

# La Connaissance des temps : un journal scientifique publié depuis 1679

## Épisode 6 : la prédiction des phénomènes

À côté des éphémérides de positions pour lesquelles la plus grande précision est requise, la CDT publie la prédiction des phénomènes astronomiques qui a besoin de cette précision pour être fiable. Ces phénomènes sont prédits à destination du public pour ce qui est très visible ou tout simplement utile dans la vie de tous les jours (levers et couchers du Soleil et de la Lune, phases de la Lune, éclipses) mais aussi pour les besoins des astronomes (préparer les observations) ou des navigateurs et des explorateurs (faire le point).

### Levers et couchers des astres

Les levers et couchers du Soleil sont les phénomènes les plus importants et les plus utiles pour la population, certaines activités n'étant autorisées que le Soleil étant levé. Se pose alors le problème lié au fait que les heures de lever et de coucher d'un astre dépendent du lieu. La CDT va publier ces horaires pour Paris avec des explications permettant d'en déduire les horaires pour une autre ville que l'on trouve dès la CDT pour 1679 sous l'intitulé « INSTRUCTION pour rendre les Tables du lever et coucher du Soleil et de la Lune générales pour toute la France, et autres pays qui sont dans le même Climat ». Certaines années, on donnera aussi la durée des crépuscules et des abaques seront publiés dans l'Annuaire du Bureau des longitudes dans ce but.

et crépuscules dans la CDT pour 1707

Les levers et couchers du Soleil seront publiés sans interruption de 1679 à 1979. Il est vrai qu'à partir de 1797, on trouvera ces mêmes données dans l'Annuaire du Bureau des longitudes. On trouvera aussi peu à peu d'autres données liées à ces phénomènes : l'azimut du Soleil au lever et au coucher et le passage au méridien. Les levers et couchers de la Lune et des planètes seront aussi fournis. Si les levers et couchers de Lune sont publiés jusqu'au volume pour 1979 de la CDT, en ce qui concerne les planètes, les levers et couchers ne seront plus publiés à partir de 1863 mais toujours les heures de passage au méridien, ce qui est d'ailleurs le plus utile pour les observateurs.

À noter que la précision des heures données a toujours été à la minute, ce qui est cohérent avec les possibilités d'observation du phénomène. À titre d'illustration, la figure 1, issue de la CDT pour 1707, donne les levers et couchers de Soleil pour quelques latitudes ainsi que les commencements et fins de crépuscule, pour le mois de janvier de l'an 1707.

JANVIER.		10							
Pour la Latitude de Bordeaux 44 degrés 50 minutes.	Jours.	Cōmencement du Crepuscule.		Lever du Soleil.		Coucher du Soleil.		Fin du Crepus- cule.	
		H.	M.	H.	M.	H.	M.	H.	M.
		1	5	49	7	37	4	23	6
6	5	47	7	34	4	26	6	13	
11	5	44	7	31	4	29	6	16	
16	5	40	7	26	4	34	6	20	
21	5	37	7	21	4	39	6	23	
26	5	32	7	15	4	45	6	28	

Table du Lever du ☉ pour les Latitudes suivantes.												
Jours.	42.		44.		46.		48.		50.		52.	
	H.	M.										
1	7	27	7	34	7	41	7	49	7	58	8	8
11	7	21	7	28	7	35	7	42	7	50	8	0
21	7	13	7	19	7	25	7	32	7	39	7	47

Table du Coucher du ☉ pour les mêmes Latitudes.												
Jours.	42.		44.		46.		48.		50.		52.	
	H.	M.										
1	4	33	4	26	4	19	4	11	4	2	3	52
11	4	39	4	32	4	25	4	18	4	10	4	0
21	4	47	4	41	4	35	4	28	4	21	4	13

