Les satellites de Jupiter dans la Connaissance des temps

JEA – mai 2017

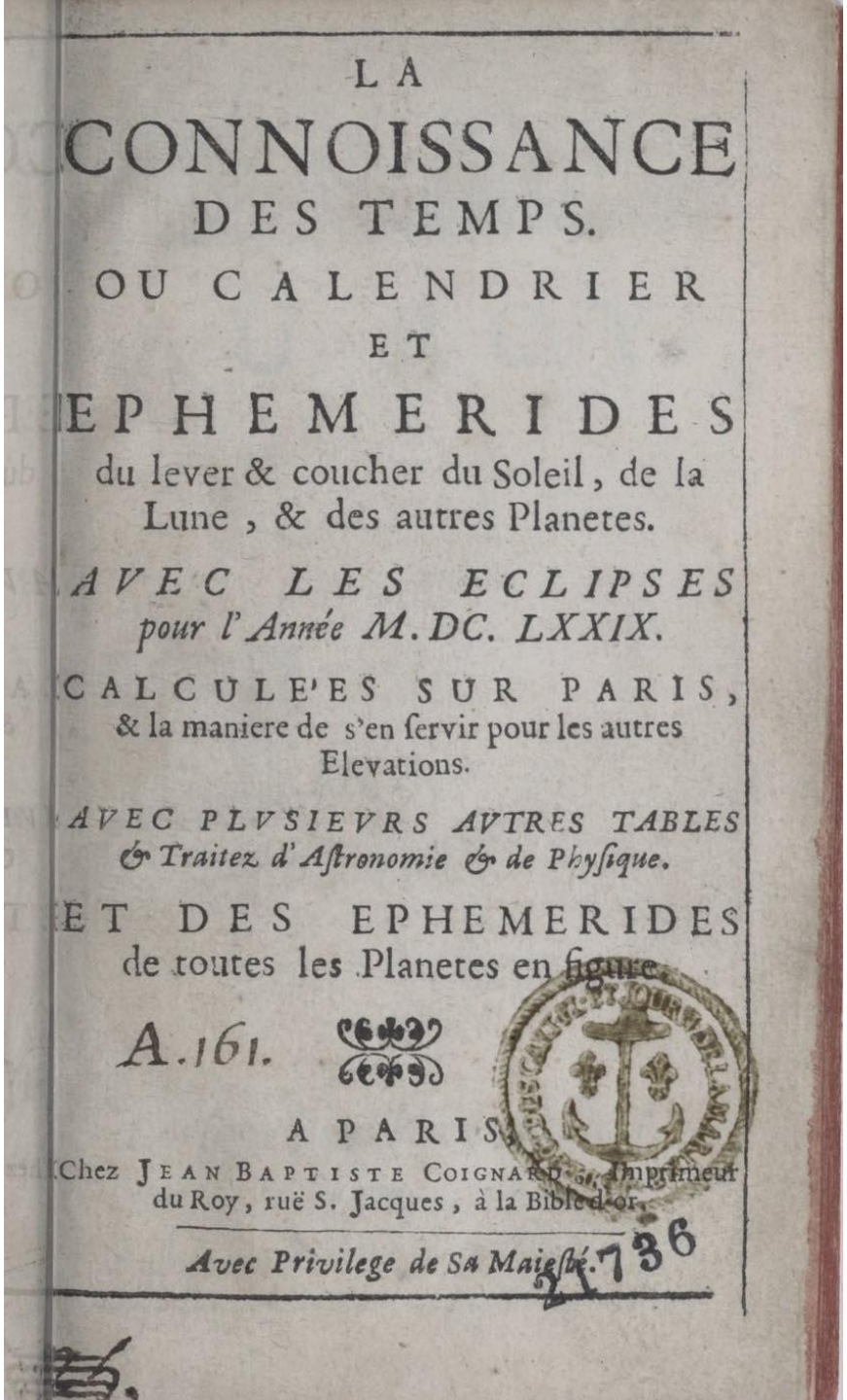
Introduction

On trouvera ci-après une chronologie des éphémérides des satellites galiléens de Jupiter tels que proposés dans la Connaissance des temps. Chaque page proposera un fac-simile en regard d'un commentaire. Le signe ➔ indique

Qu'il y a plusieurs pages de fac-simile correspondant au commentaire.

Les satellites de Jupiter

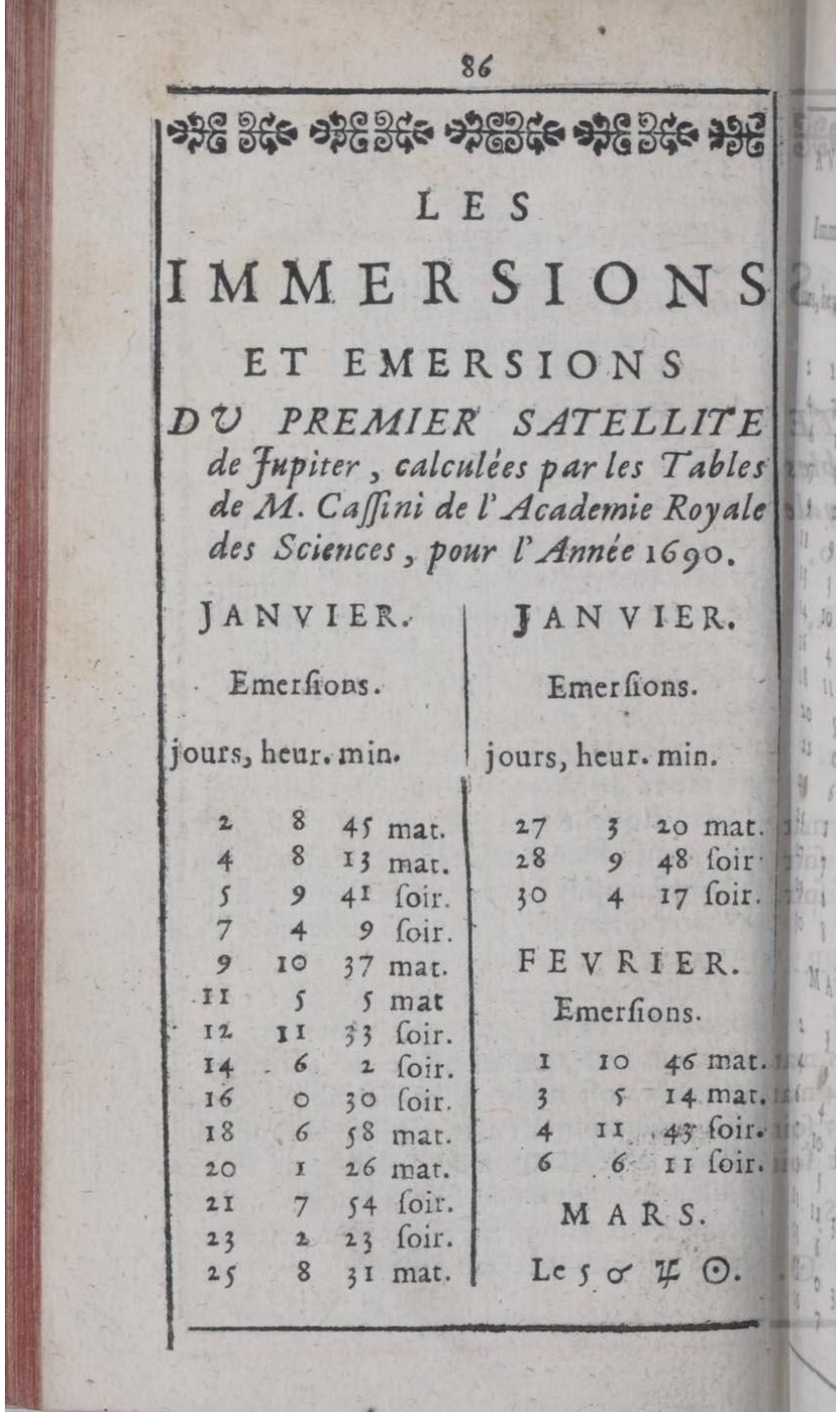
- Galilée avait compris très tôt l'intérêt de l'observation des satellites de Jupiter : leurs éclipses régulières et nombreuses montrent un phénomène facile à observer depuis des lieux différents : à une époque où les horloges précises n'existaient pas, on avait là le moyen de connaître l'heure de Paris à l'instant du phénomène depuis un autre lieu même éloigné. La comparaison des temps solaires locaux permettait de déterminer la longitude du lieu : une révolution dans l'histoire de l'humanité.



LA
CONNOISSANCE
DES TEMPS.
OU CALENDRIER
ET
EPHEMERIDES
du lever & coucher du Soleil, de la Lune, & des autres Planetes.
AVEC LES ECLIPSES pour l'Année M. DC. LXXIX.
CALCULE'ES SUR PARIS, & la maniere de s'en ſervir pour les autres Elevations.
AVEC PLVSIEVRS AVTRES TABLES & Traitez d'Aſtronomie & de Phyſique.
ET DES EPHEMERIDES de toutes les Planetes en figure.
A.161.
A PARIS,
Chez JEAN BAPTISTE COIGNARD, Imprimeur du Roy, ruë S. Jacques, à la Bible d'or.
Avec Privilege de Sa Majeſté.
1736

1679

- C'est ce type de préoccupation qui motive Louis XIV et Colbert pour créer un observatoire à Paris en 1667 et financer à partir de 1679 la publication d'éphémérides, la « Connaissance des temps ». Le titre est très explicite : toute connaissance des mouvements célestes et des longitudes terrestres repose sur la connaissance d'une échelle de temps universelle.



86

LES

IMMERSIONS

ET EMERSIONS

DU PREMIER SATELLITE de Jupiter, calculées par les Tables de M. Cassini de l'Academie Royale des Sciences, pour l'Année 1690.

JANVIER.

Emersions.

jours,	heur.	min.	
2	8	45	mat.
4	8	13	mat.
5	9	41	soir.
7	4	9	soir.
9	10	37	mat.
11	5	5	mat
12	11	33	soir.
14	6	2	soir.
16	0	30	soir.
18	6	58	mat.
20	1	26	mat.
21	7	54	soir.
23	2	23	soir.
25	8	31	mat.

JANVIER.

Emersions.

jours,	heur.	min.	
27	3	20	mat.
28	9	48	soir
30	4	17	soir.

FEVRIER.

Emersions.

1	10	46	mat.
3	5	14	mat.
4	11	43	soir.
6	6	11	soir.

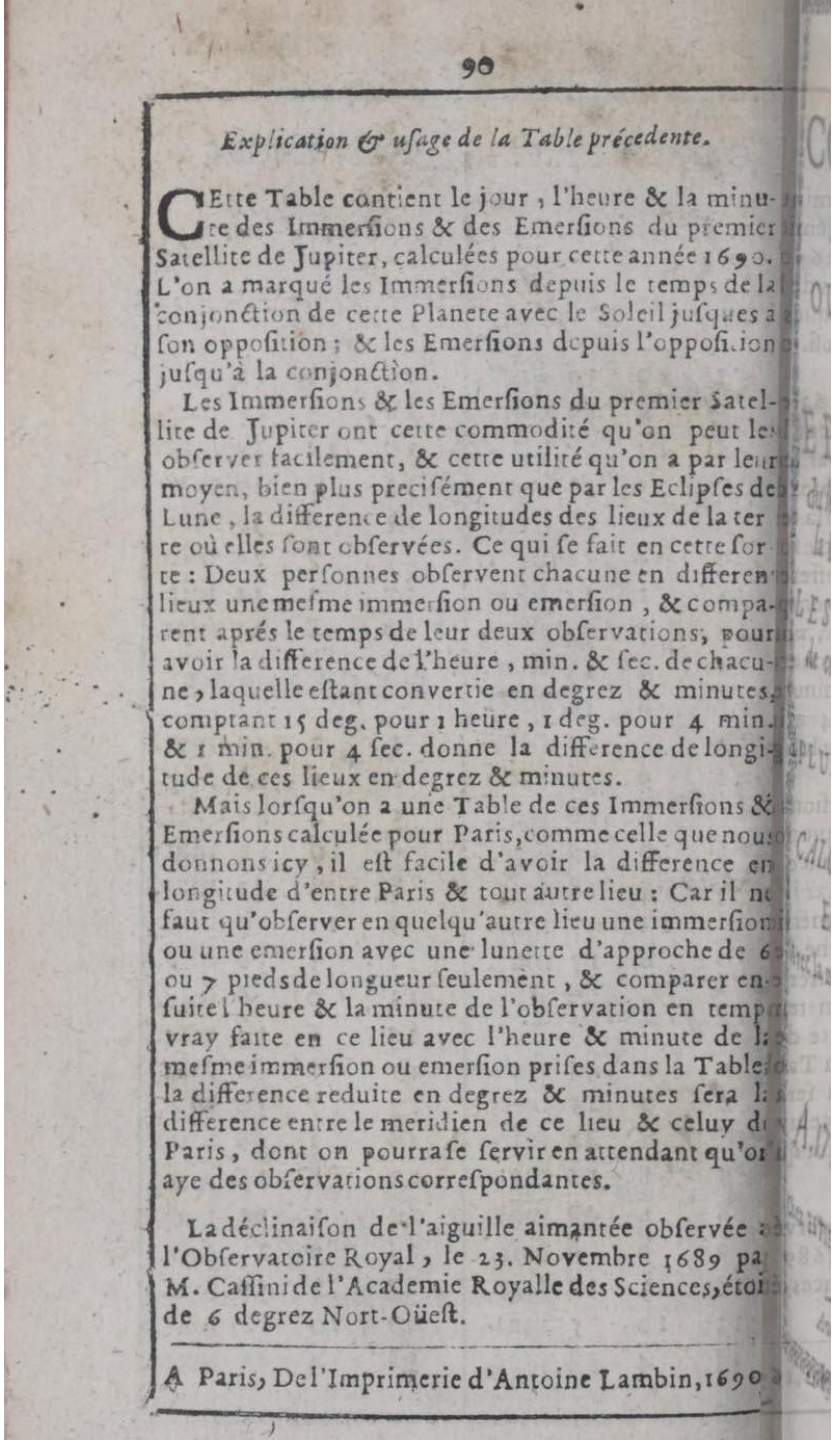
MARS.

Le 5 ♂ ♃ ☉.

1690

- En 1690, pour la première fois, on publie dans la Connaissance des temps les prédictions des éclipses des satellites de Jupiter dans le but de permettre au lecteur de déterminer sa longitude. On utilise les tables que Cassini a publié en 1668 et qui seront améliorées en 1693.

➔



90

Explication & usage de la Table précedente.

CEtte Table contient le jour, l'heure & la minute des Immersions & des Emersions du premier Satellite de Jupiter, calculées pour cette année 1690. L'on a marqué les Immersions depuis le temps de la conjonction de cette Planete avec le Soleil jusques à son opposition; & les Emersions depuis l'opposition jusqu'à la conjonction.

Les Immersions & les Emersions du premier Satellite de Jupiter ont cette commodité qu'on peut les observer facilement, & cette utilité qu'on a par leur moyen, bien plus precisément que par les Eclipses de Lune, la difference de longitudes des lieux de la terre où elles sont observées. Ce qui se fait en cette sorte: Deux personnes observent chacune en differens lieux une mesme immersion ou emersion, & comparent aprés le temps de leur deux observations, pour avoir la difference de l'heure, min. & sec. de chacune, laquelle estant convertie en degrez & minutes, comptant 15 deg. pour 1 heure, 1 deg. pour 4 min. & 1 min. pour 4 sec. donne la difference de longitude de ces lieux en degrez & minutes.

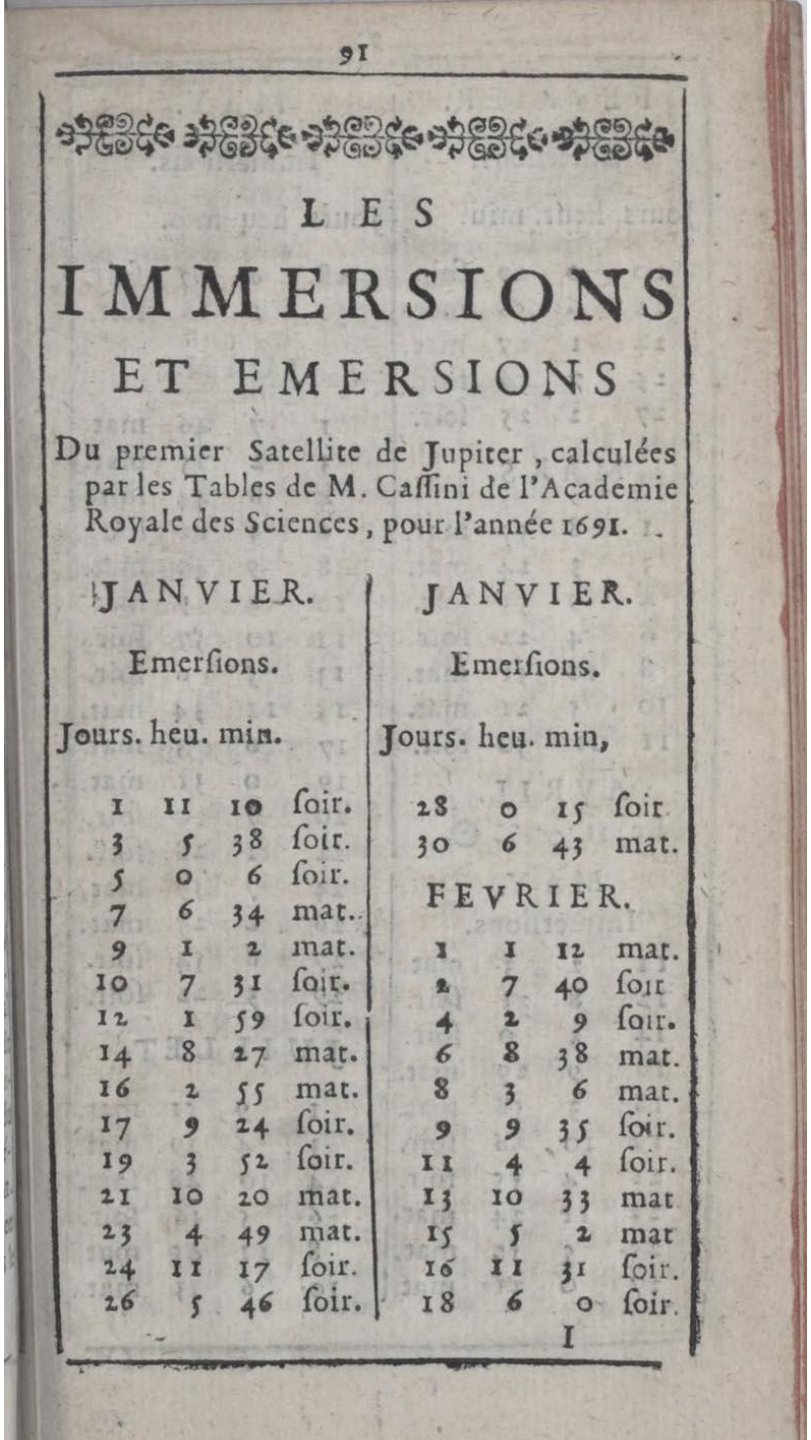
Mais lorsqu'on a une Table de ces Immersions & Emersions calculée pour Paris, comme celle que nous donnons icy, il est facile d'avoir la difference en longitude d'entre Paris & tout autre lieu: Car il ne faut qu'observer en quelqu'autre lieu une immersion ou une emersion avec une lunette d'approche de 6 ou 7 pieds de longueur seulement, & comparer ensuite l'heure & la minute de l'observation en temps vray faite en ce lieu avec l'heure & minute de la mesme immersion ou emersion prises dans la Table: la difference reduite en degrez & minutes sera la difference entre le meridien de ce lieu & celuy de Paris, dont on pourra se servir en attendant qu'on ayе des observations correspondantes.

