

La Connaissance des temps : un journal scientifique publié depuis 1679

Épisode 2 : Le temps et les planètes jusqu'à Laplace

Dans ce deuxième épisode sont évoqués les progrès de la Connaissance des temps, issus d'abord de ceux dans la thématique éponyme de l'ouvrage, puis dans la modélisation cinématique des mouvements des planètes.

Le temps dans la CDT

Le nom de l'ouvrage lui-même met l'accent sur la notion de temps et tout au long des publications de la CDT, des données et des informations pour connaître et conserver le temps vont être fournies. L'enjeu est important. D'abord pouvoir donner un temps commun à la société : le Temps solaire vrai est accessible avec un cadran solaire, mais il faut aussi ajuster les horloges mécaniques grâce à des observations astronomiques. Ensuite, si on donne des éphémérides, c'est en fonction du temps. Le Temps vrai n'étant pas uniforme, il a fallu « inventer » un temps plus uniforme, le Temps moyen qui est le produit d'un calcul dépendant d'observations astronomiques. Enfin, la mécanique céleste va introduire un argument temps dans ses équations, qui est un temps uniforme indépendant de la rotation de la Terre sur laquelle le Temps moyen est construit. Les observations qui sont à la base des éphémérides sont faites en fonction de l'échelle de temps disponible, concrétisée par une horloge mécanique, échelle de temps qui n'est pas celle de la mécanique céleste. Tous ces défis devront être relevés par les astronomes et la CDT devra apporter des réponses à ces questions.

Dès le volume pour 1682, on donne **des conseils** pour le transport des horloges. En 1685, on donne le moyen de **régler les horloges** sur les étoiles et cela revient d'une manière récurrente dans la CDT. En 1728, on explique **l'utilisation du pendule** pour mesurer le temps. Dans la **CDT pour 1760**, on donne une méthode pour connaître l'heure en observant les étoiles la nuit. Dans la CDT pour 1807 (**page 115**), dans son histoire de l'astronomie de l'année 1803, Lalande insiste sur le fait que les horloges pour le public devraient être réglées en Temps moyen de Paris et non en Temps vrai. Dans la CDT pour 1811 (**page 453**), Delambre propose une méthode pour trouver la latitude et le temps en observant deux étoiles connues. En 1811, on propose un **système pour les châssis** des pendules et en 1812 (**page 397**), un autre système de perfectionnement et (**page 409**) le moyen d'avoir le Temps sidéral et le Temps moyen sur la même horloge.

Dans la CDT pour 1820, **page 265**, Laplace présente une théorie des oscillations du pendule à secondes, tandis

que, **page 402**, Prony publie une note sur un système de réglage des horloges à partir du pendule. La variation dans l'oscillation du pendule selon la latitude est étudiée par le capitaine Edward-Sabine dans la **CDT pour 1825**. Les systèmes de mesure du temps s'améliorent et on trouvera une « nouvelle méthode pour calculer la marche des chronomètres » dans la **CDT pour 1843**. Enfin, dans la **CDT pour 1856**, on trouve un rapport sur un mémoire intitulé *Recherches sur les variations qui affectent la marche des montres marines* par M. Lieussou, ingénieur-hydrographe de la Marine.

La réalisation de l'échelle de temps était le premier objectif de la CDT. La définition d'une échelle de temps universelle (le Temps moyen de Paris) était nécessaire pour la détermination des longitudes, comme nous le verrons dans la section sur la détermination des longitudes. Ainsi, pour la publication des positions du Soleil, de la Lune et des planètes, l'argument temps doit être défini dans une échelle de temps uniforme correspondant au paramètre mathématique uniforme du modèle théorique qui est le temps de la mécanique céleste.

Cet argument temporel doit être identifié à une échelle de temps disponible pour tous les observateurs. La rotation de la Terre et le Temps solaire vrai déduit de Paris ont d'abord été utilisés, car facilement disponibles via les cadrans solaires. Il a été remplacé dans la **CDT pour 1835** par le Temps moyen de Paris censé être uniforme, car les astronomes connaissaient les inégalités du Temps vrai. Les figures **1** et **2**, extraites de la *Connaissance des temps* pour 1834 (**page 8** et **page 188**) et pour 1835 (**page 8** et **page 188**), illustrent le passage du Temps vrai au Temps moyen pour les heures de lever et coucher entre 1834 et 1835 pour des dates où l'équation est faible ou forte. **En 1916**, il a été remplacé par le Temps moyen de Greenwich (GMT) selon la nouvelle définition du premier méridien. **En 1925**, il est devenu le Temps universel (TU = GMT + 12 h) ou Temps civil de Greenwich. D'une manière générale, les positions sont données dans une échelle de temps la plus uniforme possible (Temps moyen de Paris, puis de Greenwich, puis Temps universel, puis Temps terrestre) et les phénomènes dans une échelle de temps la plus facilement accessible (Temps vrai à l'origine et Temps universel coordonné aujourd'hui).