FIGURE 1 – Levers et couchers de Soleil selon la latitude

### Phases de la Lune et configurations planétaires

Dès les premiers volumes de la CDT, les phases de la Lune sont indiquées ainsi que diverses configurations des planètes telles que conjonctions, quadratures, oppositions, passage à proximité d'étoiles brillantes et entrée dans les signes du zodiaque (appelée lieu de la Lune et des planètes). Les dates des phases de la Lune seules sont données jusqu'en 1729. De 1730 à 1759, les phases sont fournies avec le jour de la Lune comme le montre la figure 2 correspondant à la CDT pour 1730. À partir de 1760, seul le jour de la Lune est donné. Ces informations se retrouveront dans tous les volumes de la CDT jusqu'en 1979. Ces données sont destinées aux observateurs. D'ailleurs, dans les premiers volumes, il y a aussi des pages indiquant les observations à réaliser (par exemple dans la CDT pour 1768, on donne la liste des observations à réaliser chaque mois et les explications correspondantes).

Jours du mois.	Jours de la Lune.	PHASES de la LUNE.	SITUATION DES PLANETES entr'elles, & avec LES ÉTOILES FIXES.
1.	13.		♃ ♄ ♀
2.	14.		♃ ♄ ♀
3.	15.		♃, ét. epsil. omeg. II.
4.	16.	☾ Pleine	♃, ét. k. η. ♄ ♂ ♃. ♄ ét. delt. II
5.	17.	Lune le 4.	♃, ét. d. thet. delt. o. ♄. [ét. m. ♄.
6.	18.	à 9 <sup>h</sup> 48' du	♃, ét. ♂ & ♂.
7.	19.	matin. 13 <sup>d</sup>	♃, ét. A. ♂.
8.	20.	55' ♄.	♃, ét. d. p. ♂.
9.	21.		♃ ♄ ♀
10.	22.		♃, ét. q. η.
11.	23.		♃ ♄ ♀
12.	24.	♄ Dernier	♃, ét. theta η.
13.	25.	quart. le 12.	♃ ♄ ♀
14.	26.	à 3 <sup>h</sup> 14' du	♃, ét. b, A, pi, figm. cor. η.
15.	27.	matin. 21 <sup>d</sup>	♃, ét. delta ♂.
16.	28.	47' ♄.	♃ ♄ ♀
17.	29.		♃, ét. nu ♄.
18.	30.	☾ N. L.	♃, ét. o. ♄.
19.	1.	le 18. à 6 <sup>h</sup>	♃ ♄ ♀
20.	2.	51' du soir.	♃ ♄ ♀
21.	3.	28 <sup>d</sup> 22' ♄.	♃, ét. Kap. ♂.
22.	4.		♃, ét. Lambd. ♂.
23.	5.		♃, ♄, ♂.
24.	6.		♃, ét. ♂.
25.	7.		♃, ét. mu ♄.
26.	8.	☾ Premier	♃, ét. epsil. zet. tau ♄.
27.	9.	quart. le 26.	♃, ét. Pleiad. ét. Ki ♂.
28.	10.	à 0 <sup>h</sup> 3' du	
29.	11.	matin. 5 <sup>d</sup>	♃, ét. i. η.
30.	12.	54' ♄.	♃, ét. epsil. omeg. II.
31.	13.		♃, ét. delt. II.

FIGURE 2 – situation de la Lune et des planètes

### Les éclipses de Soleil et de Lune

Il est tout à fait naturel que les éclipses occupent une place de choix dans la CDT : la prédiction de ces phénomènes rares et spectaculaires est un défi depuis l'antiquité. Leur périodicité est analysée depuis des millénaires afin d'en prévoir la survenue à défaut d'une modélisation scientifique. Le monde de Ptolémée permet de prévoir les périodes où les éclipses peuvent survenir mais les instants exacts et les zones de visibilité restent inaccessibles. Avec les lois de Kepler, le mouvement des trois corps impliqués, les mouvements du Soleil, de la Lune et la Terre deviennent mieux connus mais la prédiction exacte des éclipses reste complexe. Une date importante : 1764 où se produira une éclipse annulaire visible à Paris. Dans la CDT pour 1764 (page 201), Lalande propose *Une nouvelle méthode de calcul pour calculer les éclipses de Soleil ou d'étoiles par la Lune*. Le calcul des zones de visibilité devient plus facile. Les méthodes mathématiques permettent le tracé de cartes. La première carte sera réalisée par Nicole-Reine

Lepaute de l'Académie royale des sciences de Béziers en 1764 mais sera publiée à part (voir la carte et les phases de l'éclipse observée à Paris).

