,8 E
Royaume-Uni	CAMBRIDGE	503	52	52 12,9 N	0 05,7 E
	EDINBURGH, Écosse	–	146	55 56,0 N	3 11,0 E
	HERSTMONCEUX (RGO)	501	31	50 52,2 N	0 20,8 E
	STAKENBRIDGE	494	69	52 24,8 N	2 09,8 O
	OXFORD (Univ.), Oxford	996	64	51 45,6 N	1 15,1 O
Russie	PULKOVO	84	75	59 46,3 N	30 19,6 E
	STERNBERG, Moscou	105	195	55 45,3 N	37 34,2 E
	ST-PETERSBOURG (Univ.)	584	3	59 56,5 N	30 17,7 E
	ZELENCHUKSKAYA	115	2100	43 39,2 N	41 26,5 E
Suède	LUND (Obs. Roy. Univ.)	39	34	55 41,9 N	13 11,2 E
	SALTSJÖBADEN, Stockholm	52	60	59 16,3 N	18 18,5 E
	UPPSALA-KVISTABERG	49	21	59 30,0 N	17 36,4 E
Suisse	GENÈVE	517	472	46 18,7 N	6 08,2 E
	OBERWICHTRACH	622	439	46 38,7 N	7 34,1 E
	ZURICH	–	469	47 22,7 N	8 33,1 E
Turquie	ISTANBUL (Univ.)	80	65	41 00,8 N	28 58,0 E

INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

77, avenue Denfert-Rochereau, 75 014 Paris

www.imcce.fr

Renseignements astronomiques : scar.imcce@obspm.fr

L'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides, anciennement Service des calculs et de mécanique céleste du Bureau des longitudes, a en charge l'élaboration et la diffusion de l'*Annuaire* en concertation avec le Bureau des longitudes. Cet institut de l'Observatoire de Paris est également une Unité mixte de recherche du CNRS (UMR 8028), intégrée à PSL Research University et associée aux universités UPMC – Sorbonne Université et université de Lille – sciences et technologies. L'IMCCE intègre dans l'*Annuaire* les évolutions récentes sur les systèmes de référence et les échelles de temps, l'adoption par l'Union astronomique internationale (UAI) de nouvelles constantes astronomiques et, bien sûr, les évolutions sur les éphémérides. L'IMCCE élabore en particulier les théories de haute précision pour les éphémérides planétaires et la dynamique des corps du Système solaire (Soleil, Lune, planètes, planètes naines, petits corps et satellites...) et les prédictions diverses qui s'y rapportent. L'*Annuaire*, comme les autres publications élaborées par l'IMCCE, comprend ainsi des éphémérides originales issues des activités de recherche de l'IMCCE.

Composition au 1^{er} septembre 2022

Direction

<i>Directeur</i>	<i>Directeur adjoint</i>
Philippe ROBUTEL	Florent DELEFLIE

Corps des astronomes et astronomes adjoints

<i>Astronomes</i>	<i>Astronomes adjoints</i>	
Jean-Eudes ARLOT (émérite)	Pierre AUCLAIR-DESROTOUR	Lucie MAQUET
Daniel HESTROFFER	Florent DELEFLIE	Jérémy VAUBAILLON
Valéry LAINEY	Pascal DESCAMPS	
William THUILLOT (émérite)		

Corps des chercheurs du CNRS

<i>Directeurs de recherche</i>	<i>Chargés de recherche</i>	
François COLAS	Alain ALBOUY	Melaine SAILLENFEST
Jacques LASKAR	Kévin BAILLIÉ	David SAUZIN
Philippe ROBUTEL		

Corps des enseignants-chercheurs des universités*Professeurs*

Alain CHENCINER (émérite)
 Jacques FÉJOZ
 Alain VIENNE

Maîtres de conférence

Gwenaël BOUÉ Nicolas RAMBAUX
 Marc FOUCHARD Stéfan RENNER
 Laurent NIEDERMAN

Corps des enseignants-chercheurs (autres établissements)