Année 1834. (8)		Année 1835. (8)								
JOURS DU MOIS.	JOURS DE LA SEMAINE.	FRACTION DE L'ANNÉE.	TEMS VRAI DE PARIS.		ASCENSION droite moyenne DU SOLEIL au midi moyen DE PARIS.	LONGITUDE du SOLEIL au midi vrai DE PARIS.				
			LEVER du SOLEIL.	COUCHER du SOLEIL.			TEMS MOYEN DE PARIS.		AU MIDI MOYEN DE PARIS.	
							LEVER du SOLEIL.	COUCHER du SOLEIL.	ASCENSION moyenne DU SOLEIL.	LONGITUDE du SOLEIL.
1	Mercr.	0.000	7 ^h 53'	4 ^h 8'	18 ^h 42' 55'' 59	280° 40' 7'' 3				
2	Jeudi.	0.003	7.52	4. 8	18.46.31,95	281.41.18,0				
3	Vendr.	0.006	7.51	4. 9	18.50.28,50	282.42.29,1				
4	Sam.	0.008	7.51	4. 9	18.54.25,06	283.43.40,1				
5	Dim.	0.011	7.50	4.10	18.58.21,61	284.44.51,6				
6	Lundi.	0.014	7.50	4.11	19. 2.18,17	285.46. 2,9				
7	Mardi.	0.017	7.40	4.12	19. 6.14,73	286.47.14,3				
8	Mercr.	0.019	7.48	4.12	19.10.11,28	287.48.25,7				
9	Jeudi.	0.022	7.47	4.13	19.14. 7,83	288.49.36,8				
10	Vendr.	0.025	7.46	4.14	19.18. 4,39	289.50.47,4				
11	Sam.	0.028	7.45	4.15	19.22. 0,94	290.51.57,7				
12	Dim.	0.030	7.45	4.16	19.25.57,50	291.53. 7,3				
13	Lundi.	0.033	7.44	4.17	19.29.54,06	292.54.16,6				
14	Mardi.	0.036	7.43	4.18	19.33.50,63	293.55.25,3				
15	Mercr.	0.039	7.42	4.19	19.37.47,20	294.56.33,1				

FIGURE 1 – Le passage du Temps vrai au Temps moyen entre 1834 et 1835 pour des dates où l'équation du temps est faible.

Novembre 1834. (188)		Novembre 1835. (188)								
JOURS DU MOIS.	JOURS DE LA SEMAINE.	FRACTION DE L'ANNÉE.	TEMS VRAI DE PARIS.		ASCENSION droite moyenne DU SOLEIL au midi moyen DE PARIS.	LONGITUDE du SOLEIL au midi vrai DE PARIS.				
			LEVER du SOLEIL.	COUCHER du SOLEIL.			TEMS MOYEN DE PARIS.		AU MIDI MOYEN DE PARIS.	
							LEVER du SOLEIL.	COUCHER du SOLEIL.	ASCENSION moyenne DU SOLEIL.	LONGITUDE du SOLEIL.
1	Sam.	0.852	7 ^h 4'	4 ^h 55'	14 ^h 41' 8'' 15	218° 35' 30''				
2	Dim.	0.855	7. 6	4.53	14.45. 4,71	219.35.47,3				
3	Lundi.	0.858	7. 7	4.52	14.49. 1,26	220.35.58,8				
4	Mardi.	0.840	7. 9	4.50	14.52.57,82	221.36.14,8				
5	Mercr.	0.843	7.11	4.49	14.56.54,37	222.36.26,3				
6	Jeudi.	0.845	7.12	4.47	15. 0.50,93	223.36.39,8				
7	Vendr.	0.848	7.14	4.46	15. 4.47,48	224.36.50,3				
8	Samed.	0.851	7.15	4.44	15. 8.44,04	225.37. 0,8				
9	Dim.	0.854	7.17	4.43	15.12.40,59	226.37. 5,3				
10	Lundi.	0.856	7.18	4.41	15.16.37,13	227.38. 0,8				
11	Mardi.	0.859	7.20	4.40	15.20.33,70	228.38. 5,3				
12	Mercr.	0.862	7.21	4.38	15.24.30,26	229.38.10,8				
13	Jeudi.	0.865	7.23	4.37	15.28.26,81	230.39.16,3				
14	Vendr.	0.867	7.24	4.35	15.32.23,37	231.39.21,8				
15	Samed.	0.870	7.26	4.34	15.36.19,92	232.40.27,3				