### Les éclipses de Soleil

Dès le premier volume de la CDT, toutes les éclipses sont annoncées. La visibilité des éclipses de Lune est évidemment plus facile à donner puisqu'il suffit de voir la Lune. Les prédictions faites avec les tables Rudolphines sont utilisées de l'édition de 1695 (voir page 36, DES ECLIPSES DE L'ANNEE 1695 supputées par les tables Rudolphines) à l'édition pour 1701. Les données fournies pour les prédictions d'éclipses vont augmenter ainsi que la précision (figure 3).

Les cartes des zones de visibilité vont être d'abord fournies par les astronomes en dehors de la CDT telle la carte de visibilité de l'éclipse annulaire de 1764 visible à Paris établie par Nicole Lepaute. La première carte de visibilité publiée dans la CDT sera celle de l'éclipse

du 28 août 1802 (figure 4). À partir de là, des cartes seront jointes aux horaires des différentes phases des éclipses jusqu'en 1980 où les éclipses, comme tous les

phénomènes, ne seront publiés que dans l'Annuaire du Bureau des longitudes.

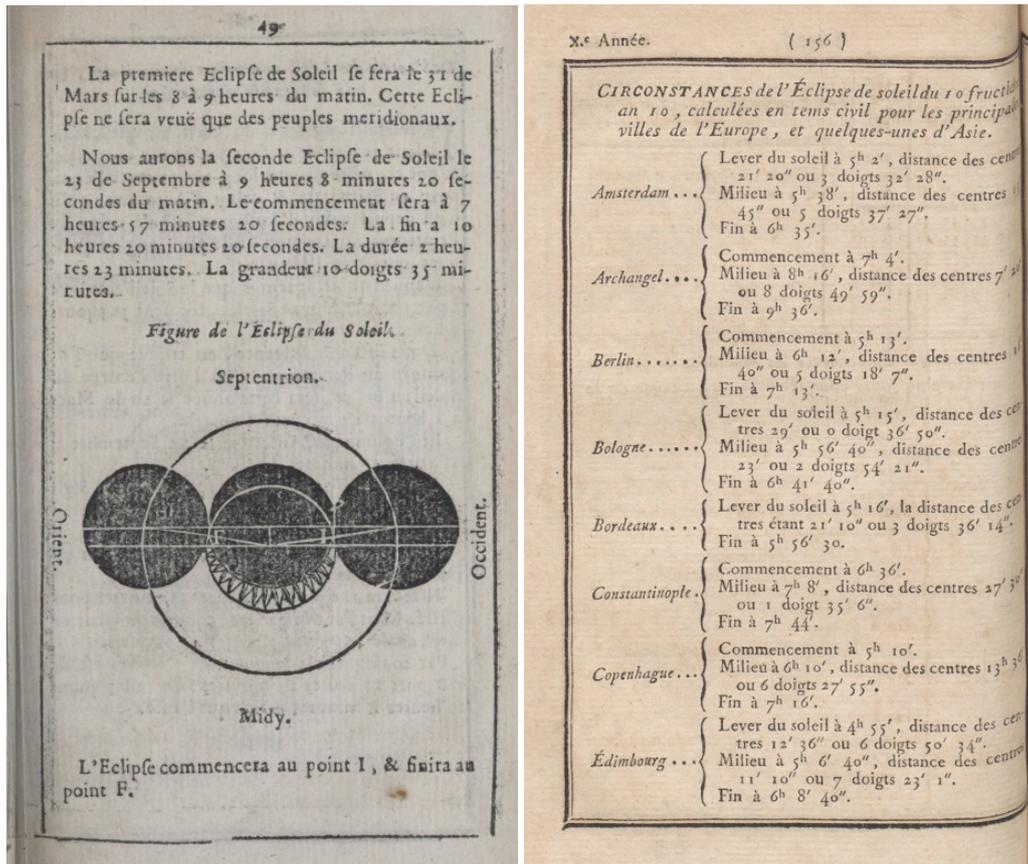