Josselin DESMARS

Vincent ROBERT

Corps des ingénieurs et techniciens du CNRS*Ingénieurs de recherche*

Jérôme BERTHIER
 Mickaël GASTINEAU
 Frédéric VACHIER

Ingénieurs d'études

Sem BENDJEDDOU
 Pedro DAVID
 Hervé MANCHE

Assistants ingénieurs

Amélie MUSLEWSKI

Techniciens

Nevada MENDÈS

Corps des ingénieurs et techniciens de recherche et de formation*Ingénieurs de recherche*

Frédéric DAUVERGNE

Ingénieurs d'études

Pierre DEMONTI (CDD) Eliaz PITAVY (CDD)
 Sylvie LEMÂÎTRE-POTTIER Sacha REDEL (CDD)
 Jonathan NORMAND Stéphane VAILLANT

Assistants ingénieurs

Lusine AMIRKHANYAN (CDD)

Techniciens

Maïder BUGNON OLANO
 Fernanda DA COSTA (CDD)
 Yohann GOMINET

Doctorants pour l'année 2022

Guy BERTRAND
 Ariane COURTOT
 Jeremy COUTURIER
 Julien DUBOUIL

Mohammad FARHAT
 Nam HOANG
 Anne-Charlotte PERLBARG
 Salma SYLLA

Julie VERMERSCH
 Daniel VILLEGAS PINTO

Postdoctorants pour l'année 2022

Daniel BAGUET

Federico MOGAVERO

Matthias SINNESAEEL

BUREAU DES LONGITUDES

23 quai de Conti, 75 006 Paris

Tél. 01 43 26 59 02

contact@bureau-des-longitudes.fr – <https://site.bdlg.fr/>

Le Bureau des longitudes a été institué par la Convention nationale avec la loi du 7 messidor An III (25 juin 1795) dans le but de perfectionner les méthodes astronomiques de navigation. Il contribue depuis au développement de l'astronomie, de la géophysique et de sciences annexes et a la responsabilité des éphémérides astronomiques nationales. Il fonctionne actuellement comme une académie dans le domaine des sciences de l'Univers et se compose (décret du 8 janvier 1970) de 13 membres titulaires, de membres en service extraordinaire, qui représentent des organismes dont les activités recoupent celles du Bureau des longitudes, et de 32 correspondants, au nombre desquels peuvent figurer des savants étrangers.

La responsabilité scientifique des éphémérides astronomiques nationales relève donc toujours des missions du Bureau des longitudes, tandis que les calculs et les théories sur lesquelles se fondent les éphémérides sont élaborés à l'IMCCE de l'Observatoire de Paris.

Bureau de l'année 2022

<i>Président</i>	<i>Vice-président</i>	<i>Secrétaire</i>
François MIGNARD	LUC BLANCHET	Elisa Felicitas ARIAS

Membres titulaires, par ordre de nomination, pour l'année 2022

Nicole CAPITAINE

Correspondant de l'Académie des sciences, astronome émérite, Observatoire de Paris

Jean-Louis LE MOUËL*

Membre de l'Académie des sciences, physicien émérite, Institut de physique du globe de Paris

Suzanne DÉBARBAT

Astronome titulaire honoraire, Observatoire de Paris

Jean-Paul POIRIER*

Membre de l'Académie des sciences, physicien émérite, Institut de physique du globe de Paris

François BARLIER

Astronome émérite, Observatoire de la Côte d'Azur

Pierre BAÜER

Directeur de recherche émérite au CNRS, Centre national de recherches météorologiques

* Au titre de l'Académie des sciences

Noël DIMARCQ

*Directeur de recherche CNRS,
vice-président « recherche et innovation » d'Université Côte d'Azur*

Jacques LASKAR*

*Membre de l'Académie des sciences, directeur de recherche au CNRS,
ancien directeur de l'IMCCE, Observatoire de Paris*

Claude BOUCHER

*Ingénieur général des Ponts, eaux et forêts, Conseil général de l'environnement
et du développement durable (C.R.)*