La déclinaison de l'aiguille aimantée observée à l'Observatoire Royal, le 23. Novembre 1689 par M. Cassini de l'Academie Royalle des Sciences, étoit de 6 degrez Nort-Oüest.

A Paris, De l'Imprimerie d'Antoine Lambin, 1690

1690

- En 1690, pour la première fois, on publie dans la Connaissance des temps les prédictions des éclipses des satellites de Jupiter dans le but de permettre au lecteur de déterminer sa longitude. On utilise les tables que Cassini a publié en 1668 et qui seront améliorées en 1693.



91

LES

IMMERSIONS

ET EMERSIONS

Du premier Satellite de Jupiter, calculées par les Tables de M. Caſſini de l'Academie Royale des Sciences, pour l'année 1691.

JANVIER.

Emerſions.

Jours.	heu.	min.	
1	11	10	ſoir.
3	5	38	ſoir.
5	0	6	ſoir.
7	6	34	mat.
9	1	2	mat.
10	7	31	ſoir.
12	1	59	ſoir.
14	8	27	mat.
16	2	55	mat.
17	9	24	ſoir.
19	3	52	ſoir.
21	10	20	mat.
23	4	49	mat.
24	11	17	ſoir.
26	5	46	ſoir.

JANVIER.

Emerſions.

Jours.	heu.	min,	
28	0	15	ſoir
30	6	43	mat.

FEVRIER.

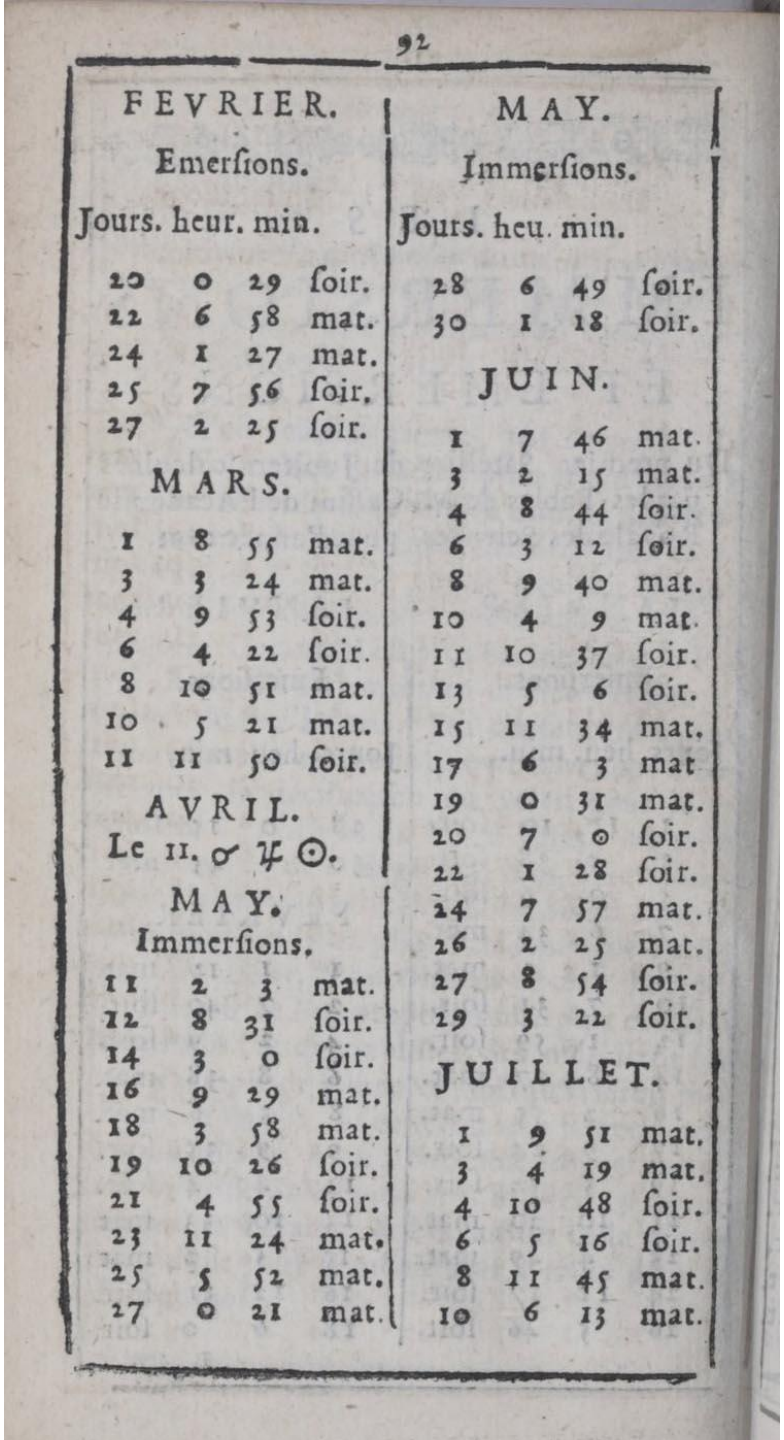
1	1	12	mat.
2	7	40	ſoir
4	2	9	ſoir.
6	8	38	mat.
8	3	6	mat.
9	9	35	ſoir.
11	4	4	ſoir.
13	10	33	mat
15	5	2	mat
16	11	31	ſoir.
18	6	0	ſoir.

I

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.

➔



92

FEVRIER.

Emerſions.

Jours.	heur.	min.	
20	0	29	ſoir.
22	6	58	mat.
24	1	27	mat.
25	7	56	ſoir.
27	2	25	ſoir.

MARS.

1	8	55	mat.
3	3	24	mat.
4	9	53	ſoir.
6	4	22	ſoir.
8	10	51	mat.
10	5	21	mat.
11	11	50	ſoir.

AVRIL.

Le 11. ☌ ♆ ☉.

MAY.

Immerſions.

11	2	3	mat.
12	8	31	ſoir.
14	3	0	ſoir.
16	9	29	mat.
18	3	58	mat.
19	10	26	ſoir.
21	4	55	ſoir.
23	11	24	mat.
25	5	52	mat.
27	0	21	mat.

MAY.

Immerſions.

Jours.	heu.	min.	
28	6	49	ſoir.
30	1	18	ſoir.

JUIN.

1	7	46	mat.
3	2	15	mat.
4	8	44	ſoir.
6	3	12	ſoir.
8	9	40	mat.
10	4	9	mat.
11	10	37	ſoir.
13	5	6	ſoir.
15	11	34	mat.
17	6	3	mat
19	0	31	mat.
20	7	0	ſoir.
22	1	28	ſoir.
24	7	57	mat.
26	2	25	mat.
27	8	54	ſoir.
29	3	22	ſoir.

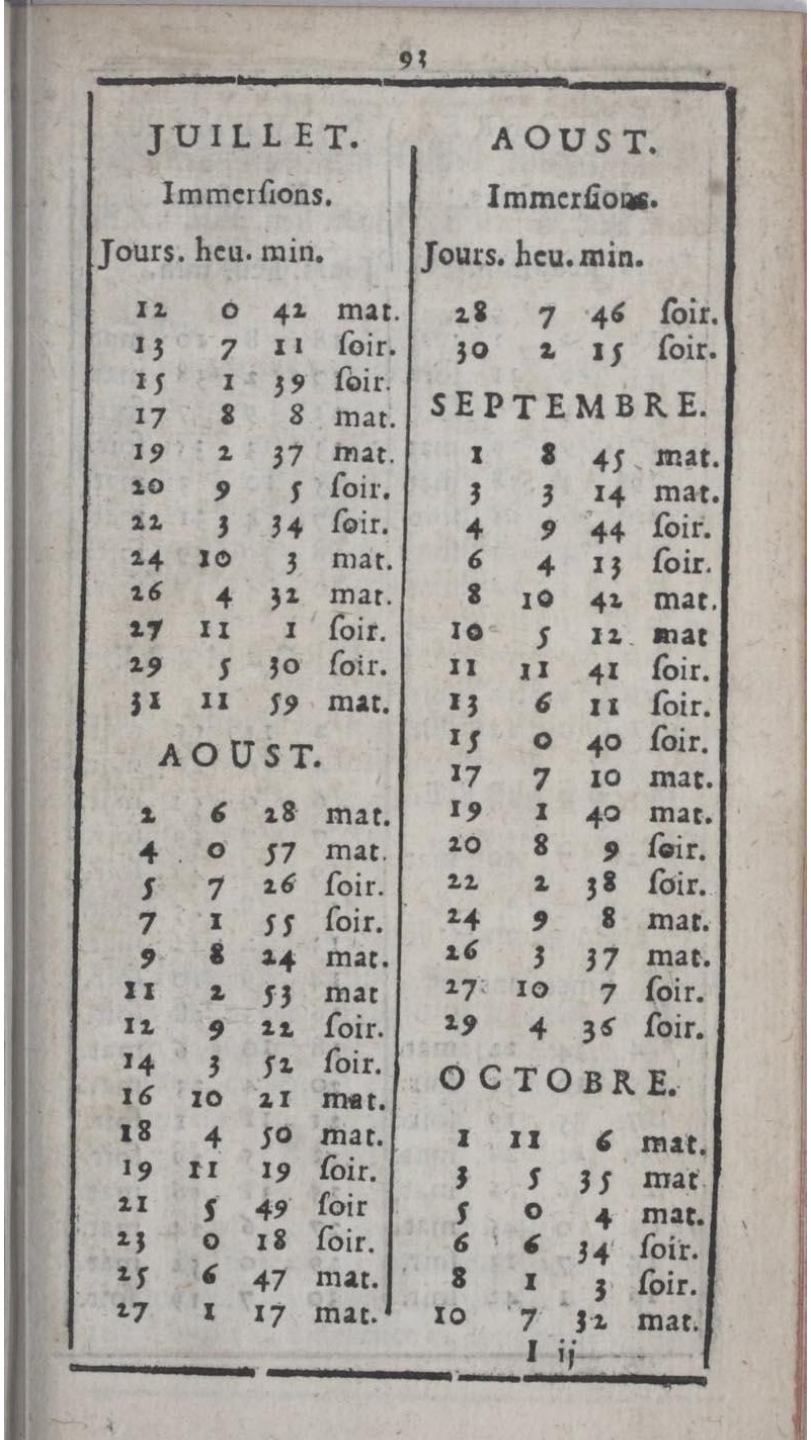
JUILLET.

1	9	51	mat.
3	4	19	mat.
4	10	48	ſoir.
6	5	16	ſoir.
8	11	45	mat.
10	6	13	mat.

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.

➔



93

JUILLET.

Immerſions.

Jours.	heu.	min.	
12	0	42	mat.
13	7	11	ſoir.
15	1	39	ſoir.
17	8	8	mat.
19	2	37	mat.
20	9	5	ſoir.
22	3	34	ſoir.
24	10	3	mat.
26	4	32	mat.
27	11	1	ſoir.
29	5	30	ſoir.
31	11	59	mat.

AOUST.

2	6	28	mat.
4	0	57	mat.
5	7	26	ſoir.
7	1	55	ſoir.
9	8	24	mat.
11	2	53	mat
12	9	22	ſoir.
14	3	52	ſoir.
16	10	21	mat.
18	4	50	mat.
19	11	19	ſoir.
21	5	49	ſoir
23	0	18	ſoir.
25	6	47	mat.
27	1	17	mat.

AOUST.

Immerſions.

Jours.	heu.	min.	
28	7	46	ſoir.
30	2	15	ſoir.

SEPTEMBRE.

1	8	45	mat.
3	3	14	mat.
4	9	44	ſoir.
6	4	13	ſoir.
8	10	42	mat.
10	5	12	mat
11	11	41	ſoir.
13	6	11	ſoir.
15	0	40	ſoir.
17	7	10	mat.
19	1	40	mat.
20	8	9	ſoir.
22	2	38	ſoir.
24	9	8	mat.
26	3	37	mat.
27	10	7	ſoir.
29	4	36	ſoir.

OCTOBRE.

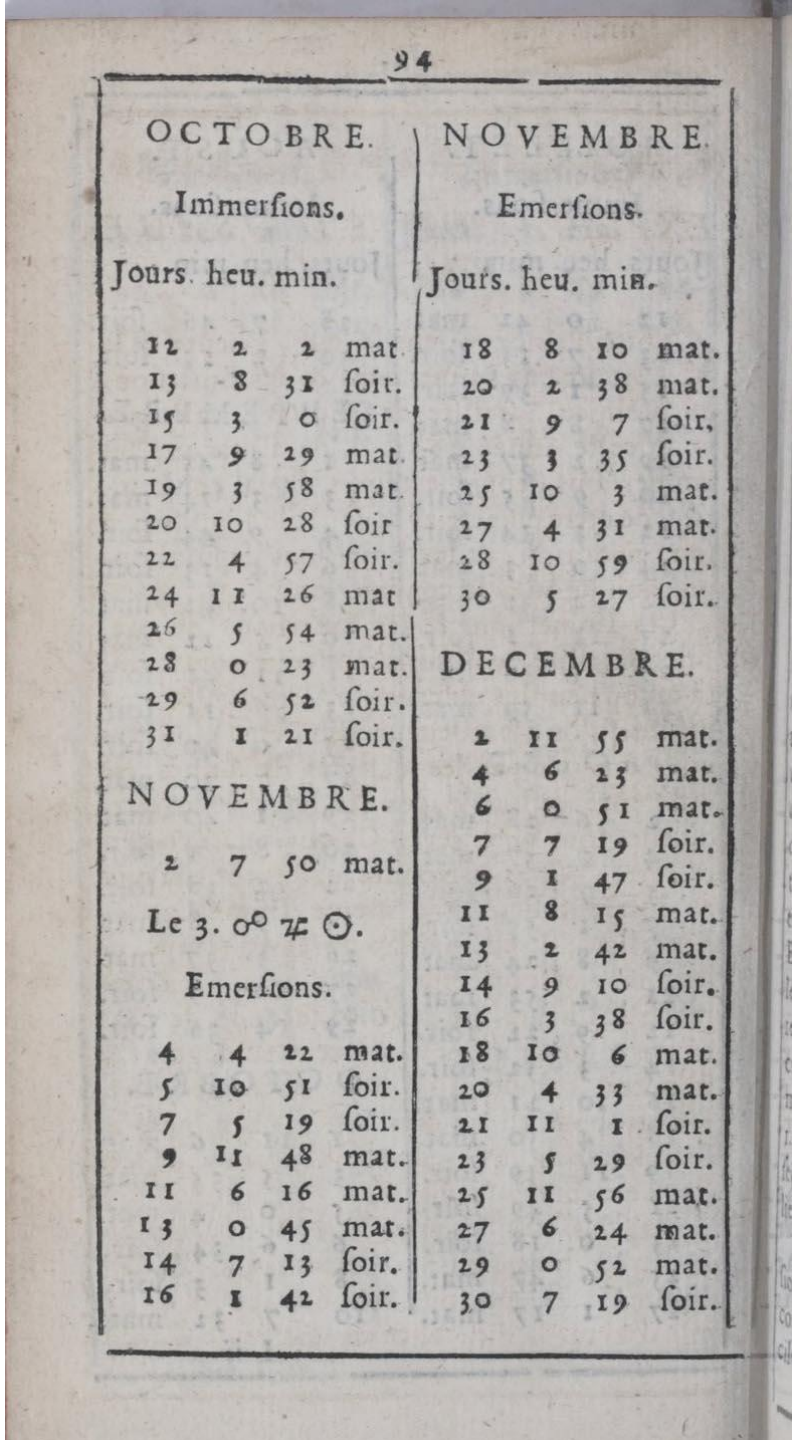
1	11	6	mat.
3	5	35	mat
5	0	4	mat.
6	6	34	ſoir.
8	1	3	ſoir.
10	7	32	mat.

I ij

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.

➔



94

OCTOBRE.

Immerſions.

Jours.	heu.	min.	
12	2	2	mat.
13	8	31	ſoir.
15	3	0	ſoir.
17	9	29	mat.
19	3	58	mat.
20	10	28	ſoir.
22	4	57	ſoir.
24	11	26	mat.
26	5	54	mat.
28	0	23	mat.
29	6	52	ſoir.
31	1	21	ſoir.

NOVEMBRE.

2	7	50	mat.

Le 3. ☌ ♄ ☉.

Emerſions.

4	4	22	mat.
5	10	51	ſoir.
7	5	19	ſoir.
9	11	48	mat.
11	6	16	mat.
13	0	45	mat.
14	7	13	ſoir.
16	1	42	ſoir.

NOVEMBRE.

Emerſions.

Jours.	heu.	min.	
18	8	10	mat.
20	2	38	mat.
21	9	7	ſoir.
23	3	35	ſoir.
25	10	3	mat.
27	4	31	mat.
28	10	59	ſoir.
30	5	27	ſoir.

DECEMBRE.

2	11	55	mat.
4	6	23	mat.
6	0	51	mat.
7	7	19	ſoir.
9	1	47	ſoir.
11	8	15	mat.
13	2	42	mat.
14	9	10	ſoir.
16	3	38	ſoir.
18	10	6	mat.
20	4	33	mat.
21	11	1	ſoir.
23	5	29	ſoir.
25	11	56	mat.
27	6	24	mat.
29	0	52	mat.
30	7	19	ſoir.

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.

➔

EXPLICATION ET USAGE de la Table précedente.