FIGURE 3 – À gauche la prédiction de l'éclipse de 1699 et à droite celle de l'éclipse de 1802 (accompagnée d'une carte, cf. figure 4)

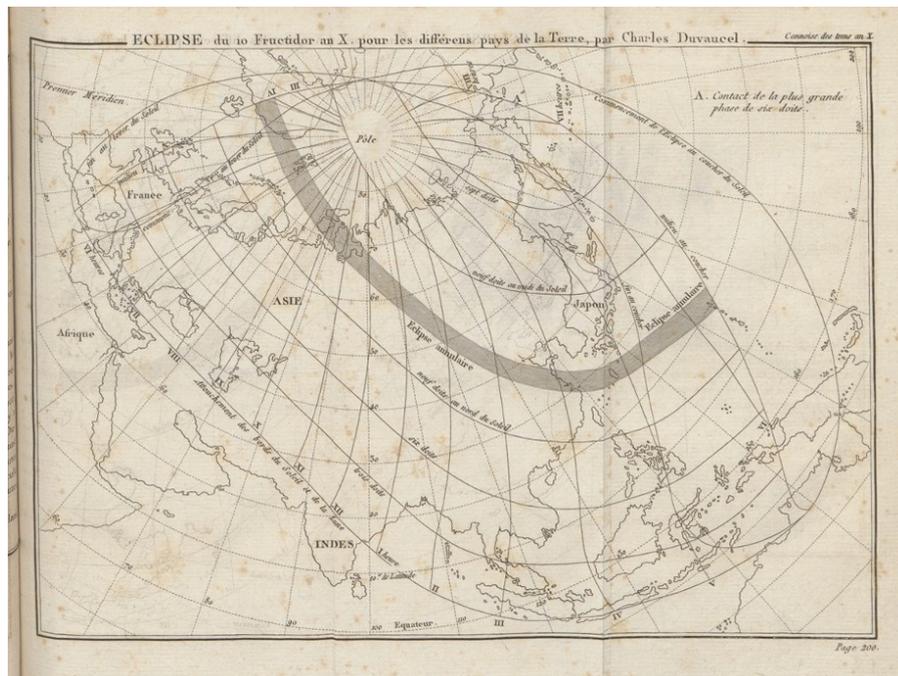


FIGURE 4 – Visibilité de l'éclipse du 28 août 1802 (10 Fructidor, an X)

## Les éclipses de Lune

La prédiction du phénomène est similaire à celle des éclipses de Soleil. Par contre la zone de visibilité est beaucoup plus simple à déterminer : il suffit de voir la Lune au moment de l'éclipse. La figure 3 du premier épisode montre la prédiction d'une éclipse de Lune dès la CDT pour 1679 (page 23). Les informations varieront peu d'année en année, le dessin de l'éclipse

sera remplacé par des valeurs numériques de tous les paramètres de l'éclipse comme le montre la figure 15 qui présente l'aspect de l'éclipse de Lune du 11 novembre 1715 et les éléments de l'éclipse de Lune du 8 février 1906. Les cartes de visibilité seront publiées exclusivement dans certains volumes de l'*Annuaire du Bureau des longitudes* (par exemple dans le volume pour 1974 à la page 76).