FIGURE 2 – Le passage du Temps vrai au Temps moyen pour les heures de lever et coucher entre 1834 et 1835 pour des dates où l'équation du temps est forte.

Cependant, ces échelles de temps n'étaient qu'une matérialisation de l'échelle de temps théorique utilisée pour déterminer les éphémérides et en fonction des observations utilisées. Même l'argument temporel des éphémérides planétaires était appelé « Temps universel » dans la CDT, alors qu'il s'agissait en fait d'une échelle de temps uniforme liée aux tables de Le Verrier. Il était proche du temps des éphémérides utilisé par Newcomb et basé sur le mouvement de la Lune. De même, pour les satellites galiléens, l'argument du temps était un temps uniforme utilisé par Sampson dans sa théorie.

La différence entre ces échelles de temps théoriques et le temps « universel » utilisé par les observateurs a conduit à de mauvaises éphémérides difficiles à extrapoler. Des améliorations ont été apportées par l'abandon de la rotation de la Terre dans la définition de l'argument temporel des éphémérides, remplacé d'abord par

le mouvement de la Lune ou celui de la Terre autour du Soleil et enfin par le Temps atomique beaucoup plus uniforme que les échelles de temps d'origine astronomique. À partir de 1984, la CDT a utilisé le TT, Temps terrestre basé sur le Temps atomique international (TAI) conformément aux théories utilisées pour la construction des éphémérides.

La CDT donne également des informations sur les calendriers. Chaque volume contient évidemment en regard des éphémérides les données du calendrier grégorien. La figure 3 montre les informations données sur les calendriers dans la CDT sachant qu'à partir de 1795, le Bureau des longitudes va publier un **annuaire** qui contiendra plus d'informations sur les calendriers et la concordance entre ces calendriers. La figure 4 montre les éphémérides journalières qui reprennent les éléments du calendrier. Cela disparaîtra à partir de 1795, repris dans

l'annuaire du Bureau des longitudes.

Parmi les articles de fond sur le sujet, signalons une

étude « sur le calendrier des Mahométans » par M. Francoeur dans la CDT pour 1844, p.111-122.