François MIGNARD

Directeur de recherche émérite au CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur

Anny CAZENAVE

Membre de l'Académie des sciences, directrice adjointe du LEGOS, Observatoire Midi-Pyrénées

Françoise COMBES

*Membre de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France, titulaire de la chaire
Galaxies et Cosmologie, astrophysicienne à l'Observatoire de Paris (LERMA)*

Luc BLANCHET

Directeur de recherche au CNRS, Institut d'astrophysique de Paris

Membres en service extraordinaire

Marie-Françoise LEQUENTREC-LALANCETTE

*Géophysicienne, directrice technique de la recherche et de l'innovation,
Service hydrographique et océanographique de la Marine, Brest*

Mioara MANDEA

*Sous-directrice « Coordination scientifique »,
direction de la stratégie au CNES*

Anne-Marie MAINGUY

Haute conseillère à l'ONERA, présidente de l'Académie de l'air et de l'espace

Hervé ROQUET

Directeur adjoint de la recherche à Météo-France

Patrick GEISTDOERFER

Directeur de recherche honoraire au CNRS, océanographe, membre de l'Académie de marine

Florent DELEFLIE

Astronome adjoint à l'IMCCE, directeur adjoint de l'IMCCE, Observatoire de Paris

* Au titre de l'Académie des sciences

Membres correspondants

Jean-Claude DUPLESSY

*Membre de l'Académie des sciences, directeur de recherche au CNRS,
laboratoire des sciences du climat et de l'environnement*

Jean-Eudes ARLOT

*Astronome émérite de l'Observatoire de Paris,
ancien directeur de l'IMCCE*

Viktor BRUMBERG

Professeur à l'Institut d'astronomie appliquée, St-Petersbourg

Georges BALMINO

*Directeur de recherche, Groupe de recherche de géodésie spatiale,
Observatoire Midi-Pyrénées, ingénieur émérite au CNES*

Michel CRÉPON

Directeur de recherche au CNRS, Institut Pierre-Simon-Laplace

Pascal WILLIS

*Ingénieur général des Ponts, eaux et forêts, Institut national de l'information géographique
et forestière, Institut de physique du globe de Paris*

Sylvio FERRAZ-MELLO

Professeur à l'université de São Paulo

Elisa Felicitas ARIAS

*Visiteur longue durée à l'Observatoire de Paris, SYRTE, ancienne directrice
du département du temps du Bureau international des poids et mesures*

Christophe SOTIN

Professeur, université de Nantes

José ACHACHE

*Professeur, ancien directeur du secrétariat du Group on Earth Observation,
président d'Altyn et directeur d'AP-Swiss*

Yves DESNOËS

*Ingénieur général de l'Armement, président de l'Académie de marine,
ancien directeur général du service hydrographique et océanographique de la Marine, Brest*

Frédérique RÉMY

Directeur de recherche au CNRS, Observatoire Midi-Pyrénées

Véronique DEHANT

Géophysicienne, chef de section, Observatoire royal de Belgique

Michel DIAMENT

Physicien, Institut de physique du globe de Paris

Alessandro MORBIDELLI

Directeur de recherche au CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur

Terry QUINN

Directeur honoraire du Bureau international des poids et mesures

Patrick CHARLOT

*Directeur de recherche au CNRS, Observatoire aquitain des sciences de l'Univers,
ancien directeur du Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux*

Pierre BRIOLE

Directeur de recherche au CNRS, École normale supérieure

Marie-Françoise LEQUENTREC-LALANCETTE

*Géophysicienne, directrice technique de la recherche et de l'innovation,
Service hydrographique et océanographique de la Marine, Brest*

Jean PAILLEUX

*Ingénieur de la météorologie nationale, ancien responsable des recherches
et développements en prévision numérique du temps à Météo-France*