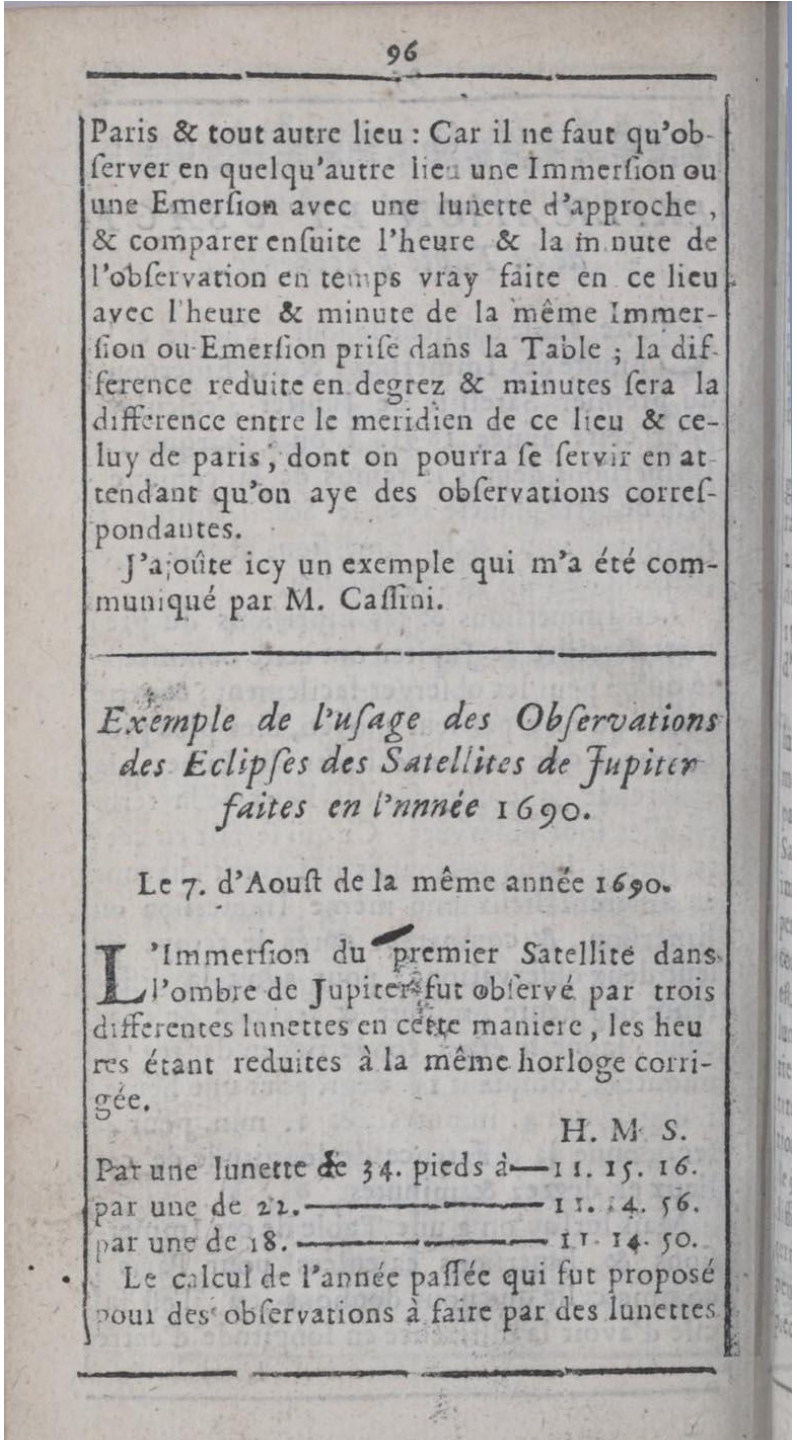
CEtte Table contient le jour, l'heure & la minute des Immerſions & des Emerſions du premier Satellite de Jupiter, calculées pour cette année 1691. L'on a marqué les Immerſions depuis le temps de la conjonction de cette planete avec le Soleil juſques à ſon oppoſition; & les Emerſions depuis l'oppoſition juſqu'à la conjonction.

Les Immerſions & les Emerſions du premier Satellite de Jupiter ont cette commodité qu'on peut les obſerver facilement, & cette utilité qu'on a par leur moyen, bien plus préciſément que par les éclipſes de Lunes, la difference de longitudes des lieux de la terre où elles ſont obſervées. Ce qui ſe fait en cette ſorte: Deux perſonnes obſervent chacune en different lieux une même Immerſion ou Emerſion, & comparent aprés le temps de leur deux obſervations, pour avoir la difference de l'heure, minute & ſeconde de chacune, laquelle étant convertie en degrez & minutes, comptant 15. degr. pour une heure, 1. degr. pour 4. minutes, & 1. min. pour 4. ſec. donne la difference de longitude de ces lieux en degrez & minutes.

Mais lorſqu'on a une Table de ces Immerſions & Emerſions calculées pour Paris, comme celle que nous donnons icy, il eſt facile d'avoir la difference en longitude d'entre

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.



96

Paris & tout autre lieu : Car il ne faut qu'observer en quelqu'autre lieu une Immersion ou une Emersion avec une lunette d'approche, & comparer ensuite l'heure & la minute de l'observation en temps vray faite en ce lieu avec l'heure & minute de la même Immersion ou Emersion prise dans la Table ; la difference reduite en degrez & minutes sera la difference entre le meridien de ce lieu & celuy de paris, dont on pourra se servir en attendant qu'on aye des observations correspondantes.

J'ajoûte icy un exemple qui m'a été communiqué par M. Cassini.

Exemple de l'usage des Observations des Eclipses des Satellites de Jupiter faites en l'nnnée 1690.

Le 7. d'Aoust de la même année 1690.

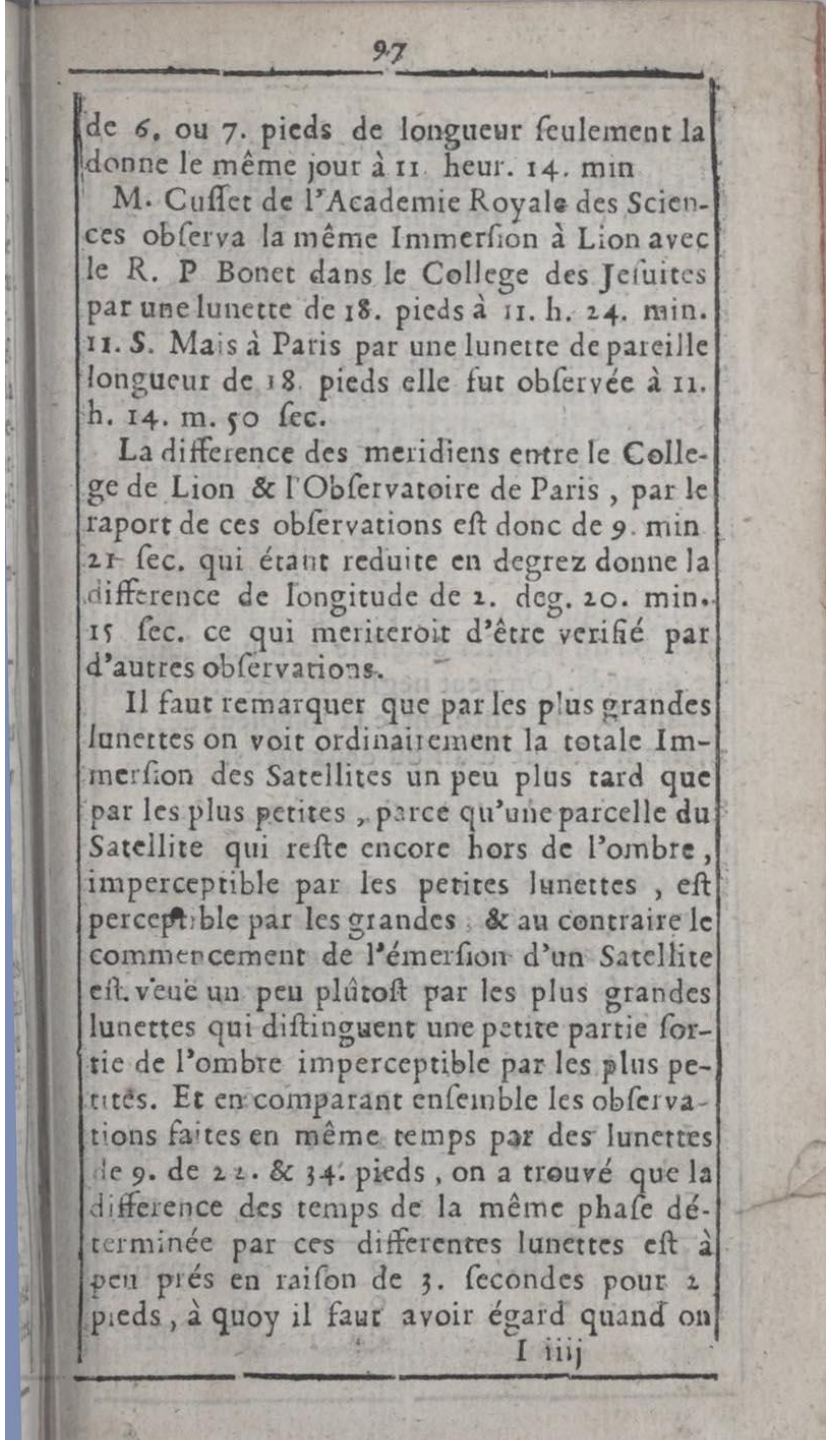
L'Immersion du premier Satellite dans l'ombre de Jupiter fut observé par trois differentes lunettes en cette maniere, les heures étant reduites à la même horloge corrigée.

	H. M. S.
Par une lunette de 34. pieds à	11. 15. 16.
par une de 22.	11. 14. 56.
par une de 18.	11. 14. 50.

Le calcul de l'année passée qui fut proposé pour des observations à faire par des lunettes

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.



de 6. ou 7. pieds de longueur seulement la donne le même jour à 11. heur. 14. min.

M. Cuſſet de l'Academie Royale des Sciences obſerva la même Immerſion à Lion avec le R. P Bonet dans le College des Jeſuites par une lunette de 18. pieds à 11. h. 24. min. 11. S. Mais à Paris par une lunette de pareille longueur de 18. pieds elle fut obſervée à 11. h. 14. m. 50 ſec.

La difference des meridiens entre le College de Lion & l'Obſervatoire de Paris, par le raport de ces obſervations eſt donc de 9. min. 21. ſec. qui étant reduite en degrez donne la difference de longitude de 2. deg. 20. min. 15 ſec. ce qui meriteroit d'être verifié par d'autres obſervations.

Il faut remarquer que par les plus grandes lunettes on voit ordinairement la totale Immerſion des Satellites un peu plus tard que par les plus petites, parce qu'une parcelle du Satellite qui reſte encore hors de l'ombre, imperceptible par les petites lunettes, eſt perceptible par les grandes, & au contraire le commencement de l'émerſion d'un Satellite eſt veuë un peu plûtoſt par les plus grandes lunettes qui diſtinguent une petite partie ſortie de l'ombre imperceptible par les plus petites. Et en comparant enſemble les obſervations faites en même temps par des lunettes de 9. de 22. & 34. pieds, on a trouvé que la difference des temps de la même phaſe déterminée par ces differentes lunettes eſt à peu prés en raiſon de 3. ſecondes pour 2 pieds, à quoy il faut avoir égard quand on

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.

compare enſemble des obſervations faites par des lunettes de differentes longueur.

Ainſi ſi l'on avoit fait cette obſervation par une lunette de 6. pieds que l'on voulût comparer à celles qui furent faites par des lunettes de 18. pieds ; parce que de 6. pieds à 18. la difference eſt de 12 , on pourroit prendre 18. ſec. pour reduire l'obſervation faite par la lunette de 18. pieds à celle de 6. Et comme l'Immerſion obſervée par une lunette de 18. pieds fut à 11. h. 14. min. 50. ſec. en ôtant de ce temps 18. ſec. on auroit 11. h. 14. min 32. ſec. qui ſeroit à peu prés le temps auquel on auroit pû voir à Paris l'Immerſion du premier Satellite par une lunette de 6. pieds. On peut negliger cette reduction quand la difference entre la longueur des lunettes n'eſt que d'un ou deux pieds.

Obſervations des Immerſions & Emerſions du premier Satellite de Jupiter, faites à l'Obſervatoire Royal par M. Sedileau de l'Academie Royale des Sciences par une lunette de 18. pieds, comparées avec le calcul qu'on a donné dans la derniere édition de ce Livre, ſuivant les Tables de M. Caſſini.

Immerſions.

	H.	M.	S.	
Le 7. Juillet	2	41	52	matin.
le calcul.	2	41	0	
			52	differ.
Le 23. Juillet	0	57	18	matin.
le calcul.	0	56	0	
		1	18	differ.

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.

Immerſions.

	H.	M.	S.	
Le 30. Juillet	2	51	15	matin.
le calcul	2	50	0	
		1	15	differ.
Le 7. Aouſt	11	14	50	ſoir.
le calcul.	11	14	0	
			50	differ.
Le 15. Septembre	9	54	19	ſoir.
le calcul.	9	54	0	
			19	differ.

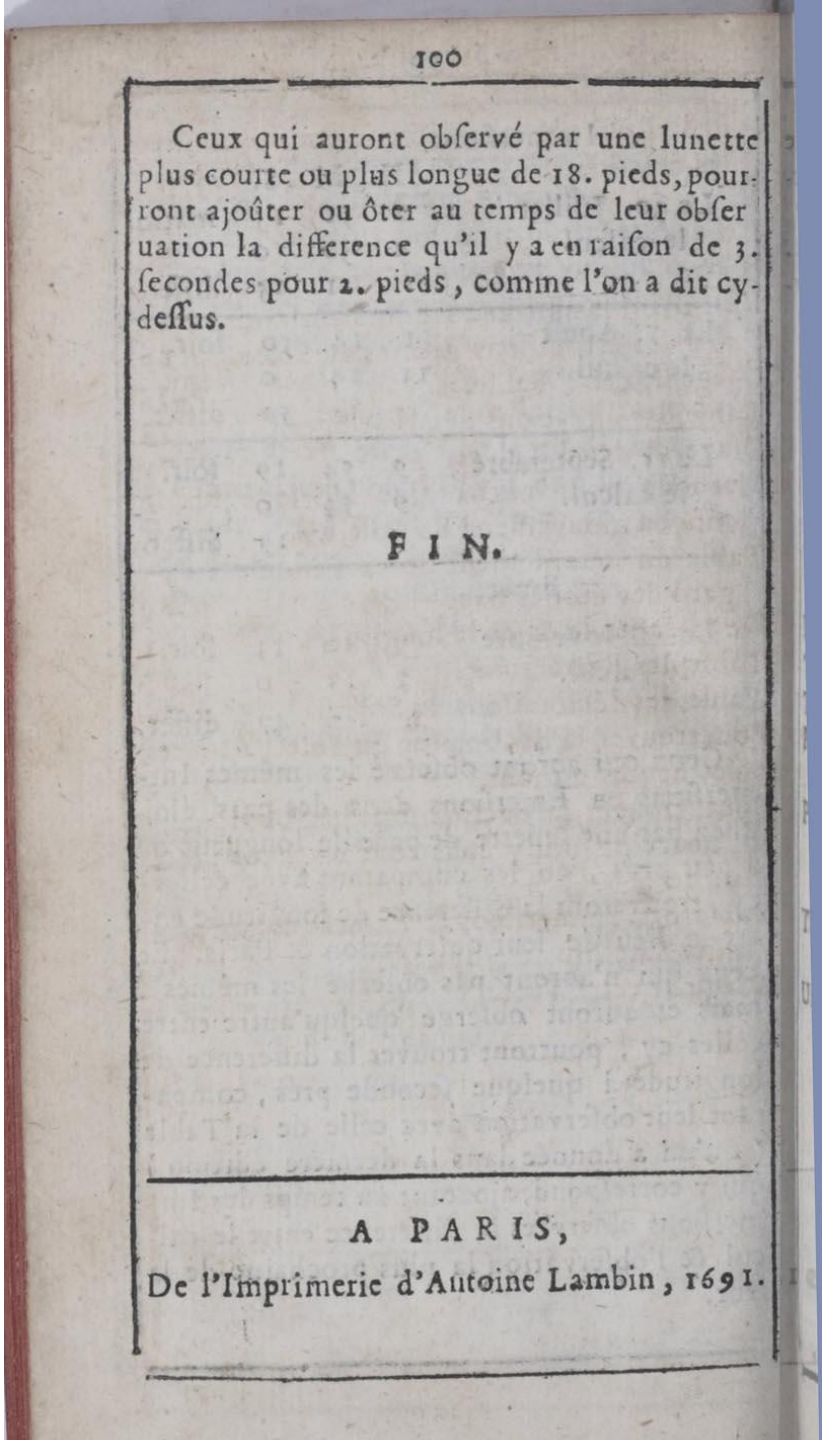
Emerſion.

Le 2. Novembre	7	10	13	ſoir.
le calcul.	7	13	0	
		2	47	differ.

Ceux qui auront obſervé les mêmes Immerſions ou Emerſions dans des païs éloignez par une lunette de pareille longueur ou à peu prés, en les comparant avec celles-cy, trouveront la difference de longitude entre le lieu de leur obſervation & Paris. Et ceux qui n'auront pas obſervé les mêmes, mais en auront obſervé quelqu'autre entre celles-cy, pourront trouver la difference de longitude à quelque ſeconde prés, comparant leur obſervation avec celle de la Table (qu'on a donnée dans la derniere édition) qui y correſpond, ajoûtant au temps des Immerſions obſervées la difference entre le calcul & l'obſervation la plus prochaine de la leur.

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.


100

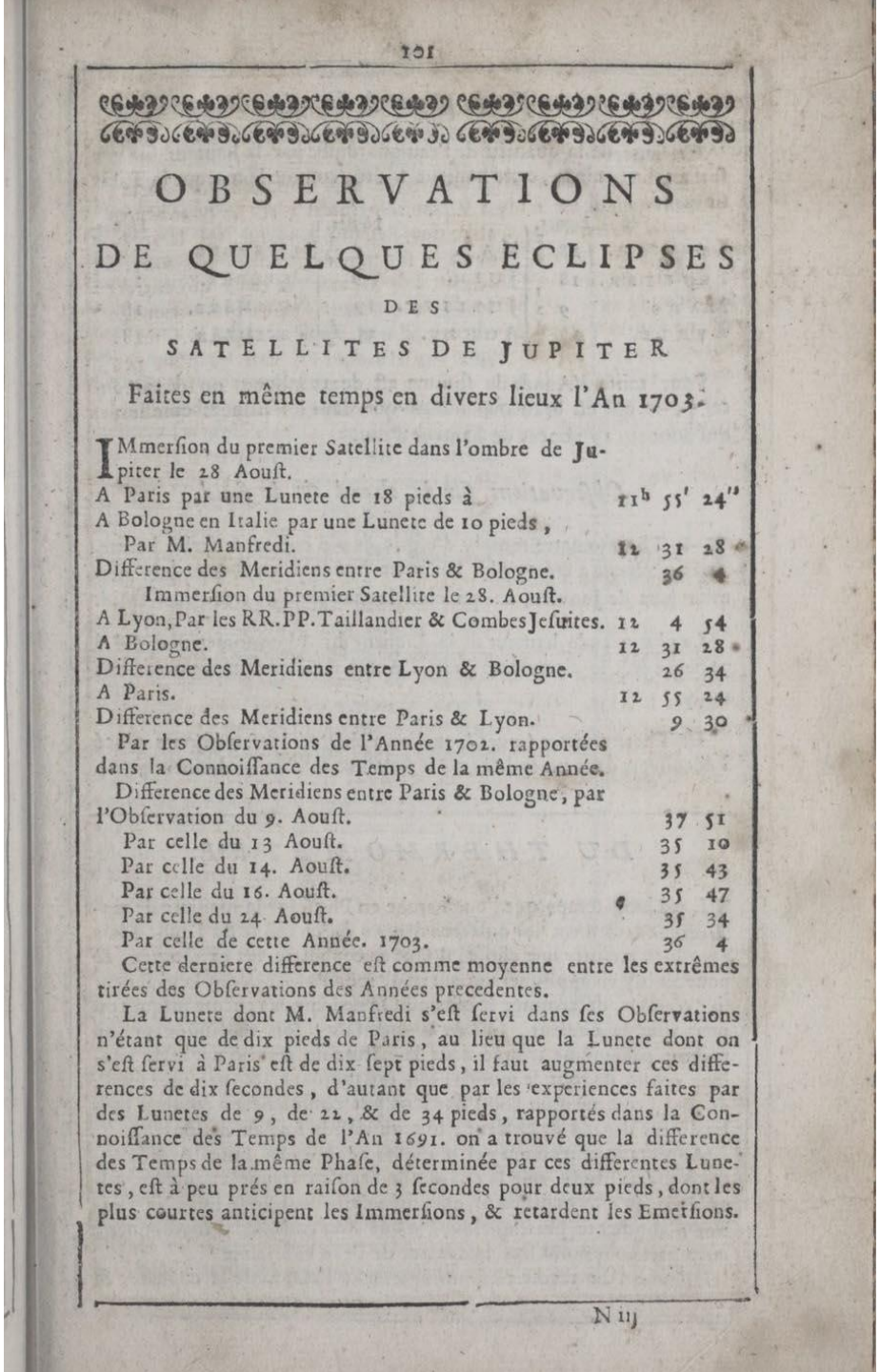
Ceux qui auront observé par une lunette plus courte ou plus longue de 18. pieds, pourront ajoûter ou ôter au temps de leur obser uation la difference qu'il y a en raison de 3. secondes pour 2. pieds, comme l'on a dit cy-dessus.