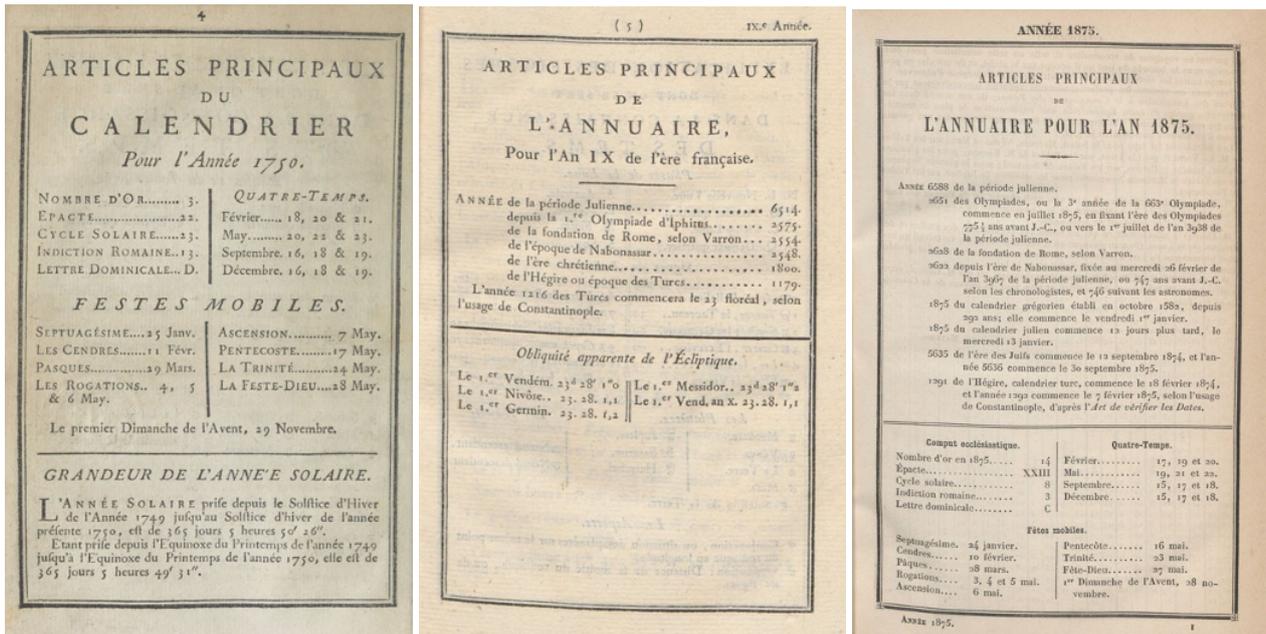


FIGURE 3 – Éléments annuels des calendriers pour 1750, l'an IX et 1875

10						
JANVIER.						
		Lever du Soleil.	Couch. du Soleil.	Lev. & Couch. de la Lune.		
		H. M.	H. M.	H. M.		
1	lund. La Circoncif.	7 52	4 8	Co. ● soir		
2	mar. s. Ididore.	7 52	4 8	5 70	10	
3	mer. Ste Genev.	7 51	4 9	6	16	
4	jeu. s. Rigobert.	7 51	4 9	7	26	
5	ven. s. Edoiard.	7 50	4 10	8	38	
6	sam. Les Rois.	7 49	4 11	9	49	
7	Dim. s. Lucian.	7 48	4 12	11	1	
8	lund. ste Flavie.	7 48	4 12	Co. ☾ ma.		
9	mar. s. Antonin.	7 47	4 13	0	14	
10	mer. s. Paul Her.	7 46	4 14	1	27	
11	jeu. s. Guillaume.	7 45	4 15	2	39	
12	ven. s. Theodose.	7 44	4 16	3	48	
13	sam. s. Hilaire.	7 43	4 17	4	52	
14	Dim. S. Nō de Jef.	7 42	4 18	5	59	

6							
JANVIER.							
JOURS.		Com-menc. du Crep.	Point de l'Hor. où le Soleil se lève.	Lever du Soleil.	Cou-cher du Soleil.	Point de l'Hor. où le Soleil se couche.	Fin du Crepus-cule.
		H. M.	D. M.	H. M.	H. M.	D. M.	H. M.
1	Jeu. Circoncifion	5. 55.	35. 46.	7. 52.	4. 8.	35. 43.	6. 5.
2	Ven. S. Baile	5. 54.	35. 35.	7. 52.	4. 9.	35. 32.	6. 6.
3	Sa. S. Genevieve	5. 54.	35. 25.	7. 51.	4. 9.	35. 21.	6. 6.
4	D. S. Rigobert	5. 53.	35. 15.	7. 50.	4. 10.	35. 11.	6. 7.
5	Lun. S. Simeon	5. 53.	35. 4.	7. 50.	4. 10.	35. 0.	6. 7.
6	Mardi les Rois.	5. 52.	34. 54.	7. 49.	4. 11.	34. 50.	6. 8.
7	Mer. S. Theau	5. 51.	34. 40.	7. 49.	4. 12.	34. 35.	6. 9.
8	Jeudi S. Lucien	5. 51.	34. 26.	7. 48.	4. 13.	34. 21.	6. 9.
9	Ve. S. Pierre E.	5. 50.	34. 12.	7. 47.	4. 13.	34. 7.	6. 10.
10	Sa. S. Guillaum	5. 50.	33. 58.	7. 46.	4. 14.	33. 52.	6. 10.
11	D. S. Theodose	5. 49.	33. 44.	7. 45.	4. 15.	33. 38.	6. 11.
12	Lun. S. Paul H.	5. 48.	33. 26.	7. 44.	4. 16.	33. 21.	6. 12.
13	Ma. Oct. des R.	5. 48.	33. 9.	7. 43.	4. 17.	33. 3.	6. 12.
14	Mer. S. Hilaire	5. 47.	32. 51.	7. 42.	4. 18.	32. 45.	6. 13.
15	Jeudi S. Maur.	5. 46.	32. 34.	7. 41.	4. 19.	32. 27.	6. 14.