Agnès FIENGA

Astronome, Observatoire de la Côte d'Azur

Gilles REVERDIN

Directeur de recherche au CNRS, Institut Pierre-Simon-Laplace

Valérie MASSON-DELMOTTE

Directeur de recherche au CEA

Zuheir ALTAMIMI

Directeur de recherche à l'IGN, Institut de physique du globe de Paris

Gilles MÉTRIS

Astronome, directeur adjoint du laboratoire Géoazur, Observatoire de la Côte d'Azur

Gauthier HULOT

Directeur de recherche au CNRS, Institut de physique du globe de Paris

Athéna COUSTENIS

*Directrice de recherche au CNRS, Observatoire de Paris, CNRS, PSL, présidente du comité
CERES du CNES, du comité des sciences spatiales européen, du panel pour la protection
planétaire du COSPAR et du comité HESAC de l'Agence spatiale européenne*

Mioara MANDEA

*Sous-directrice « Coordination scientifique »,
direction de la stratégie au CNES*

Arnaud LANDRAGIN

*Directeur de recherche au CNRS, directeur du laboratoire Systèmes de référence temps-espace
(SYRTE), Observatoire de Paris – Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, LNE*

Membres correspondants honoraires

Annie SOURIAU-THEVENARD

Directrice de recherche émérite au CNRS, Observatoire Midi-Pyrénées

Jean-Louis SIMON

Astronome, IMCCE

Secrétaire administrative

Pascale CARPENTIER

INDEX

A

- Aberration, 39.
- Albédo de Bond, 63.
- Amas d'étoiles, 360.
- Angle de rotation de la Terre (ERA), 32, 33, 39, 44, 75, 76, 77, 129.
- Année
 - abondante, 11.
 - anomalistique, 42.
 - bissextile, 9.
 - commune, 9.
 - draconitique, 42.
 - sidérale, 41, 42.
 - tropique, 41, 42.
- Année-lumière, 57, 61.
- Aube, 88.
- Aurore, 88.

C

- Calendriers, 7, 9.
 - calendrier chinois, 19.
 - calendrier copte, 10.
 - calendrier grégorien, 10.
 - calendrier hébraïque, 12.
 - calendrier hégirien, 11.
 - calendrier julien, 9.
 - calendrier perpétuel, 26.
 - calendrier républicain, 17.
 - calendrier vietnamien, 20.

- concordance des calendriers, 18.

Coordonnées

- apparentes, 39.
- écliptiques, 32, 34, 36.
- équatoriales célestes, 31, 32, 33, 34.
- horaires, 31, 32, 33, 34.
- horizontales, 30, 31, 33, 34.
- intermédiaires, 36.
- moyennes, 36, 94.
- terrestres, 32, 33, 34, 35.
- vraies, 36.

Crépuscule, 88.

- astronomique, 88, 92.
- civil, 88, 89.
- nautique, 88, 91.

E

Équation

- des équinoxes, 36.
- des origines, 31, 34.
- du centre, 41.

I

- Indice de couleur, 60.

J

- Jour, 87.
 - julien modifié, 9.
 - polaire, 87.

M

- Magnitude, 59.
– absolue, 61.
– photographique, 60.
– visuelle, 60.

N

- Nadir, 29.
Nuit polaire, 87.
Nutation, 36, 39, 45.

O

- Obliquité, 34, 41.
Origine céleste intermédiaire (CIO), 31.

P

- Parallaxe, 57, 61.
Parsec, 57.
Période julienne, 7, 8, 9.
Précession, 36, 39, 41, 45.

R

- Rayon équatorial terrestre, 57, 254.
Réfraction, 39, 40.

S

- Spectres, 60.
Sphère céleste, 29.

T

- Temps
– atomique international, 44, 45.
– civil, 42.
– coordonnée barycentrique, 45.
– des éphémérides, 47.
– dynamique barycentrique, 47.
– solaire vrai, 42.
– terrestre, 44.
– universel, 42, 43, 44, 45, 50.
– universel coordonné, 44, 45, 50.

U

- Unité astronomique, 57.

Z

- Zénith, 29.