FIN.

A PARIS,
De l'Imprimerie d'Antoine Lambin, 1691.

1691

- Dans le volume de 1691, on donne un exemple précis de cette utilisation à la suite des tables de prédiction.



101

OBSERVATIONS
DE QUELQUES ECLIPSES
DES
SATELLITES DE JUPITER
Faites en même temps en divers lieux l'An 1703.

IMmerſion du premier Satellite dans l'ombre de Jupiter le 28 Aouſt.

A Paris par une Lunete de 18 pieds à	11h	55′	24″
A Bologne en Italie par une Lunete de 10 pieds, Par M. Manfredi.	12	31	28
Difference des Meridiens entre Paris & Bologne.		36	4
Immerſion du premier Satellite le 28. Aouſt.			
A Lyon, Par les RR. PP. Taillandier & Combes Jeſuites.	12	4	54
A Bologne.	12	31	28
Difference des Meridiens entre Lyon & Bologne.		26	34
A Paris.	12	55	24
Difference des Meridiens entre Paris & Lyon.		9	30
Par les Obſervations de l'Année 1702. rapportées dans la Connoiſſance des Temps de la même Année.			
Difference des Meridiens entre Paris & Bologne, par l'Obſervation du 9. Aouſt.		37	51
Par celle du 13 Aouſt.		35	10
Par celle du 14. Aouſt.		35	43
Par celle du 16. Aouſt.		35	47
Par celle du 24 Aouſt.		35	34
Par celle de cette Année. 1703.		36	4

Cette derniere difference eſt comme moyenne entre les extrêmes tirées des Obſervations des Années precedentes.

La Lunete dont M. Manfredi s'eſt ſervi dans ſes Obſervations n'étant que de dix pieds de Paris, au lieu que la Lunete dont on s'eſt ſervi à Paris eſt de dix ſept pieds, il faut augmenter ces differences de dix ſecondes, d'autant que par les experiences faites par des Lunetes de 9, de 22, & de 34 pieds, rapportés dans la Connoiſſance des Temps de l'An 1691. on a trouvé que la difference des Temps de la même Phaſe, déterminée par ces differentes Lunetes, eſt à peu prés en raiſon de 3 ſecondes pour deux pieds, dont les plus courtes anticipent les Immerſions, & retardent les Emerſions.

N iij

1703-1704

- Dans les CDT de 1703 et 1704, on publie toute une série d'observation d'éclipses des satellites réalisées en 1701. On y montre que les éclipses du premier satellite sont les meilleures car le satellite va plus vite et son mouvement mieux connu. On constate aussi qu'une correction doit être apportée selon la lunette utilisée. On expliquera aussi que, en comparant observations et prédictions, on peut corriger celles-ci pour une meilleure détermination des longitudes.

ſçavoir l'aſpect : ôtez la plus petite longitude de la plus grande, le reſte ſera la diſtance des deux Planetes. Si cette diſtance eſt de deux ſignes, l'aſpect ſera ſextil. Si elle eſt de trois ſignes, l'aſpect ſera quadrat ; & ainſi des autres, comme il eſt expliqué par la figure des Aſpects, à la quatriéme page.

DES IMMERSIONS ET DES Emerſions du premier Satellite de Jupiter.

LEs Satellites de Jupiter ſont de petites Etoiles qui font leur révolution autour de cette Planete à peu près comme la Lune fait ſa révolution autour de la Terre. On ne peut les voir qu'avec des Lunettes d'approche. Jupiter a quatre Satellites. Le premier fait ſa révolution autour de cette Planete en 42 heures 29 minutes : le ſecond en 3 jours 13 heures 18 minutes : le troiſiéme en 7 jours 4 heures : le quatriéme en 16 jours 18 heu. 5 min.

On appelle Immerſion le temps auquel le Satellite ceſſe de paroître, en tombant dans l'ombre que le corps de Jupiter jette du côté oppoſé au Soleil ; on appelle Emerſion, le moment auquel le Satellite commence à paroître en ſortant de l'ombre de Jupiter, comme on appelle Immerſion, ou Emerſion de la Lune le temps où elle entre dans l'ombre de la terre, ou bien celui où elle ſort de cette ombre.

On a placé à la fin du Calendrier, la Table des Immerſions & des Emerſions du premier Satellite de Jupiter, ſçavoir les Immerſions depuis la conjonction de Jupiter avec le Soleil, juſqu'à ſon oppoſition ; & les Emerſions depuis l'oppoſition juſqu'à la conjonction, marquant dans cette même colomne l'heure & la minute de l'oppoſition & de la conjonction. Les lettres *M.* ou *S.* qui ſont enſuite des minutes du temps des Emerſions ou des Immerſions, marquent que ce ſont des

1726

- En 1726, les explications sont claires pour montrer comment se servir de la Connaissance des temps pour déterminer les longitudes géographiques : d'abord l'observation est aisée avec une petite lunette, ensuite les éclipses sont utiles aussi bien au géographe qu'au voyageur. Le géographe doit observer et faire observer un même phénomène depuis deux lieux différents alors que le voyageur observe un phénomène dont il a la prédiction à Paris dans la CDT.

heures du matin ou des heures du ſoir.

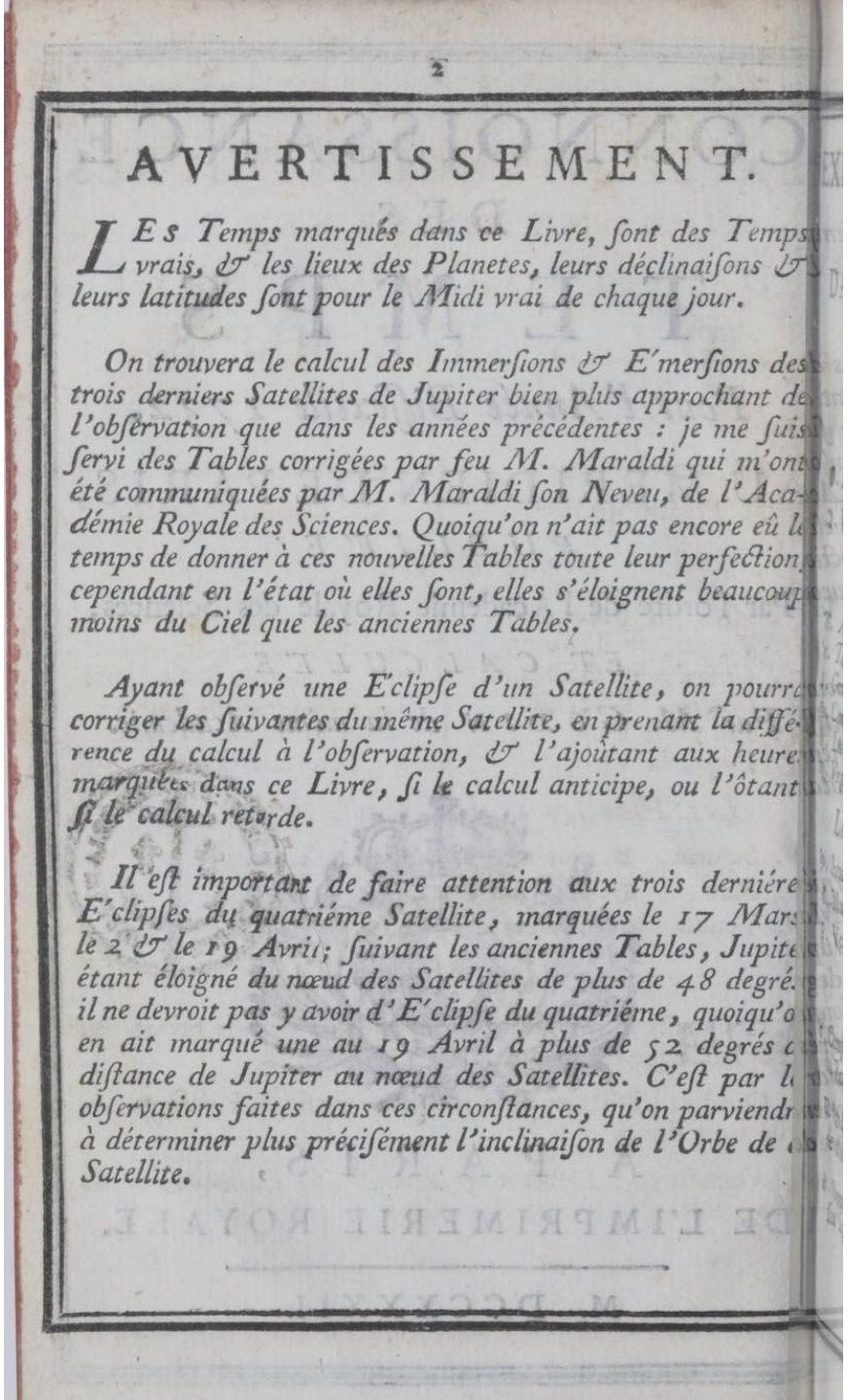
Il n'eſt rien de plus aiſé que d'obſerver les Immerſions & les Emerſions du premier Satellite : il ne faut pour cela qu'une Lunette d'approche d'environ 10 pieds, & une Pendule reglée ſur le moyen mouvement, & miſe avec le Soleil, quelque temps avant ou après l'obſervation.

On trouve par le moyen des Immerſions & des Emerſions, les longitudes Géographiques, avec beaucoup plus de préciſion que par les Eclipſes de Lune. Car ſi deux perſonnes obſervent en differens lieux la même Immerſion ou la même Emerſion, & qu'ils comparent enſuite le temps vrai de leurs obſervations; la difference en heures, minutes & ſecondes, ſera celle des Meridiens. Si l'on réduit ces temps en degrez & minutes par la Table page 83, on aura la difference de longitude en degrez & minutes, entre les lieux où les obſervations auront été faites.

Pour trouver la difference de longitude entre Paris & tout autre lieu, il ſuffit d'obſerver en ce lieu là quelque Immerſion ou quelque Emerſion, & de comparer le temps vrai de l'obſervation avec l'heure & la minute de la même Emerſion calculée pour Paris : la difference des temps reduite en degrez, minutes, &c. ſera la difference entre le meridien de ce lieu & le meridien de Paris, de laquelle on pourra ſe ſervir, en attendant que l'on ait des obſervations correſpondantes.

1726

- En 1726, les explications sont claires pour montrer comment se servir de la Connaissance des temps pour déterminer les longitudes géographiques : d'abord l'observation est aisée avec une petite lunette, ensuite les éclipses sont utiles aussi bien au géographe qu'au voyageur. Le géographe doit observer et faire observer un même phénomène depuis deux lieux différents alors que le voyageur observe un phénomène dont il a la prédiction à Paris dans la CDT.



2

AVERTISSEMENT.

LEs Temps marqués dans ce Livre, ſont des Temps vrais, & les lieux des Planetes, leurs déclinaiſons & leurs latitudes ſont pour le Midi vrai de chaque jour.

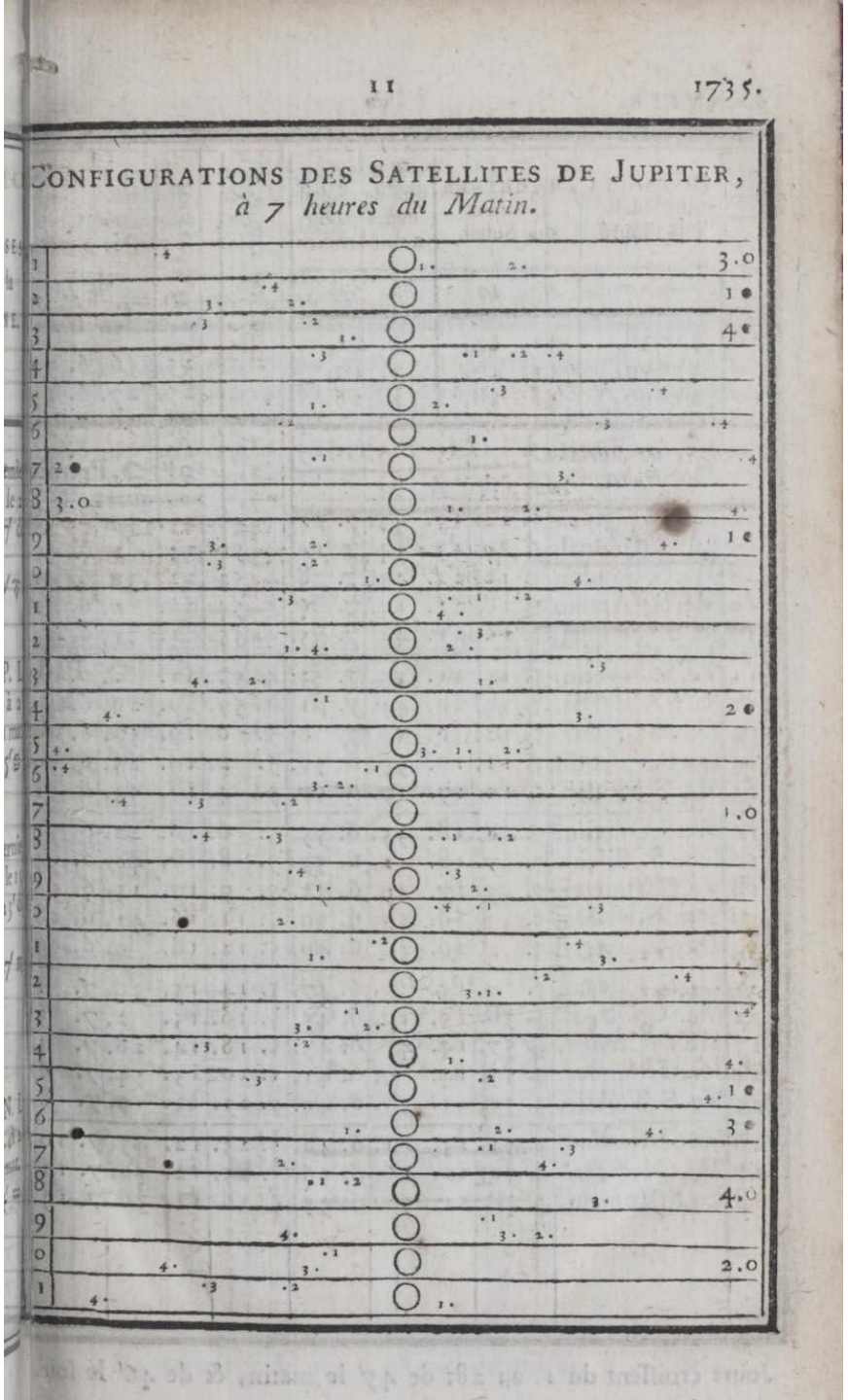
On trouvera le calcul des Immerſions & E'merſions des trois derniers Satellites de Jupiter bien plus approchant de l'obſervation que dans les années précédentes : je me ſuis ſervi des Tables corrigées par feu M. Maraldi qui m'ont été communiquées par M. Maraldi ſon Neveu, de l'Académie Royale des Sciences. Quoiqu'on n'ait pas encore eû le temps de donner à ces nouvelles Tables toute leur perfection, cependant en l'état où elles ſont, elles s'éloignent beaucoup moins du Ciel que les anciennes Tables.

Ayant obſervé une E'clipſe d'un Satellite, on pourra corriger les ſuivantes du même Satellite, en prenant la différence du calcul à l'obſervation, & l'ajoûtant aux heures marquées dans ce Livre, ſi le calcul anticipe, ou l'ôtant ſi le calcul retarde.

Il eſt important de faire attention aux trois dernières E'clipſes du quatriéme Satellite, marquées le 17 Mars le 2 & le 19 Avril; ſuivant les anciennes Tables, Jupiter étant éloigné du nœud des Satellites de plus de 48 degrés il ne devroit pas y avoir d'E'clipſe du quatriéme, quoiqu'on en ait marqué une au 19 Avril à plus de 52 degrés de diſtance de Jupiter au nœud des Satellites. C'eſt par les obſervations faites dans ces circonſtances, qu'on parviendra à déterminer plus préciſément l'inclinaiſon de l'Orbe de ce Satellite.

1732

- A partir de 1732, la précision des prédictions s'améliore : les tables de Cassini sont remplacées par celles de Maraldi. Le modèle du mouvement des satellites, bien que toujours cinématique, va mieux prendre en compte toutes les observations. Les « égalités » (écarts au mouvement périodique uniforme) sont mieux connues et mieux modélisées. Les prédictions ne sont plus données à la minute mais à la seconde de temps.



1735

- On publie maintenant des configurations des satellites : ces graphiques permettent à l'observateur de bien identifier la position des satellites par rapport à Jupiter.

lorſqu'elle eſt occidentale ; la ſomme ou le reſte ſera l'heure cherchée.

EXEMPLE.

L'on veut ſçavoir quelle heure il eſt à Pékin lorſqu'il eſt 2 heures après midi à Paris. L'on trouve dans la Table, vis-à-vis de Pekin, la différence des Méridiens, de $7^h\ 37'\ 6''$, *Orientale*. Ajoûtez-les à 2 heures, vous aurez l'heure cherchée ſous le Méridien de Pékin, $9^h\ 37'\ 6''$ du ſoir, lorſqu'il eſt 2 heures après midi à Paris.

Trouver quelle heure il eſt au Méridien de Paris, à une heure donnée ſous un autre Méridien.

OStez des heures données la différence des Méridiens en temps, ſi elle eſt orientale ; ajoûtez-là, ſi elle eſt occidentale, &c.

Sçachant en quel temps arrivera à Paris une Eclipſe de Lune, une Immerſion ou une Emerſion d'un Satellite de Jupiter, ou quelqu'autre Phénomène ſemblable, on trouvera à quelle heure il doit arriver ſous un autre Méridien, en cherchant par le premier Problème l'heure qu'il eſt ſous le Méridien propoſé, à l'heure que le Phénomène paroît à Paris.

1746

- Le problème d'un temps universel trouve sa solution avec les éclipses des satellites de Jupiter. Notons qu'une éclipse de Lune peut aussi faire l'affaire mais elles sont plus rares !