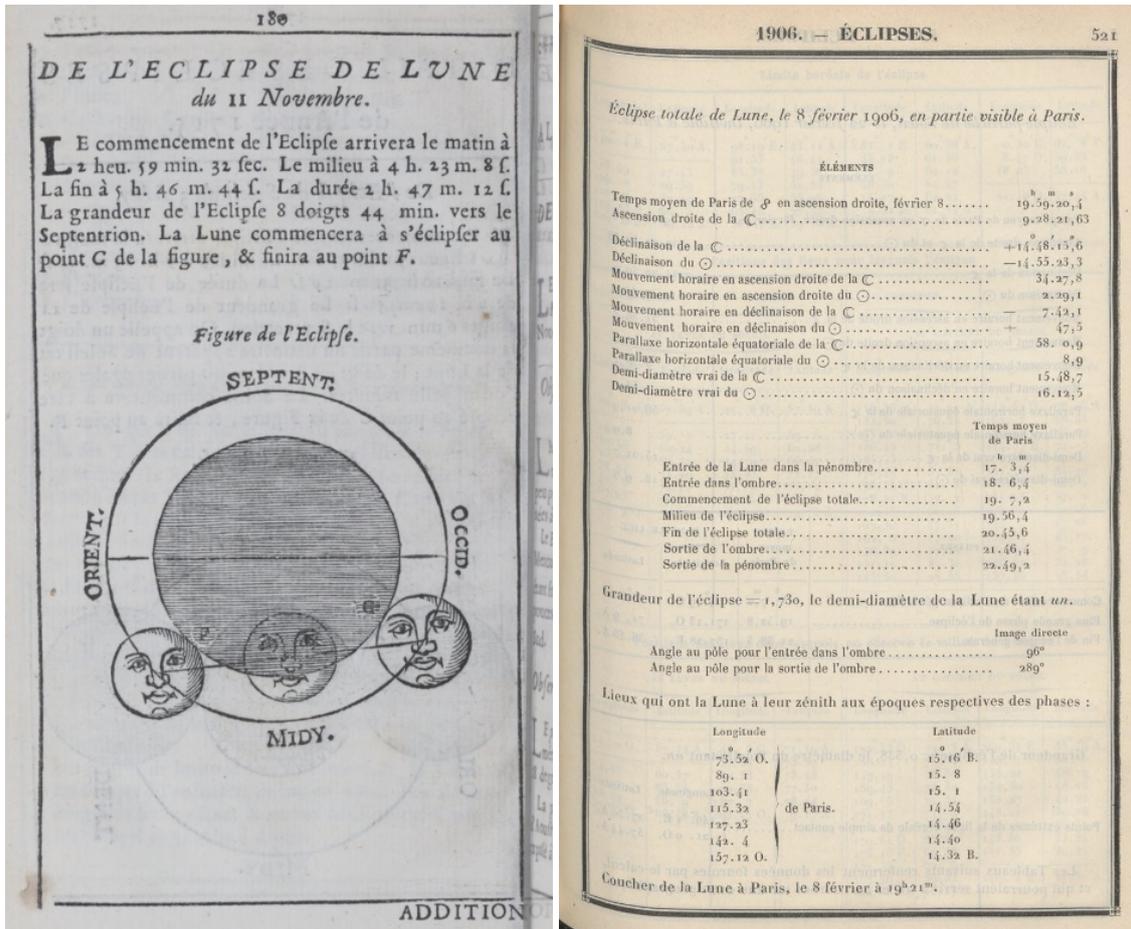


FIGURE 5 – À gauche l'éclipse de Lune du 11 novembre 1715 et à droite celle du 8 février 1906

## Les distances lunaires et les phénomènes des satellites de Jupiter

Les distances lunaires et les phénomènes des satellites de Jupiter ont été décrits dans l'épisode concernant la détermination des longitudes. Dans l'épisode sur les éphémérides des satellites galiléens, nous abordons également le problème de la prédiction des phénomènes de ces satellites.

## Les passages de Mercure et Vénus

Les passages de Mercure et Vénus devant le Soleil sont des phénomènes rares, difficilement observables par le grand public. Leur prédiction s'est faite à partir

du moment où on a compris l'intérêt qu'il y avait à les observer.