IX. e Année. (8)						
JOURS DU MOIS.	JOURS de la Républiq.	LEVER du SOLEIL.	COUCH. du SOLEIL.	LEVER de la LUNE.	COUCH. de la LUNE.	JOURS DE LA LUNE.
		H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	
1	Primedi.. 29 23	5. 56	6. 3	11. 53	7. 57	5
2	Duodi... 24	5. 58	6. 1	1. 17	8. 39	6
3	Tridi... 25	6. 0	5. 59	2. 29	9. 35	7
4	Quartidi 26	6. 2	5. 57	3. 27	10. 48	8
5	Quintidi.. 27	6. 3	5. 56	4. 9	Matin.	9
6	Sextidi... 29 28	6. 5	5. 54	4. 39	0. 6	10
7	Septidi.. 29	6. 7	5. 52	5. 2	1. 30	11
8	Octidi... 30	6. 9	5. 50	5. 16	2. 51	12
9	Nonidi.. 31	6. 11	5. 49	5. 33	4. 8	13
10	DÉCADI.. 32	6. 12	5. 47	5. 49	5. 24	14

4							
SOLEIL.							
JOURS DE MOIS.	FRACTION DE L'ANNÉE.	TEMPS MOYEN DE PARIS.		JOURS DE MOIS.	FRACTION DE L'ANNÉE.	TEMPS MOYEN DE PARIS.	
		LEVER du soleil.	COUCHER du soleil.			LEVER du soleil.	COUCHER du soleil.
1	Mercr.	0.000	7 ^h 56 ^m 4 ^s 12 ^m	1	Sam.	0.085	7 ^h 53 ^m 4 ^s 56 ^m
2	Jeudi.	0.005	7.56 4.15	2	Dim.	0.088	7.52 4.57
3	Vendr.	0.005	7.56 4.14	3	Lundi.	0.090	7.50 4.59
4	Sam.	0.008	7.56 4.15	4	Mardi.	0.093	7.29 5. 1
5	Dim.	0.011	7.56 4.16	5	Mercr.	0.096	7.27 5. 2
6	Lundi.	0.014	7.56 4.17	6	Jeudi.	0.099	7.26 5. 4
7	Mardi.	0.016	7.55 4.19	7	Vendr.	0.101	7.24 5. 6
8	Mercr.	0.019	7.55 4.20	8	Sam.	0.104	7.25 5. 7
9	Jeudi.	0.022	7.54 4.21	9	Dim.	0.107	7.21 5. 9
10	Vendr.	0.025	7.54 4.22	10	Lundi.	0.110	7.19 5. 11
11	Sam.	0.027	7.54 4.24	11	Mardi.	0.112	7.18 5. 12
12	Dim.	0.050	7.53 4.25	12	Mercr.	0.115	7.16 5. 14
13	Lundi.	0.053	7.52 4.26	13	Jeudi.	0.118	7.14 5. 15
14	Mardi.	0.056	7.52 4.28	14	Vendr.	0.120	7.13 5. 17
15	Mercr.	0.058	7.51 4.29	15	Sam.	0.123	7.11 5. 19

FIGURE 4 – Éléments journaliers des calendriers pour 1680, 1750, an IX et 1845

L'évolution des éphémérides de la cinématique à la dynamique : Soleil, Lune et planètes

Une fois les échelles de temps bien prises en considération, on peut alors publier des éphémérides précises qui devront être construites à partir de modèles empiriques, cinématiques ou dynamiques et d'observations nombreuses et suivies.

1. De la création de la CDT à la fin du XVIII^e siècle

Le premier volume de la CDT dû à Dalencé qui en eut le privilège (**autorisation du roi** qui protège des plagiat) et à Picard qui en effectua les calculs parut en 1679. À l'époque, la CDT se bornait à fournir les **levers et couchers** du Soleil et de la Lune à Paris et dans **d'autres villes de France**. La CDT fournit aussi des **temps de passage au méridien et des positions** (données utiles à la réduction des observations) et annonce aux astronomes les **principaux phénomènes**. La CDT va peu à peu s'enrichir. Ainsi, par exemple, l'**édition 1687** donne les longitudes et latitudes des planètes (« les vrais lieux des planètes »). À partir de l'**édition 1703**, la CDT donne, mois par mois, les levers et couchers du Soleil, de la Lune et des cinq planètes connues, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne, leurs passages au méridien de Paris, leurs longitudes, leurs latitudes et leurs déclinaisons et donne également les ascensions droites et déclinaisons des **étoiles principales**. L'ascension droite du Soleil réapparaîtra dans les tables mensuelles à partir de l'**édition 1730**.