TABLES pour trouver la configuration des Satellites de Jupiter.

I. *Époques ou longitudes moyennes des quatre Satellites de* ♃.

ANNÉES.	I. SAT.			II. SAT.			III. SAT.			IV. SAT.		
	S.	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*
1700.	2.	12.	12	2.	12.	28	5.	12.	47	7.	17.	6
1759.	8.	16.	7	3.	26.	50	4.	17.	20	10.	2.	58
1761.	10.	26.	33	2.	1.	46	6.	19.	31	7.	21.	27
1762.	2.	20.	2	11.	13.	33	6.	25.	27	6.	4.	54
1763.	6.	13.	30	8.	25.	20	7.	1.	23	4.	18.	22
1764.	5.	0.	28	9.	18.	29	8.	27.	38	3.	23.	23
1765.	8.	23.	57	7.	0.	16	9.	3.	34	2.	6.	51
1766.	0.	17.	25	4.	12.	3	9.	9.	30	0.	20.	18
1767.	4.	10.	54	1.	23.	50	9.	15.	26	11.	3.	45
1768.	2.	27.	52	2.	16.	59	11.	11.	41	10.	8.	47
1769.	6.	21.	20	11.	29.	16	11.	17.	37	8.	22.	14
1770.	10.	14.	49	9.	10.	33	11.	23.	33	7.	5.	42

II. *Mouvement des quatre Satellites au premier de chaque mois.*

MOIS.	I. SAT.			II. SAT.			III. SAT.			IV. SAT.		
		D.	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*
Janvier . . .	6.	23.	29	3.	11.	22	1.	20.	19	0.	21.	34
Février. . . .	1.	1.	39	0.	3.	59	5.	20.	10	11.	0.	17
Mars.	10.	29.	20	10.	22.	29	4.	19.	3	7.	4.	16
Avril	5.	7.	30	7.	15.	6	8.	18.	54	5.	12.	58
Mai	4.	22.	10	0.	26.	21	10.	28.	26	3.	0.	6
Juin.	11.	0.	19	9.	18.	58	2.	28.	17	1.	8.	49
Juillet. . . .	10.	15.	0	3.	0.	12	5.	7.	49	10.	25.	56
Août	4.	23.	9	11.	22.	49	9.	7.	39	9.	4.	39
Septembre..	11.	1.	19	8.	15.	26	1.	7.	30	7.	13.	21
Octobre. . .	10.	15.	59	1.	26.	41	3.	17.	2	5.	0.	29
Novembre..	4.	24.	8	10.	19.	18	7.	16.	53	3.	9.	11
Décembre..	4.	8.	48	4.	0.	32	9.	26.	24	0.	26.	19

Dans les années biſſextiles, on retranche un jour de la date propoſée, ſi c'eſt dans les mois de Janvier & de Février.

1763

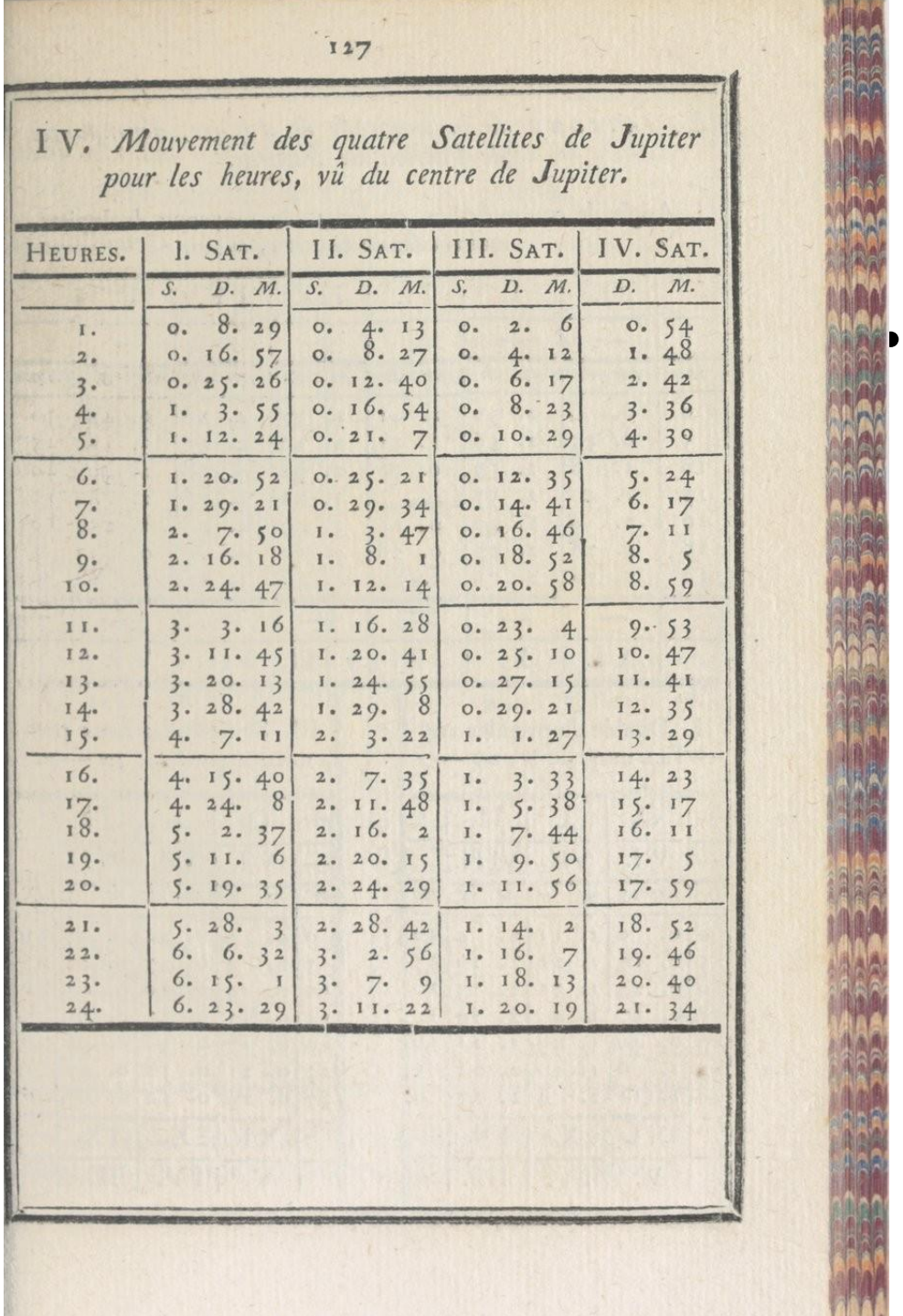
En 1763, on commence à publier des éphémérides des satellites : ce ne sont que des tables qui permettent de calculer soit même la position du satellite souhaité (les configurations ne sont pas présentes dans tous les volumes de la CDT, on semble hésiter entre tables ou représentation graphique).

III. *Moyen mouvement des quatre Satellites de Jupiter, pour les jours.*

Jours.	I. Sat.			II. Sat.			III. Sat.			IV. Sat.		
	S.	*D.*	*M*	*S.*	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*
2.	6.	23.	29	3.	11.	22	1.	20.	19	0.	21.	34
3.	1.	16.	59	6.	22.	45	3.	10.	38	1.	13.	9
4.	8.	10.	28	10.	4.	7	5.	0.	57	2.	4.	43
5.	3.	3.	57	1.	15.	30	6.	21.	16	2.	26.	17
6.	9.	27.	27	4.	26.	52	8.	11.	35	3.	17.	51
7.	4.	20.	56	8.	8.	15	10.	1.	54	4.	9.	26
8.	11.	14.	25	11.	19.	37	11.	22.	13	5.	1.	0
9.	6.	7.	55	3.	1.	0	1.	12.	32	5.	22.	34
10.	1.	1.	24	6.	12.	22	3.	2.	52	6.	14.	8
11.	7.	24.	53	9.	23.	45	4.	23.	11	7.	5.	43
12.	2.	18.	23	1.	5.	7	6.	13.	30	7.	27.	17
13.	9.	11.	52	4.	16.	30	8.	3.	49	8.	18.	51
14.	4.	5.	21	7.	27.	52	9.	24.	8	9.	10.	25
15.	10.	28.	51	11.	9.	15	11.	14.	27	10.	2.	0
16.	5.	22.	20	2.	20.	37	1.	4.	46	10.	23,	34
17.	0.	15.	49	6.	2.	0	2.	25.	5	11.	15.	8
18.	7.	9.	19	9.	13.	22	4.	15.	24	0.	6.	43
19.	2.	2.	48	0.	24.	45	6.	5.	43	0.	28.	17
20.	8.	26.	17	4.	6.	7	7.	26.	2	1,	19.	51
21.	3.	19.	47	7.	17.	30	9.	16.	21	2.	11.	25
22.	10.	13.	16	10.	28.	52	11.	6.	40	3.	3.	0
23.	5.	6.	45	2.	10.	15	0.	26.	59	3.	24.	34
24.	0.	0.	15	5.	21.	37	2.	17.	18	4.	16.	8
25.	6.	23.	44	9.	3.	0	4.	7.	37	5.	7.	42
26.	1.	17.	13	0.	14.	22	5.	27.	56	5.	29.	17
27.	8.	10.	43	3.	25.	45	7.	18.	15	6.	20.	51
28.	3.	4.	12	7.	7.	7	9.	8.	35	7.	12.	25
29.	9.	27.	41	10.	18.	30	10.	28.	54	8.	3.	59
30.	4.	21.	11	1.	29.	52	0.	19,	13	8.	25.	34
31.	11.	14.	40	5.	11.	15	2.	9.	32	9.	17.	8

1763

- En 1763, on commence à publier des éphémérides des satellites : ce ne sont que des tables qui permettent de calculer soit même la position du satellite souhaité (les configurations ne sont pas présentes dans tous les volumes de la CDT, on semble hésiter entre tables ou représentation graphique).



127

IV. *Mouvement des quatre Satellites de Jupiter pour les heures, vû du centre de Jupiter.*

Heures.	I. Sat.			II. Sat.			III. Sat.			IV. Sat.	
	S.	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*	*S.*	*D.*	*M.*	*D.*	*M.*
1.	0.	8.	29	0.	4.	13	0.	2.	6	0.	54
2.	0.	16.	57	0.	8.	27	0.	4.	12	1.	48
3.	0.	25.	26	0.	12.	40	0.	6.	17	2.	42
4.	1.	3.	55	0.	16.	54	0.	8.	23	3.	36
5.	1.	12.	24	0.	21.	7	0.	10.	29	4.	30
6.	1.	20.	52	0.	25.	21	0.	12.	35	5.	24
7.	1.	29.	21	0.	29.	34	0.	14.	41	6.	17
8.	2.	7.	50	1.	3.	47	0.	16.	46	7.	11
9.	2.	16.	18	1.	8.	1	0.	18.	52	8.	5
10.	2.	24.	47	1.	12.	14	0.	20.	58	8.	59
11.	3.	3.	16	1.	16.	28	0.	23.	4	9.	53
12.	3.	11.	45	1.	20.	41	0.	25.	10	10.	47
13.	3.	20.	13	1.	24.	55	0.	27.	15	11.	41
14.	3.	28.	42	1.	29.	8	0.	29.	21	12.	35
15.	4.	7.	11	2.	3.	22	1.	1.	27	13.	29
16.	4.	15.	40	2.	7.	35	1.	3.	33	14.	23
17.	4.	24.	8	2.	11.	48	1.	5.	38	15.	17
18.	5.	2.	37	2.	16.	2	1.	7.	44	16.	11
19.	5.	11.	6	2.	20.	15	1.	9.	50	17.	5
20.	5.	19.	35	2.	24.	29	1.	11.	56	17.	59
21.	5.	28.	3	2.	28.	42	1.	14.	2	18.	52
22.	6.	6.	32	3.	2.	56	1.	16.	7	19.	46
23.	6.	15.	1	3.	7.	9	1.	18.	13	20.	40
24.	6.	23.	29	3.	11.	22	1.	20.	19	21.	34

1763

- En 1763, on commence à publier des éphémérides des satellites : ce ne sont que des tables qui permettent de calculer soit même la position du satellite souhaité (les configurations ne sont pas présentes dans tous les volumes de la CDT, on semble hésiter entre tables ou représentation graphique).

l'effet de la Nutation, & par conſéquent la longitude du nœud de la Lune, qui règle la Nutation.

DES ÉCLIPSES DES SATELLITES DE JUPITER.

LES quatre Satellites de Jupiter furent découverts par Galilée le 7 Janvier 1610, peu après la découverte des lunettes d'approche qu'il avoit lui-même perfectionnées. *Simon Marius* aſſura les avoir vûs de ſon côté dès le mois de Novembre 1609: voici les durées de leurs révolutions, ſoit par rapport au Soleil, ſoit par rapport aux Étoiles fixes, d'après les Obſervations les plus récentes, & leurs diſtances au centre de Jupiter, ſuivant M. Caſſini.

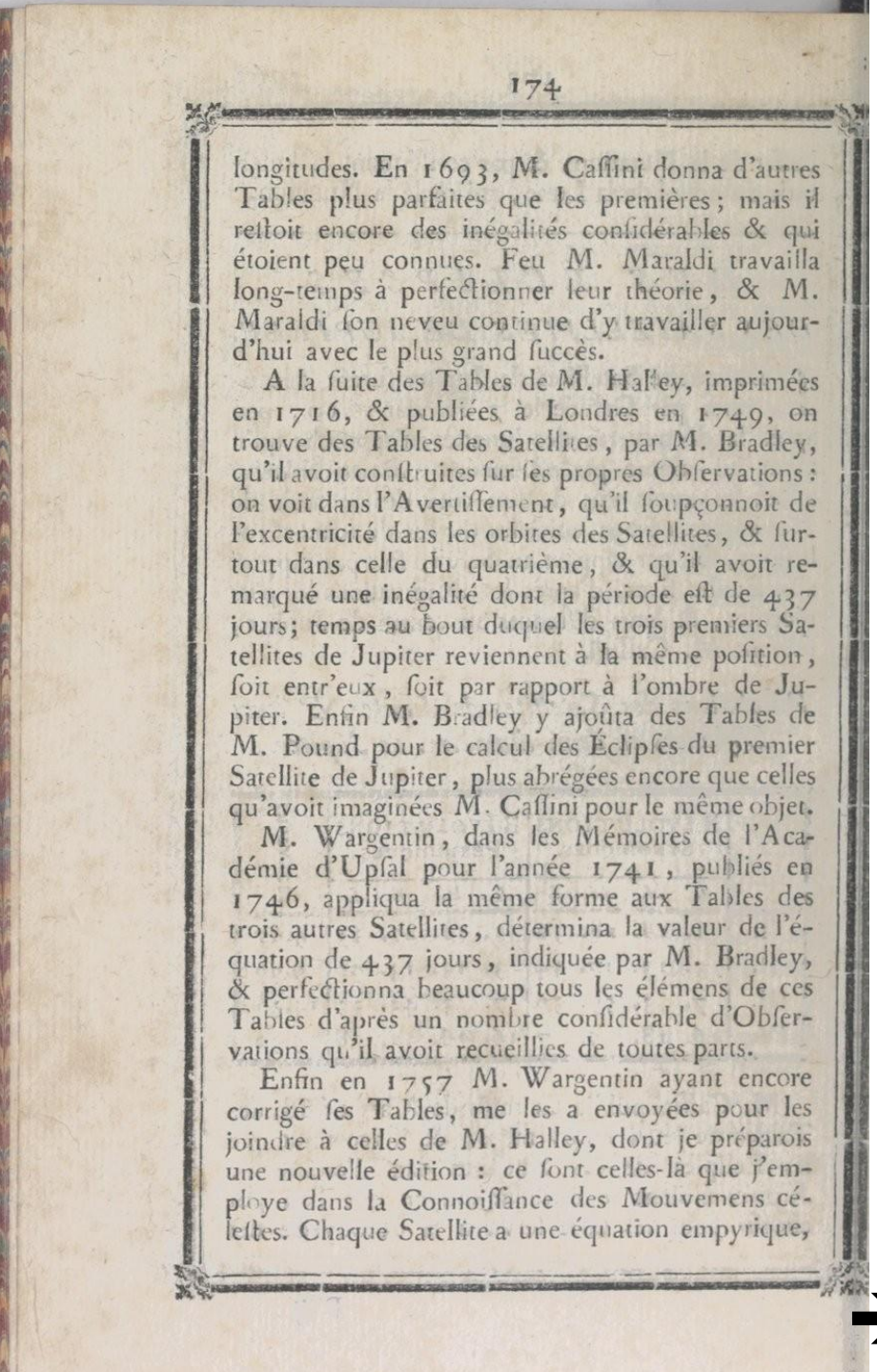
Révolutions des Satellites de Jupiter, & leurs Diſtances en demi-diamètres de Jupiter.

	Révolutions Synodiques.				Révolutions Périodiques.				Distances
	J.	H.	M.	S.	J.	H.	M.	S.	
I.	1.	18.	28.	36	1.	18.	27.	33	5,67
II.	3.	13.	17.	54	3.	13.	13.	42	9,00
III.	7.	3.	59.	36	7.	3.	42.	33	14,38
IV.	16.	18.	5.	7	16.	16.	32.	8	25,30

M. Caſſini publia au mois de Mars 1668, des Tables de leurs mouvemens, & il reconnut que les Éclipſes de ces Satellites dans l'ombre de Jupiter étoient le meilleur moyen que l'on pût choiſir pour les faire ſervir à la découverte des

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.



longitudes. En 1693, M. Caſſini donna d'autres Tables plus parfaites que les premières; mais il reſtoit encore des inégalités conſidérables & qui étoient peu connues. Feu M. Maraldi travailla long-temps à perfectionner leur théorie, & M. Maraldi ſon neveu continue d'y travailler aujourd'hui avec le plus grand ſuccès.

A la ſuite des Tables de M. Halley, imprimées en 1716, & publiées à Londres en 1749, on trouve des Tables des Satellites, par M. Bradley, qu'il avoit conſtruites ſur ſes propres Obſervations: on voit dans l'Avertiſſement, qu'il ſoupçonnoit de l'excentricité dans les orbites des Satellites, & ſurtout dans celle du quatrième, & qu'il avoit remarqué une inégalité dont la période eſt de 437 jours; temps au bout duquel les trois premiers Satellites de Jupiter reviennent à la même poſition, ſoit entr'eux, ſoit par rapport à l'ombre de Jupiter. Enfin M. Bradley y ajoûta des Tables de M. Pound pour le calcul des Éclipſes du premier Satellite de Jupiter, plus abrégées encore que celles qu'avoit imaginées M. Caſſini pour le même objet.

M. Wargentin, dans les Mémoires de l'Académie d'Upſal pour l'année 1741, publiés en 1746, appliqua la même forme aux Tables des trois autres Satellites, détermina la valeur de l'équation de 437 jours, indiquée par M. Bradley, & perfectionna beaucoup tous les élémens de ces Tables d'après un nombre conſidérable d'Obſervations qu'il avoit recueillies de toutes parts.