## Les passages de Mercure

Ils sont assez nombreux et ont été calculés et observés dès que Kepler a publié ses lois. Ces phénomènes, comme ceux de Vénus, devaient alors se produire si Kepler avait raison. Dans la CDT pour 1690, le passage de Mercure du 10 novembre n'est pas indiqué. La conjonction du Soleil et de Mercure est prévue pour le 6 novembre. Les passages seront confondus avec les conjonctions inférieures jusqu'en 1736 où le passage est prédit avec un dessin (figure 6). Tous les passages ultérieurs seront alors prédits.

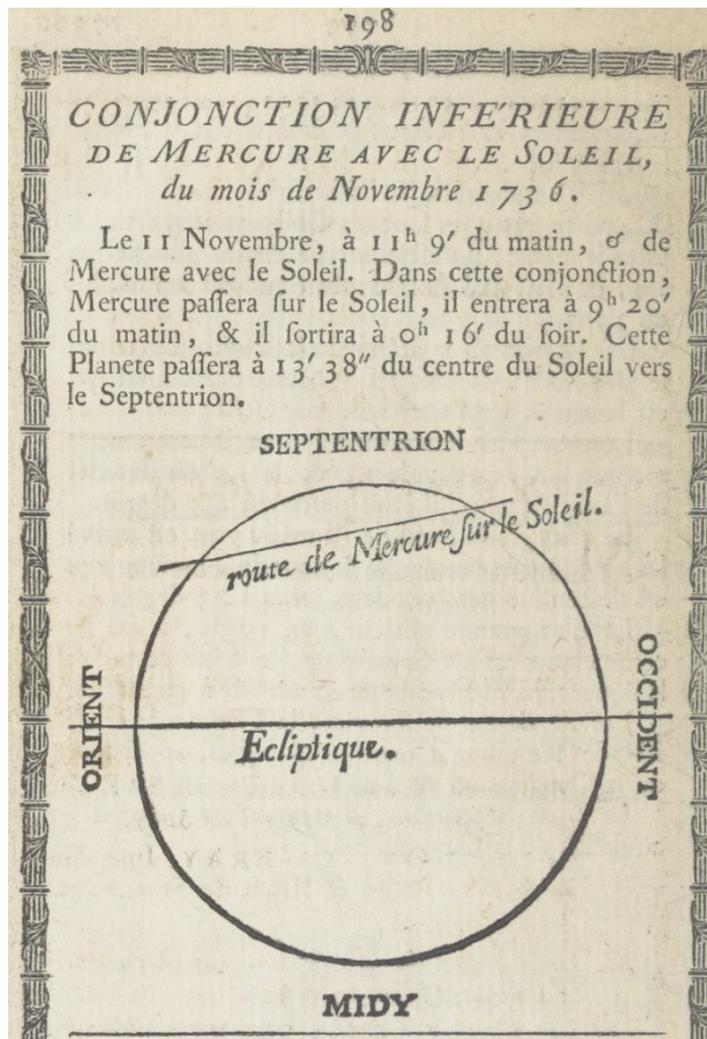


FIGURE 6 – Le passage de Mercure de 1736

### Les passages de Vénus

Les passages de Vénus sont beaucoup plus rares mais très attendus (les observations vont enfin permettre de calculer la distance absolue Terre-Soleil et toutes les distances dans le système solaire grâce à la troisième loi de Kepler). Leur prédiction est désormais précise, ce qui est nécessaire pour les observateurs. Ces passages ont eu lieu le 6 juin 1761, le 3 juin 1769, le 9 décembre 1874, le 6 décembre 1882, le 8 juin 2004 et le 6 juin 2012. Les passages de 1761 et 1769 suscitent un immense intérêt pour l'observation à faire. Dans la **CDT pour 1761**, Lalande écrit : « *La conjonction de Vénus sur le Soleil est actuellement le phénomène le plus intéressant & le plus rare qui soit attendu dans le Ciel : depuis plus d'un siècle qu'il a été prédit & annoncé pour l'année 1761, les Astronomes en ont célébré les avantages, en exhortant ceux qui auroient le bonheur d'en être les témoins à ne rien négliger pour tirer tout le parti possible de cette fameuse observation. Que ne devrait-on pas entreprendre à la vue d'un événement si rare, dont les avantages négligés une fois ne sauroient être ensuite compensés ni par les efforts du génie, ni par la constance des travaux, ni par la magnificence des*