La CDT reprend la succession des « tables calculées par Hecker pour le méridien d'Uranibourg au Danemark finissant en 1680 » (cf. **page 61**, CDT pour 1679). De plus, ces nouvelles éphémérides publieront des ascensions droites et des déclinaisons correctes au lieu de longitudes et latitudes pour le méridien de Paris. Au début du XVIII^e siècle, peu de changement dans les méthodes de calcul des tables : les mouvements sont cinématiques, construits sur les lois de Kepler, améliorés par la connaissance des inégalités qui modifient les trajectoires purement képlériennes. Bien que connue dès la fin du XVII^e siècle, la loi de la gravitation universelle mettra longtemps avant d'être à la base des éphémérides. Il faudra attendre les travaux de Clairaut, de D'Alembert et de Laplace pour que l'on dispose de vraies théories de mécanique céleste.

2. Lalande et la CDT

Parmi les astronomes qui se chargèrent de la CDT jusqu'à ce qu'elle fut confiée au Bureau des longitudes en 1795, il faut citer Lalande qui en eut la responsabilité

de 1760 à 1775 (voyez la **liste des responsables** de la CDT présentée par Lalande en 1780 dans l'« avertissement ». Lalande effectua ses calculs à partir des meilleures tables de l'époque : tables de l'abbé de La Caille pour le Soleil, tables de Tobias Mayer pour la Lune, tables de Halley pour les planètes. Ces tables sont construites par ajustement à l'observation d'un petit nombre de termes donnés par la théorie. Ainsi, par exemple, les tables du Soleil de La Caille contiennent des inégalités de la Terre déterminées par Clairaut. Lalande construisit ensuite ses propres tables du Soleil et des planètes qui servirent de base aux éphémérides publiées dans la CDT jusqu'en 1808.

Lalande introduisit également dans la CDT une coordonnée supplémentaire, la distance de l'équinoxe au Soleil, c'est-à-dire le complément à vingt-quatre heures de l'ascension droite du Soleil. À son époque, la CDT présente les éphémérides des astres **par mois**. Les éphémérides du Soleil et de la Lune sont publiées de jour en jour, celles des planètes de six jours en six jours. L'argument des éphémérides est le Temps solaire vrai de Paris.

3. L'introduction d'Uranus dans la CDT

Uranus est mentionnée pour la première fois, sous le nom de « la Comète découverte par M. Herschel », dans l'**avertissement de la CDT pour 1785** rédigé par Jaurat, alors responsable de la publication. Il y publie « *les éléments de l'orbite de la Comète de 1781, calculée par M. Méchain* ». La CDT pour 1785 est parue en 1782, et la nature planétaire d'Uranus n'était pas encore définitivement établie. L'**avertissement de la CDT pour 1786** décrit, sous le titre « Découverte de la planète Herschel », comment le caractère planétaire de l'astre découvert par Herschel est établi suite aux calculs de Laplace, Méchain et Bode. La CDT pour 1787 donne, sur une trentaine de pages, les « **Tables de la Planète d'Herschel** » calculées par Jaurat. Méchain qui prend la responsabilité de la CDT en 1788 ne donne plus ces tables, mais ajoute un « **Supplément à la 6^e page de chaque Mois pour la Planète de Herschel** » qui donne les premières éphémérides d'Uranus (lever, coucher, passage au méridien, longitude et latitude géocentriques, déclinaison) de 15 jours en 15 jours. Ces éphémérides sont intégrées à celles des autres planètes à partir de l'édition 1789. La CDT donne alors les éphémérides de Mercure de 4 jours en 4 jours, celles de Vénus et Mars de 6 jours en 6 jours, celles de Jupiter et Saturne de 8 jours en 8 jours et celles d'« Herschel » de 15 jours en 15 jours. Notons aussi que dans l'addition à la CDT pour 1791 se trouve un article intitulé « **Sur la planète Herschel** » indiquant que Lalande, ayant recalculé les éléments de l'orbite de la planète, admet l'identité de celle-ci avec l'étoile observée par Flamsteed en 1690, « *que lui-même avait contestée jusqu'à présent* ». C'est à partir de l'**édition de 1813** qu'Uranus va figurer dans la CDT sous son nom définitif.