Enfin en 1757 M. Wargentin ayant encore corrigé ſes Tables, me les a envoyées pour les joindre à celles de M. Halley, dont je préparois une nouvelle édition: ce ſont celles-là que j'employe dans la Connoiſſance des Mouvemens céleſtes. Chaque Satellite a une équation empyrique,

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.

outre les deux équations de la lumière qui ſont communes à tous, & celle qui pour chaque Satellite dépend de l'équation du centre de Jupiter.

Les inclinaiſons & les nœuds de leurs orbites éprouvent des variations qui ſont encore peu connues : il paroît que l'inclinaiſon du troiſième Satellite varie depuis $3^d\ 2'$ juſqu'à $3^d\ 28'$ qui eſt ſa quantité actuelle en 1761.

Le mouvement des nœuds du quatrième Satellite paroît à M. Maraldi de $5'\ 33''$ par an ſelon l'ordre des Signes : en ſuppoſant ſon inclinaiſon de $2^d\ 36'$, le demi-diamètre de la ſection de l'ombre $2^d\ 8'\ 2''$, & le lieu du nœud en 1745, $4^f\ 16^d\ 11'\ 11''$, il eſt parvenu à repréſenter toutes les obſervations du quatrième Satellite avec plus de préciſion qu'on n'auroit oſé l'eſpérer ; mais dans les Tables de M. Wargentin le lieu du nœud eſt moins avancé de 50 minutes.

Si néanmoins les Tables du ſecond, du troiſième & du quatrième Satellite, ne répondent pas encore parfaitement aux Obſervations ; on ne doit pas s'en étonner juſqu'à ce que la théorie de Jupiter lui-même ſoit mieux connue. On ſait que la longitude de Jupiter s'écarte encore quelquefois de 8 minutes des meilleures Tables : or ces 8 minutes doivent produire 57 ſecondes de temps ſur les Éclipſes du premier Satellite, $1'\ 54''$ dans celles du ſecond, $3'\ 49''$ pour le troiſième, & $8'\ 54''$ ſur le quatrième. M. Wargentin travaille à de nouvelles Tables dans leſquelles ces inégalités doivent entrer ; mais juſque-là on ne doit pas attendre en général de nos calculs une grande préciſion, ſur-tout en conſidérant que ces inégalités ſont compliquées avec celles des demi durées des Éclipſes que nous connoiſſons mal, parce que nous n'en avons encore que très-peu d'obſervations.

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.

M. Maraldi, dans un Mémoire lû à l'Académie en 1760, a fait voir qu'on repréſente aſſez bien toutes les obſervations du quatrième Satellite, en ſuppoſant les Élémens ſuivans.

1.° La plus grande équation de ſon orbite 0^d $55'$ $56''$.

2.° L'époque de ſa longitude moyenne pour 1700, c'eſt-à-dire, le 31 Décembre 1699 à midi, 7^f 17^d $18'$ $2''$.

3.° Le lieu de ſon apſide ou apojove, 10^f 29^d $22'$.

4.° Le mouvement annuel de cette apſide, $44'$ $15''$.

Sur un nombre de cent cinquante-deux obſervations que M. Maraldi a calculées avec ces élémens, il n'y en a que trente dans leſquelles le calcul diffère de l'obſervation de plus de $5'\frac{1}{2}$, parmi leſquelles, quatre obſervations ſeulement diffèrent de 10 minutes, & trois de 13 minutes. On doit comprendre par ce qui vient d'être dit, que c'eſt avoir beaucoup fait que d'être parvenu à les repréſenter avec une auſſi grande préciſion, ſans avoir tenu compte des inégalités de Jupiter.

DE

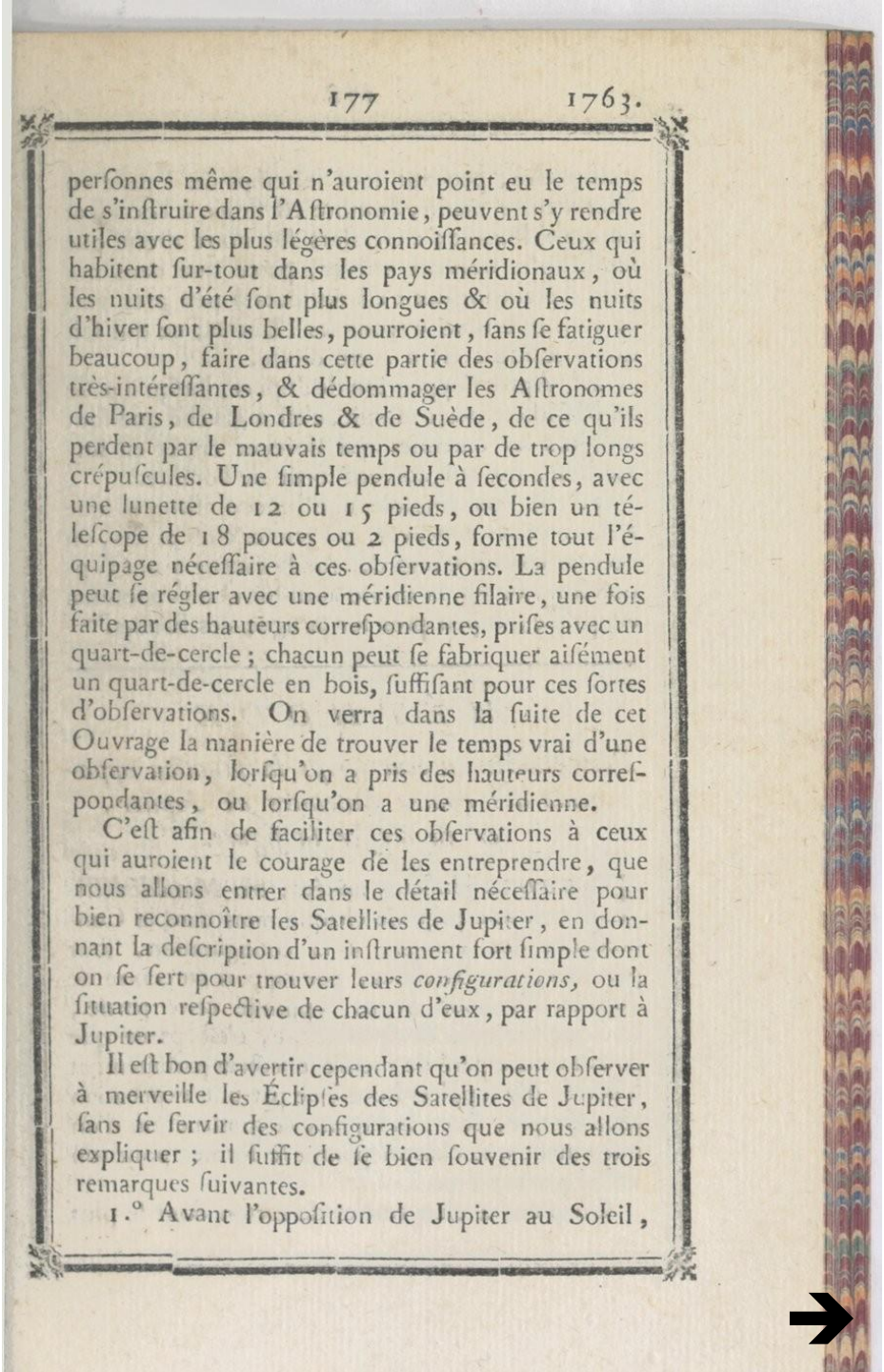
L'OBSERVATION DES ÉCLIPSES DES SATELLITES DE JUPITER.

LES obſervations des Éclipſes des Satellites de Jupiter ſont d'une grande importance dans la Géographie, pour trouver les longitudes ſur terre & ſur mer: elles ſont très-faciles à faire, les

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.

➔



perſonnes même qui n'auroient point eu le temps de s'inſtruire dans l'Aſtronomie, peuvent s'y rendre utiles avec les plus légères connoiſſances. Ceux qui habitent ſur-tout dans les pays méridionaux, où les nuits d'été ſont plus longues & où les nuits d'hiver ſont plus belles, pourroient, ſans ſe fatiguer beaucoup, faire dans cette partie des obſervations très-intéreſſantes, & dédommager les Aſtronomes de Paris, de Londres & de Suède, de ce qu'ils perdent par le mauvais temps ou par de trop longs crépuſcules. Une ſimple pendule à ſecondes, avec une lunette de 12 ou 15 pieds, ou bien un téleſcope de 18 pouces ou 2 pieds, forme tout l'équipage néceſſaire à ces obſervations. La pendule peut ſe régler avec une méridienne filaire, une fois faite par des hauteurs correſpondantes, priſes avec un quart-de-cercle ; chacun peut ſe fabriquer aiſément un quart-de-cercle en bois, ſuffiſant pour ces ſortes d'obſervations. On verra dans la ſuite de cet Ouvrage la manière de trouver le temps vrai d'une obſervation, lorſqu'on a pris des hauteurs correſpondantes, ou lorſqu'on a une méridienne.

C'eſt afin de faciliter ces obſervations à ceux qui auroient le courage de les entreprendre, que nous allons entrer dans le détail néceſſaire pour bien reconnoître les Satellites de Jupiter, en donnant la deſcription d'un inſtrument fort ſimple dont on ſe ſert pour trouver leurs *configurations,* ou la ſituation reſpective de chacun d'eux, par rapport à Jupiter.

Il eſt bon d'avertir cependant qu'on peut obſerver à merveille les Éclipſes des Satellites de Jupiter, ſans ſe ſervir des configurations que nous allons expliquer ; il ſuffit de ſe bien ſouvenir des trois remarques ſuivantes.

1.° Avant l'oppoſition de Jupiter au Soleil,

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.

c'eſt-à-dire, pendant tout le temps qu'il paſſe au Méridien le matin, l'ombre eſt ſituée à l'occident de cette Planète; c'eſt alors ſur notre droite que les Éclipſes doivent arriver, parce que dans nos pays ſeptentrionaux c'eſt toûjours à peu près vers le midi que nous voyons les Planètes; ce qui fait que l'occident eſt à notre droite.

2.° Après l'oppoſition de Jupiter, lorſqu'il paſſe au Méridien avant minuit, c'eſt à gauche que ſont toûjours les Satellites qui doivent entrer en immerſion, ou qui doivent ſortir de l'ombre.

3.° Si l'on emploie une lunette aſtronomique à deux verres concaves, qui renverſe les objets, on doit au contraire regarder ſur la gauche avant l'oppoſition, & ſur la droite auſſi-tôt que l'oppoſition eſt paſſée, à peu près ſur la ligne des bandes.

MÉTHODE

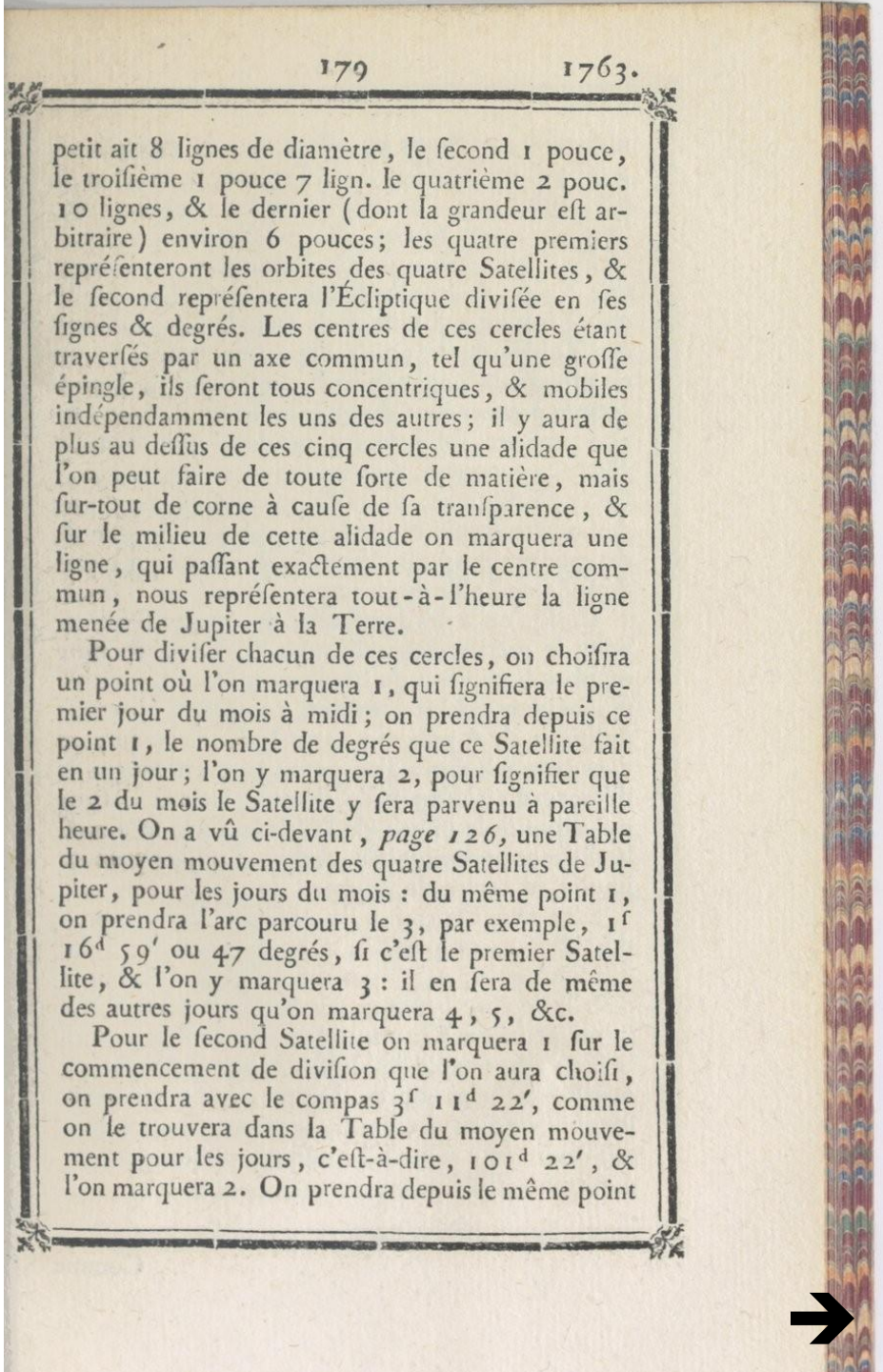
Pour trouver en tout temps la ſituation apparente des quatre Satellites de Jupiter, & en dreſſer la figure.

DEPUIS pluſieurs années, M. Maraldi deſtinoit une page de chaque mois dans la Connoiſſance des Temps, à la configuration, jour par jour, des Satellites, par rapport au centre de Jupiter. Si nous avons ſupprimé cette partie, quoique curieuſe & ſatisfaiſante, c'eſt parce que nous avons eſpéré de mettre le lecteur parfaitement à portée d'y ſuppléer lui-même par une explication aſſez ſimple, & en indiquant la conſtruction d'un inſtrument que chacun pourra ſe former pour ſon utilité particulière.

On prendra cinq cercles de carton dont le plus

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.



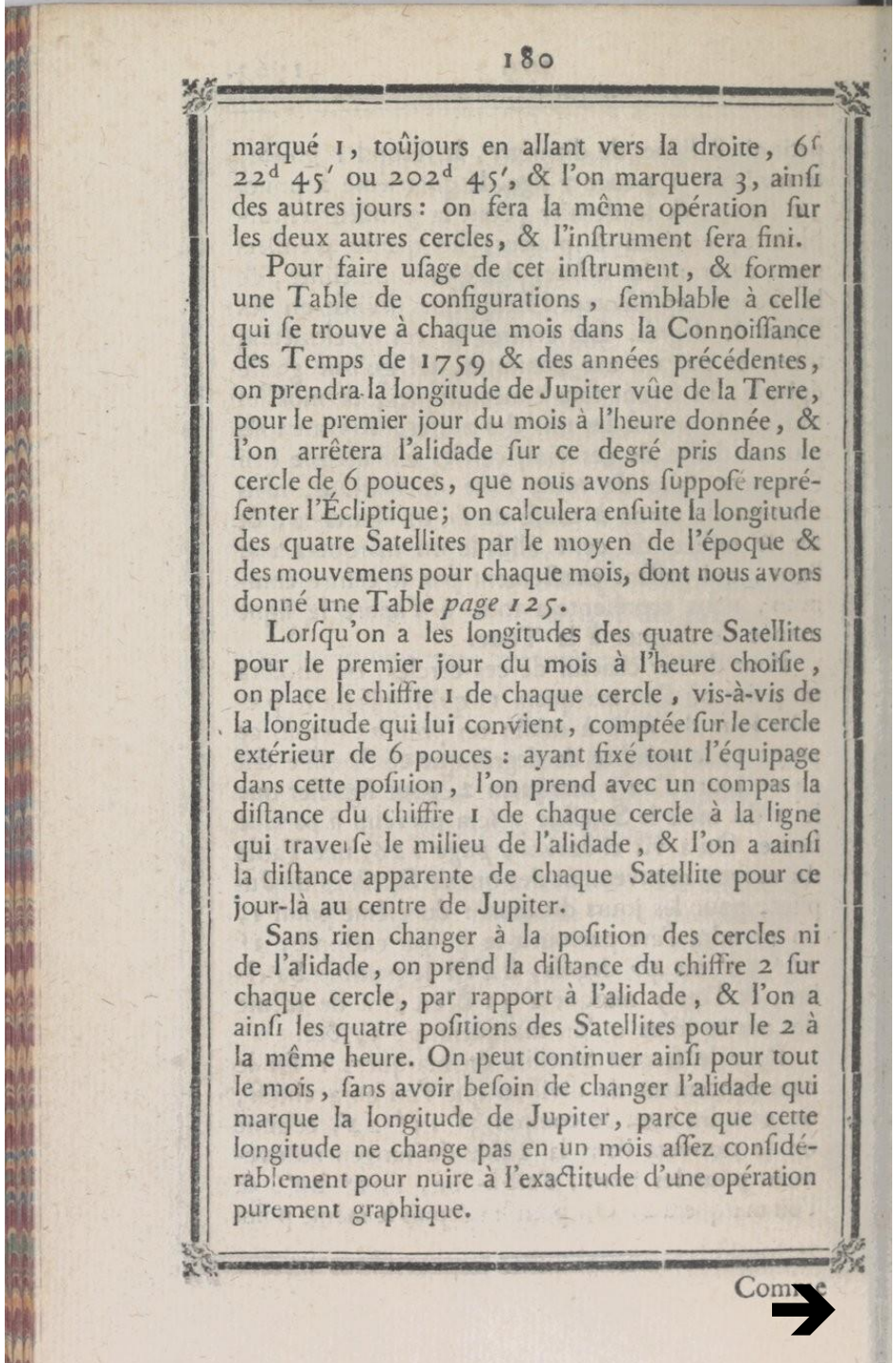
petit ait 8 lignes de diamètre, le ſecond 1 pouce, le troiſième 1 pouce 7 lign. le quatrième 2 pouc. 10 lignes, & le dernier (dont la grandeur eſt arbitraire) environ 6 pouces; les quatre premiers repréſenteront les orbites des quatre Satellites, & le ſecond repréſentera l'Écliptique diviſée en ſes ſignes & degrés. Les centres de ces cercles étant traverſés par un axe commun, tel qu'une groſſe épingle, ils ſeront tous concentriques, & mobiles indépendamment les uns des autres; il y aura de plus au deſſus de ces cinq cercles une alidade que l'on peut faire de toute ſorte de matière, mais ſur-tout de corne à cauſe de ſa tranſparence, & ſur le milieu de cette alidade on marquera une ligne, qui paſſant exactement par le centre commun, nous repréſentera tout-à-l'heure la ligne menée de Jupiter à la Terre.