*plus grands Rois ! Mais pour recueillir tout le fruit de cette observation, il feroit nécessaire qu'elle fût faite dans l'Amérique & dans les Indes ; ainsi nous avons cru devoir à ce sujet l'avertissement le plus détaillé & les invitations les plus pressantes à tous ceux qui font à portée de contribuer à ce succès.* ». Lalande fait ensuite un long historique du passage de Vénus, puis donne toutes les explications utiles à la compréhension, à l'observation selon les sites choisis et à l'utilisation ultérieure du phénomène. En 1769, on pourra observer un passage de Vénus et un passage de Mercure devant le Soleil. La **CDT pour 1769** ne publie pas de texte long sur ce sujet mais Lalande indique que : « *Les circonstances de ce passage pour les autres pays de la Terre se trouveront expliquées dans la figure & le Mémoire que nous avons publié sur ce phénomène important.* ».

Dans la **CDT pour 1874**, on trouve seulement les horaires du phénomène invisible à Paris, par contre dans la **CDT pour 1882**, on trouve une carte de visibilité (figure 7) et des tables numériques pour l'observation. Les deux passages suivants du XXI<sup>e</sup> siècle ne sont pas mentionnés dans la CDT, ils sont prédits dans l'annuaire du Bureau des longitudes (en 2004 et en 2012).