Pour diviſer chacun de ces cercles, on choiſira un point où l'on marquera 1, qui ſignifiera le premier jour du mois à midi; on prendra depuis ce point 1, le nombre de degrés que ce Satellite fait en un jour; l'on y marquera 2, pour ſignifier que le 2 du mois le Satellite y ſera parvenu à pareille heure. On a vû ci-devant, *page 126*, une Table du moyen mouvement des quatre Satellites de Jupiter, pour les jours du mois : du même point 1, on prendra l'arc parcouru le 3, par exemple, $1^{f}\ 16^{d}\ 59'$ ou 47 degrés, ſi c'eſt le premier Satellite, & l'on y marquera 3 : il en ſera de même des autres jours qu'on marquera 4, 5, &c.

Pour le ſecond Satellite on marquera 1 ſur le commencement de diviſion que l'on aura choiſi, on prendra avec le compas $3^{f}\ 11^{d}\ 22'$, comme on le trouvera dans la Table du moyen mouvement pour les jours, c'eſt-à-dire, $101^{d}\ 22'$, & l'on marquera 2. On prendra depuis le même point

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.



180

marqué 1, toûjours en allant vers la droite, 6ᶜ 22ᵈ 45′ ou 202ᵈ 45′, & l'on marquera 3, ainſi des autres jours : on fera la même opération ſur les deux autres cercles, & l'inſtrument ſera fini.

Pour faire uſage de cet inſtrument, & former une Table de configurations, ſemblable à celle qui ſe trouve à chaque mois dans la Connoiſſance des Temps de 1759 & des années précédentes, on prendra la longitude de Jupiter vûe de la Terre, pour le premier jour du mois à l'heure donnée, & l'on arrêtera l'alidade ſur ce degré pris dans le cercle de 6 pouces, que nous avons ſuppoſé repréſenter l'Écliptique; on calculera enſuite la longitude des quatre Satellites par le moyen de l'époque & des mouvemens pour chaque mois, dont nous avons donné une Table *page 125*.

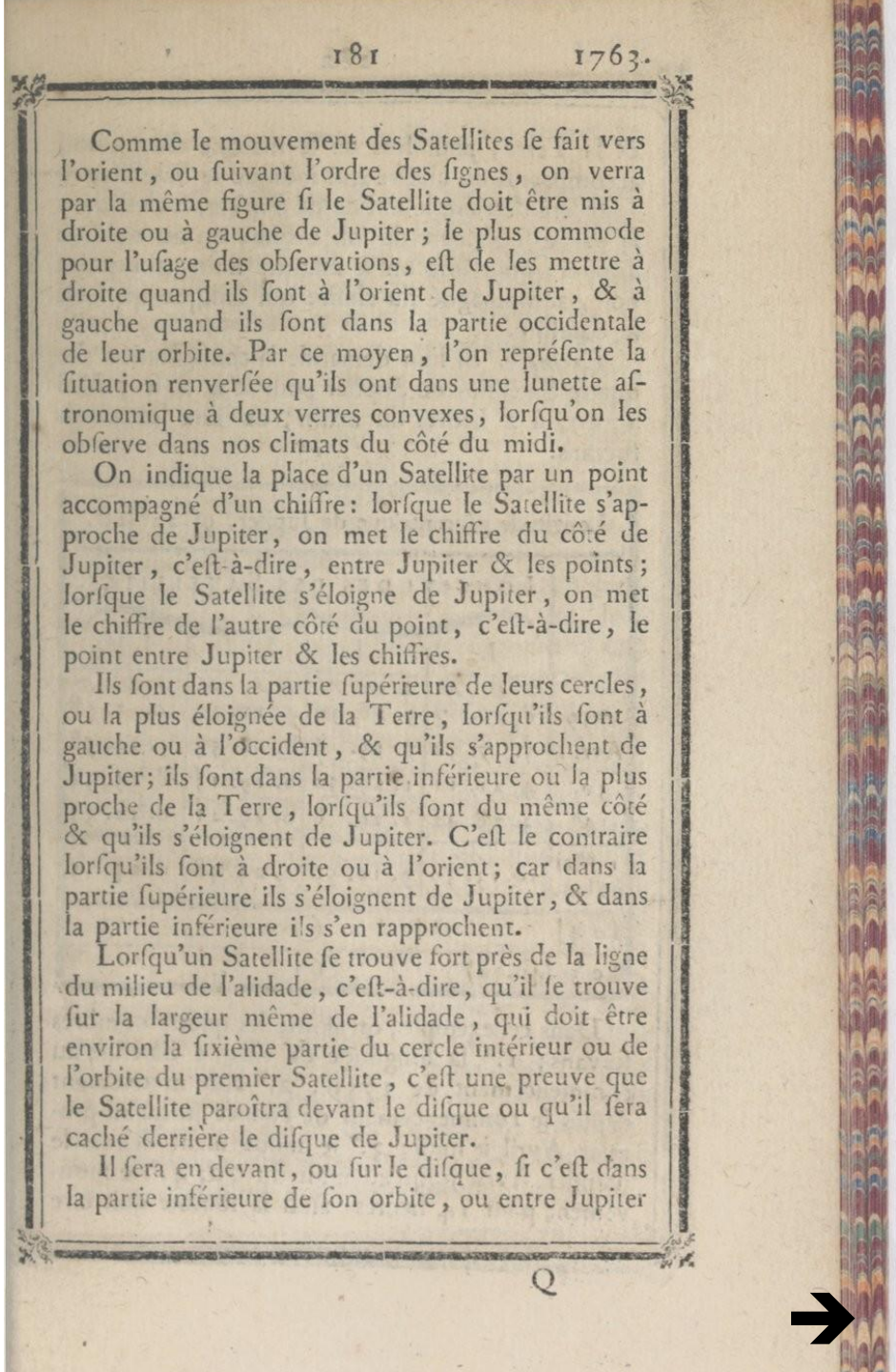
Lorſqu'on a les longitudes des quatre Satellites pour le premier jour du mois à l'heure choiſie, on place le chiffre 1 de chaque cercle, vis-à-vis de la longitude qui lui convient, comptée ſur le cercle extérieur de 6 pouces : ayant fixé tout l'équipage dans cette poſition, l'on prend avec un compas la diſtance du chiffre 1 de chaque cercle à la ligne qui traverſe le milieu de l'alidade, & l'on a ainſi la diſtance apparente de chaque Satellite pour ce jour-là au centre de Jupiter.

Sans rien changer à la poſition des cercles ni de l'alidade, on prend la diſtance du chiffre 2 ſur chaque cercle, par rapport à l'alidade, & l'on a ainſi les quatre poſitions des Satellites pour le 2 à la même heure. On peut continuer ainſi pour tout le mois, ſans avoir beſoin de changer l'alidade qui marque la longitude de Jupiter, parce que cette longitude ne change pas en un mois aſſez conſidérablement pour nuire à l'exactitude d'une opération purement graphique.

Comme

1763

Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.



Comme le mouvement des Satellites ſe fait vers l'orient, ou ſuivant l'ordre des ſignes, on verra par la même figure ſi le Satellite doit être mis à droite ou à gauche de Jupiter; le plus commode pour l'uſage des obſervations, eſt de les mettre à droite quand ils ſont à l'orient de Jupiter, & à gauche quand ils ſont dans la partie occidentale de leur orbite. Par ce moyen, l'on repréſente la ſituation renverſée qu'ils ont dans une lunette aſtronomique à deux verres convexes, lorſqu'on les obſerve dans nos climats du côté du midi.

On indique la place d'un Satellite par un point accompagné d'un chiffre: lorſque le Satellite s'approche de Jupiter, on met le chiffre du côté de Jupiter, c'eſt-à-dire, entre Jupiter & les points; lorſque le Satellite s'éloigne de Jupiter, on met le chiffre de l'autre côté du point, c'eſt-à-dire, le point entre Jupiter & les chiffres.

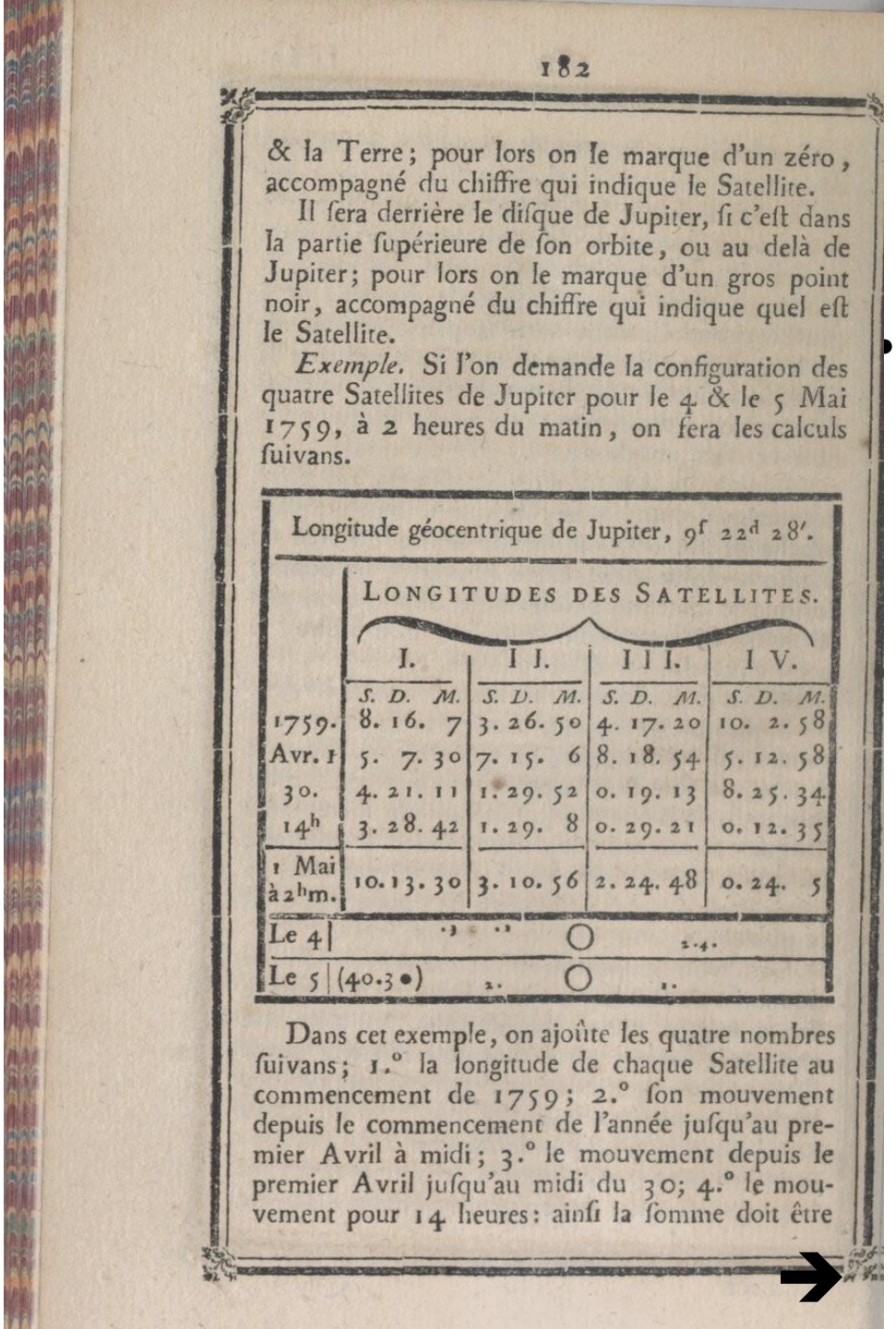
Ils ſont dans la partie ſupérieure de leurs cercles, ou la plus éloignée de la Terre, lorſqu'ils ſont à gauche ou à l'occident, & qu'ils s'approchent de Jupiter; ils ſont dans la partie inférieure ou la plus proche de la Terre, lorſqu'ils ſont du même côté & qu'ils s'éloignent de Jupiter. C'eſt le contraire lorſqu'ils ſont à droite ou à l'orient; car dans la partie ſupérieure ils s'éloignent de Jupiter, & dans la partie inférieure ils s'en rapprochent.

Lorſqu'un Satellite ſe trouve fort près de la ligne du milieu de l'alidade, c'eſt-à-dire, qu'il ſe trouve ſur la largeur même de l'alidade, qui doit être environ la ſixième partie du cercle intérieur ou de l'orbite du premier Satellite, c'eſt une preuve que le Satellite paroîtra devant le diſque ou qu'il ſera caché derrière le diſque de Jupiter.

Il ſera en devant, ou ſur le diſque, ſi c'eſt dans la partie inférieure de ſon orbite, ou entre Jupiter

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.



182

& la Terre; pour lors on le marque d'un zéro, accompagné du chiffre qui indique le Satellite.

Il ſera derrière le diſque de Jupiter, ſi c'eſt dans la partie ſupérieure de ſon orbite, ou au delà de Jupiter; pour lors on le marque d'un gros point noir, accompagné du chiffre qui indique quel eſt le Satellite.

Exemple. Si l'on demande la configuration des quatre Satellites de Jupiter pour le 4 & le 5 Mai 1759, à 2 heures du matin, on fera les calculs ſuivans.

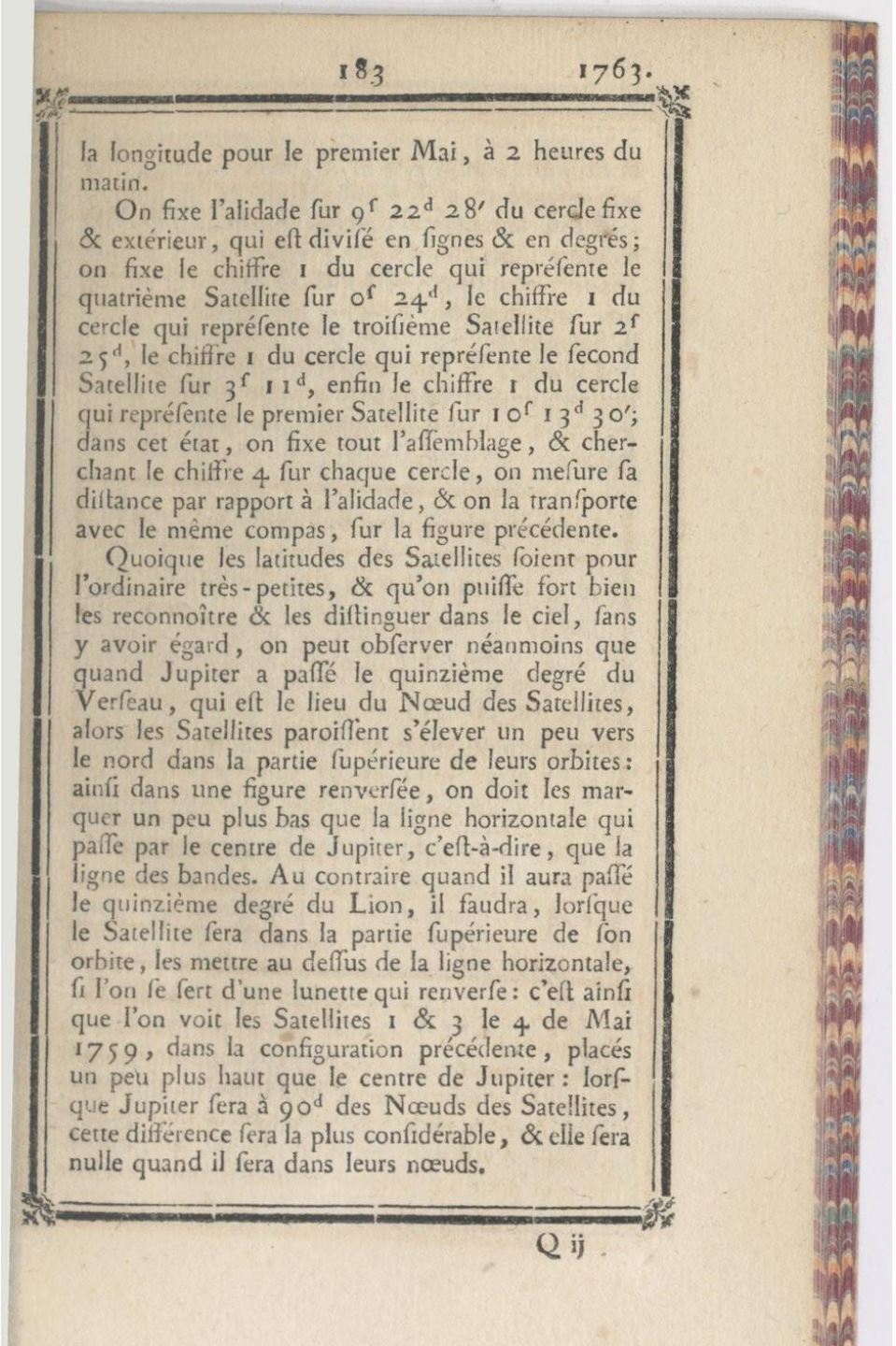
Longitude géocentrique de Jupiter, 9ſ 22d 28′.

	LONGITUDES DES SATELLITES.			
	I.	II.	III.	IV.
	S. D. M.	S. D. M.	S. D. M.	S. D. M.
1759.	8. 16. 7	3. 26. 50	4. 17. 20	10. 2. 58
Avr. 1	5. 7. 30	7. 15. 6	8. 18. 54	5. 12. 58
30.	4. 21. 11	1. 29. 52	0. 19. 13	8. 25. 34
14h	3. 28. 42	1. 29. 8	0. 29. 21	0. 12. 35
1 Mai à 2hm.	10. 13. 30	3. 10. 56	2. 24. 48	0. 24. 5
Le 4		·3 ·· ○	2.4.	
Le 5	(40.3•)	2. ○	1.	

Dans cet exemple, on ajoûte les quatre nombres ſuivans; 1.° la longitude de chaque Satellite au commencement de 1759; 2.° ſon mouvement depuis le commencement de l'année juſqu'au premier Avril à midi; 3.° le mouvement depuis le premier Avril juſqu'au midi du 30; 4.° le mouvement pour 14 heures: ainſi la ſomme doit être

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.



la longitude pour le premier Mai, à 2 heures du matin.

On fixe l'alidade ſur 9ᶠ 22ᵈ 28′ du cercle fixe & extérieur, qui eſt diviſé en ſignes & en degrés; on fixe le chiffre 1 du cercle qui repréſente le quatrième Satellite ſur 0ᶠ 24ᵈ, le chiffre 1 du cercle qui repréſente le troiſième Satellite ſur 2ᶠ 25ᵈ, le chiffre 1 du cercle qui repréſente le ſecond Satellite ſur 3ᶠ 11ᵈ, enfin le chiffre 1 du cercle qui repréſente le premier Satellite ſur 10ᶠ 13ᵈ 30′; dans cet état, on fixe tout l'aſſemblage, & cherchant le chiffre 4 ſur chaque cercle, on meſure ſa diſtance par rapport à l'alidade, & on la tranſporte avec le même compas, ſur la figure précédente.