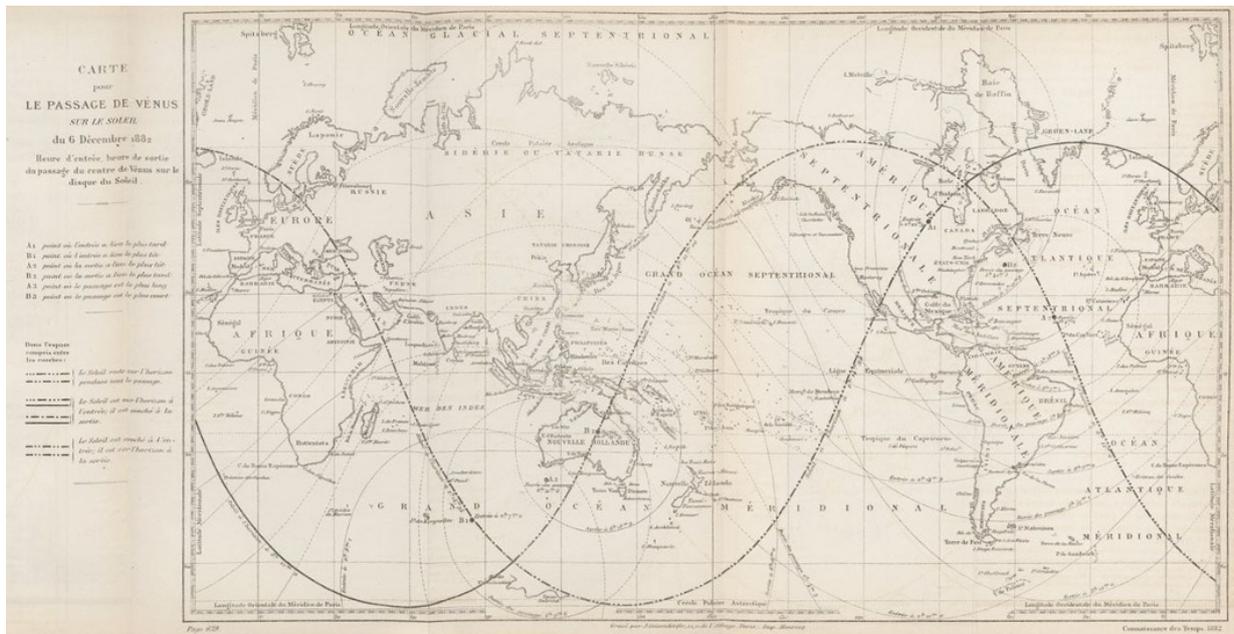


FIGURE 7 – La visibilité du passage de Vénus pour 1882

### Les occultations par la Lune

La publication des occultations d'étoiles (ou de planètes) par la Lune va servir pour la détermination des longitudes et aussi, pour augmenter la précision des éphémérides de la Lune.

Les prédictions de ces phénomènes commencent dans la CDT pour 1706 suite à une discussion sur le sujet à l'Académie des sciences. On les retrouvera

régulièrement avec de plus en plus d'étoiles, en particulier dans la **liste des observations à faire** (CDT pour 1760), notée comme conjonctions d'étoiles avec la Lune. Elles seront publiées régulièrement dans la CDT jusqu'en 1979. A noter qu'à partir de 1872, le Bureau des longitudes publiera dans son Annuaire les occultations d'étoiles par la Lune puis celles par les astéroïdes. À titre d'illustration, la figure 8 donne les prédictions d'occultations d'étoiles ou de planètes dans la CDT pour 1710 et dans la CDT pour 1880.

182

**ECLIPSES DE QUELQUES ETOILES**  
par la Lune en 1710. calculées pour Paris.

**L** E 15 Janv. à 3<sup>h</sup> 31' du matin, Immersion de l'étoile  $\alpha$ , de la quatrième grandeur, qui est dans le côté oriental de Pollux,

3 54 Emerision.

Cette étoile passera à 15 minutes du centre de la Lune vers son bord Septentrional. L'Eclipse sera plus centrale dans les pais Meridionaux.

**L** e 13 Fevrier à 11 41 du soir, Conjonction du cœur du Lion, Regulus avec la Lune.

Cette étoile passera à 10 ou 11 minutes du bord Septentrional de la Lune.

664

**PHÉNOMÈNES.**

OCCULTATIONS DES PLANÈTES ET DES ÉTOILES PAR LA LUNE, VISIBLES A PARIS.

DATE 1880.	NOM de L'ASTRE.	GRANDEUR.	IMMERSION.				ÉMERISION.			
			TEMPS		ANGLE		TEMPS		ANGLE	
			sidéral.	moyen.	Pôle.	Zénith	sidéral.	moyen.	Pôle.	Zénith
Janv. 3	B. A. C. 4006.	6	8.19,3	13.27,2	352	319	8.47,0	13.54,8	303	273
7	B. A. C. 5197.	6	14.30,7	19.21,8	101	86	15.37,5	20.28,4	230	229
16	19 Poissons...	6	1. 1,2	5.19,1	131	149	2.16,0	6.33,7	295	325
20	♈ Bélier d. ...	4.5	3.12,5	7.14,3	114	122	4.38,0	8.39,6	281	312
24	36 Taureau...	6	11.41,6	15.38,1	181	218	Appulse à 0',8 du bord.			
22	B. A. C. 1518.	6.7	11.26,6	15.19,2	35	77	12. 2,1	15.54,6	316	355
22	♈ Taureau...	5.6	12.27,1	16.19,5	176	213	Appulse à 0',4 du bord.			
23	132 Taureau...	5.6	11.12,9	15. 1,6	81	126	12.11,4	16. 0,0	258	300
25	63 Gémeaux d.	6	7.18,7	11. 0,2	139	138	7.49,0	11.30,4	182	192
26	d' Écrevisse...	6	11.26,1	15. 3,0	97	137	12.22,1	15.58,8	210	253

FIGURE 8 – Prédications d'occultations d'étoiles par la Lune (à gauche dans la CDT pour 1710, à droite pour 1880)