Quoique les latitudes des Satellites ſoient pour l'ordinaire très-petites, & qu'on puiſſe fort bien les reconnoître & les diſtinguer dans le ciel, ſans y avoir égard, on peut obſerver néanmoins que quand Jupiter a paſſé le quinzième degré du Verſeau, qui eſt le lieu du Nœud des Satellites, alors les Satellites paroiſſent s'élever un peu vers le nord dans la partie ſupérieure de leurs orbites: ainſi dans une figure renverſée, on doit les marquer un peu plus bas que la ligne horizontale qui paſſe par le centre de Jupiter, c'eſt-à-dire, que la ligne des bandes. Au contraire quand il aura paſſé le quinzième degré du Lion, il faudra, lorſque le Satellite ſera dans la partie ſupérieure de ſon orbite, les mettre au deſſus de la ligne horizontale, ſi l'on ſe ſert d'une lunette qui renverſe: c'eſt ainſi que l'on voit les Satellites 1 & 3 le 4 de Mai 1759, dans la configuration précédente, placés un peu plus haut que le centre de Jupiter: lorſque Jupiter ſera à 90ᵈ des Nœuds des Satellites, cette différence ſera la plus conſidérable, & elle ſera nulle quand il ſera dans leurs nœuds.

1763

- Le volume de 1763 comporte une analyse approfondie des différentes tables existantes et des problèmes pour bien modéliser le mouvement des satellites. . Lalande peut dire (page 175) que "les inclinaisons et les nœuds des orbites éprouvent des variations qui sont encore peu connues.

Halley, dans les Inſtitutions aſtronomiques de M. le Monnier & dans pluſieurs autres livres : mais nous avons conſidéré qu'à raiſon de l'uſage fréquent de ces logarithmes, on ne ſauroit les rendre trop familiers & les mettre trop ſouvent entre les mains des Aſtronomes ; ce qui nous a déterminé à les placer ici.

Exemple. On a vû ci-deſſus, *page 191*, qu'on avoit beſoin de cette proportion, $3^d\ 0' : 1'\ 13'' :: 1^d\ 47' : 43''$; pour la faire ſans le ſecours des logarithmes logiſtiques, il faudroit réduire en ſecondes les trois termes donnés : on évite cette longueur en ajoûtant le logarithme de $1'\ 13''$, qui eſt 16930, avec celui de $1^d\ 47'$, qui eſt 15269, & retranchant de la ſomme 32199 le logarithme $3^d\ 0'$, qui eſt 13010, on aura 19189, auquel répondent $0'\ 43''$; c'eſt le quatrième terme de la proportion, ou la quantité cherchée.

DES INÉGALITÉS DE JUPITER provenantes de l'attraction de Saturne ; Et de ce qui en réſulte pour les Satellites de Jupiter.

Pages 135 & ſuivantes.

LES équations de la longitude de Jupiter dépendantes de l'action de Saturne, ſe trouvoient déjà dans le Volume précédent, *page 128;* mais nous les préſentons aujourd'hui ſous une forme bien plus commode, accompagnées d'une application importante & nouvelle.

Au lieu de cinq Tables, qui exigeoient cinq argumens, nous avons tout réduit à un ſeul ar-

1764

- On comprend alors que la mauvaise connaissance du mouvement de Jupiter influe sur celle des satellites

gument *(page 135)* & à une ſeule Table d'équation *(pages 136 & ſuiv.)* L'argument de cette équation eſt appelé nombre *P*, afin qu'on puiſſe l'ajoûter facilement aux autres argumens qui ſe trouvent dans les Tables des mouvemens de Jupiter, ou dans celles des Satellites de Jupiter de M. Wargentin, dont nous avons donné en 1759 une nouvelle édition.

Ce nombre *P* n'eſt autre choſe que la longitude moyenne de Jupiter moins celle de Saturne, en dixièmes de degrés, & nous l'avons ajoûté encore en ſignes & degrés. L'anomalie moyenne de Jupiter, qui eſt le ſecond argument de la Table, eſt appelé nombre *A* dans les Tables des Satellites de Jupier, & nous lui avons conſervé cette dénomination; mais nous avons ajoûté au deſſus les ſignes correſpondans, pour qu'on puiſſe aiſément employer cette équation dans le calcul ordinaire des Tables de Jupiter, où l'on a néceſſairement l'anomalie en ſignes & en degrés.

L'équation que donne la Table des *pages 136 & ſuiv.* doit s'appliquer au lieu calculé par les Tables ordinaires, avant de le comparer à l'obſervation, lorſqu'on veut chercher la correction des élémens de l'orbite, c'eſt-à-dire, de l'excentricité, de l'aphélie, de l'époque & des moyens mouvemens; car il faut convenir que les Tables de Jupiter, auſſi-bien que celles de Saturne, nous laiſſent encore une incertitude de pluſieurs minutes de degrés dans nos calculs.

Toutes les inégalités qui affectent le mouvement de Jupiter, affectent par-là même la poſition relative des Satellites, car nous ne rapportons les mouvemens des Satellites qu'au centre de leur Planète principale, & quand nous augmentons de quelques minutes la longitude de Jupiter, il faut

1764

- On comprend alors que la mauvaise connaissance du mouvement de Jupiter influe sur celle des satellites

augmenter d'autant celles des quatre Satellites pour avoir leurs longitudes en conjonction, les ſeules dont nous faſſions uſage; tout ce qui augmente la longitude de Jupiter retarde le temps de la conjonction de chacun des Satellites: ainſi quand le nombre *A* eſt nul & le nombre *P* de 2250, on ajoûte 6′ 41″ à la longitude de Jupiter; le quatrième Satellite de Jupiter ne peut atteindre les lignes des Sizigies & arriver à ſa conjonction, qu'il n'ait parcouru auſſi cet arc de 6′ 41″, & il lui faut pour cela 7′ 26″ de temps; ainſi la conjonction du quatrième Satellite de Jupiter s'obſervera 7′ 26″ plus tard, à raiſon de cette inégalité de Jupiter: le troiſième Satellite, qui a un mouvement plus prompt, emploiera moins de temps à parcourir ce même arc de 6′ 41″, & l'équation du temps de ſa conjonction ſera moindre dans la même proportion.

Ainſi les nombres de la Table, *pages 139, 140 & 141*, ne ſont autre choſe que ceux des trois pages précédentes, *136, 137 & 138*, convertis en temps, ſuivant la vîteſſe du mouvement du quatrième Satellite; on fera aiſément une Table pareille pour chacun des trois autres Satellites, mais les quantités qui en réſultent étant beaucoup moindres, nous n'avons pas cru devoir leur donner place pour cette fois.

TABLE du diamètre horizontal de la Lune, qui répond à ſa parallaxe pour Paris.

Pages 142 & ſuivantes.

APRÈS avoir trouvé, par les Obſervations que j'avois faites à Berlin en 1751, que le rapport entre la parallaxe horizontale de la Lune

1764

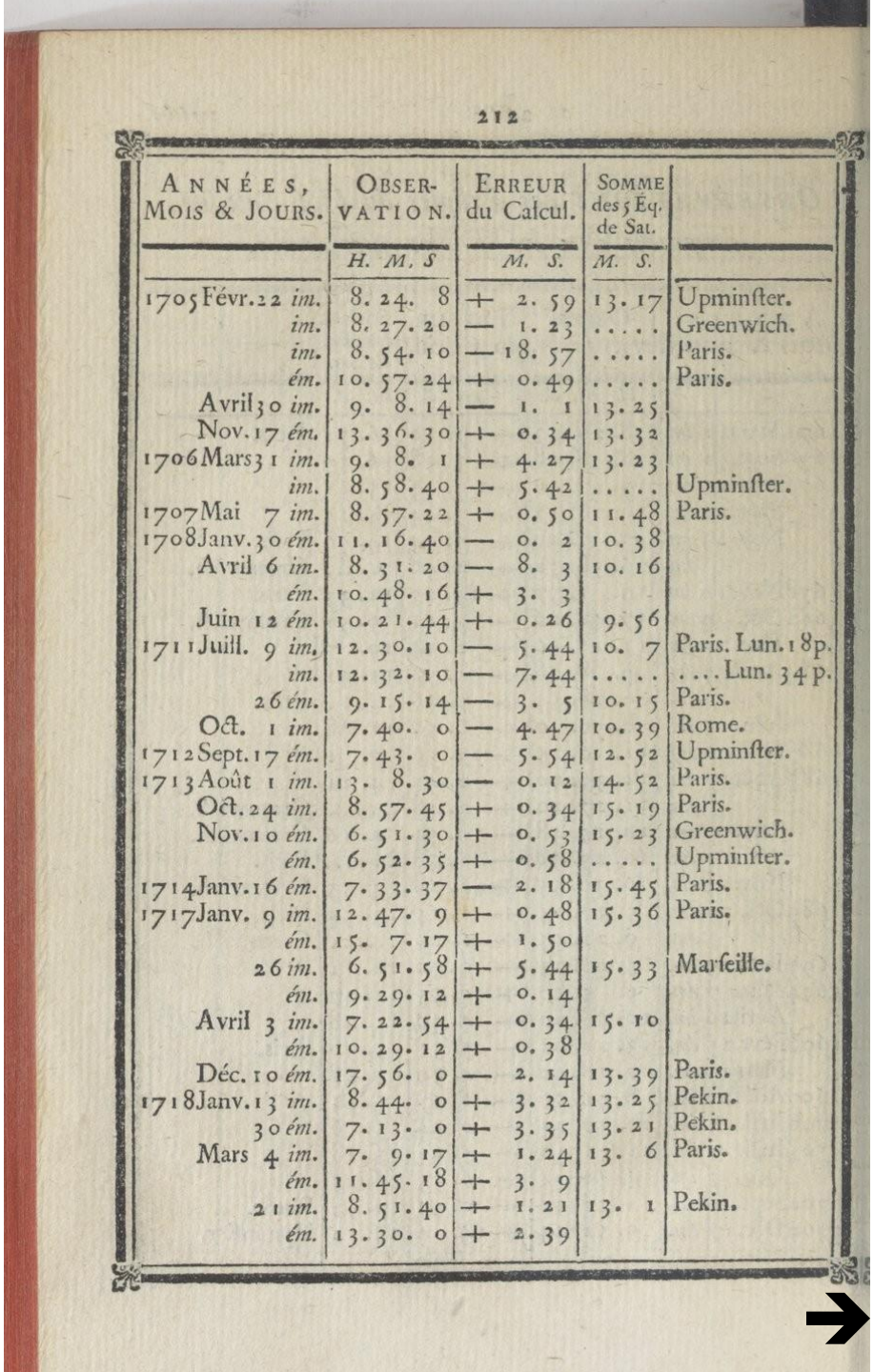
- On comprend alors que la mauvaise connaissance du mouvement de Jupiter influe sur celle des satellites

OBSERVATIONS des Éclipses du IV.e Satellite, comparées avec les Tables précédentes.

ANNÉES, MOIS & JOURS.	OBSERVATION.	ERREUR du Calcul.	SOMME des 5 Éq. de Sat.	
	H. M. S.	M. S.	M. S.	
1671 Mars 31 *im.*	8. 29. 43	— 7. 10	6. 51	Paris.
1676 Sept. 30 *im.*	8. 8. 28	+ 3. 38	16. 39	
1677 Juin 25 *ém.*	15. 27. 30	— 3. 3	15. 41	
Sept. 17 *ém.*	10. 28. 12	+ 3. 44	15. 15	
Nov. 23 *im.*	7. 7. 20	+ 5. 14	14. 56	Paris.
im.	6. 58. 32	+ 4. 46	.....	Greenwich.
1678 Nov. 10 *ém.*	9. 1. 57	+ 15. 25	12. 35	Paris.
1682 Oct. 4 *ém.*	17. 44. 26	— 2. 11	9. 51	Greenwich.
Déc. 27 *ém.*	11. 13. 50	+ 2. 54	10. 7	
1684 Avril 9 *ém.*	9. 8. 28	+ 1. 56	11. 41	
ém.	9. 18. 54	+ 0. 46	.....	Paris.
Juin 15 *ém.*	8. 50. 0	+ 6. 54	11. 48	
1687 Juill. 12 *conj.*	11. 6. 25	+ 12. 56	7. 1	
1688 Août 17 *im.*	11. 36. 40	+ 2. 44	4. 21	
im.	11. 27. 20	+ 2. 48	.....	Greenwich.
Sept. 3 *ém.*	10. 15. 48	— 0. 54	4. 16	Greenwich.
ém.	10. 25. 58	— 1. 48	.....	Paris.
Nov. 9 *im.*	6. 36. 55	+ 4. 20	3. 55	Greenwich.
1689 Oct. 27 *ém.*	9. 33. 15	+ 1. 15	2. 54	Paris.
ém.	9. 22. 45	+ 2. 29	.....	Greenwich.
1693 Janv. 29 *ém.*	5. 46. 25	— 9. 40	10. 1	
1694 Mars 7 *ém.*	9. 5. 20	+ 0. 55	13. 27	
Avril 26 *im.*	10. 58. 20	+ 4. 40	13. 48	
1696 Févr. 25 *ém.*	13. 23. 42	— 5. 31	15. 30	Paris.
Mars 13 *ém.*	7. 18. 40	— 4. 39	15. 28	
1699 Août 21 *im.*	8. 31. 56	— 6. 17	6. 35	
1700 Juill. 5 *im.*	15. 37. 45	— 0. 44	5. 6	
1701 Juill. 9 *ém.*	12. 31. 10	— 5. 42	5. 28	
Déc. 7 *im.*	4. 40. 3	+ 6. 35	6. 5	
1702 Sept. 1 *conj.*	11. 17. 30	— 0. 52	7. 33	Rome.
1704 Déc. 17 *ém.*	9. 52. 44	+ 14. 4	13. 2	Upminſter.

1766

- En 1766, la CDT publie un grand nombre d'observations avec leur écart aux prédictions.

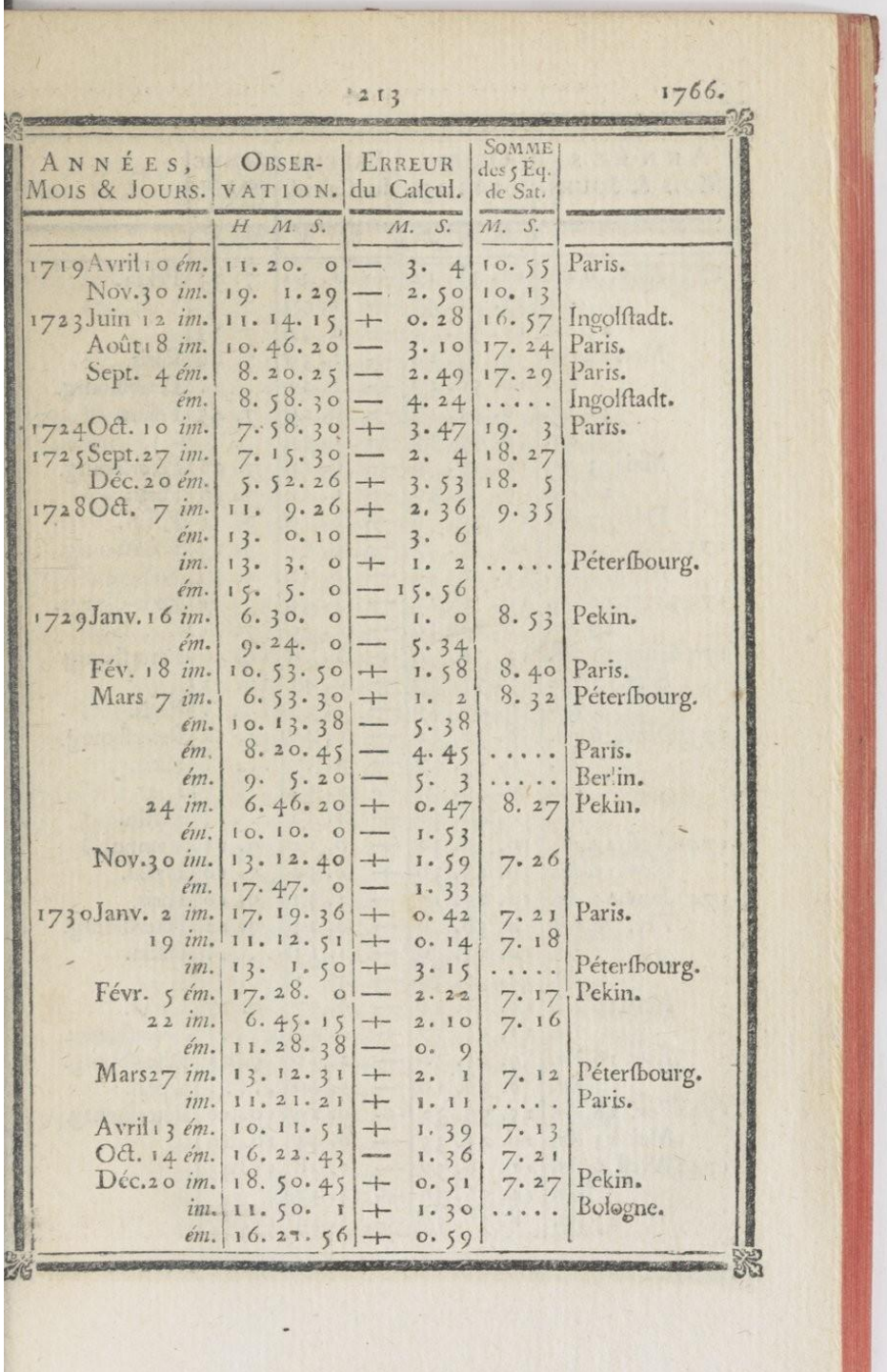


212

Années, Mois & Jours.	Observation.	Erreur du Calcul.	Somme des 5 Éq. de Sat.	
	H. M. S	M. S.	M. S.	
1705 Févr. 22 *im.*	8. 24. 8	+ 2. 59	13. 17	Upminſter.
im.	8. 27. 20	— 1. 23	.....	Greenwich.
im.	8. 54. 10	— 18. 57	.....	Paris.
ém.	10. 57. 24	+ 0. 49	.....	Paris.
Avril 30 *im.*	9. 8. 14	— 1. 1	13. 25	
Nov. 17 *ém.*	13. 36. 30	+ 0. 34	13. 32	
1706 Mars 31 *im.*	9. 8. 1	+ 4. 27	13. 23	
im.	8. 58. 40	+ 5. 42	.....	Upminſter.
1707 Mai 7 *im.*	8. 57. 22	+ 0. 50	11. 48	Paris.
1708 Janv. 30 *ém.*	11. 16. 40	— 0. 2	10. 38	
Avril 6 *im.*	8. 31. 20	— 8. 3	10. 16	
ém.	10. 48. 16	+ 3. 3		
Juin 12 *ém.*	10. 21. 44	+ 0. 26	9. 56	
1711 Juill. 9 *im.*	12. 30. 10	— 5. 44	10. 7	Paris. Lun. 18 p.
im.	12. 32. 10	— 7. 44	.....	.... Lun. 34 p.
26 *ém.*	9. 15. 14	— 3. 5	10. 15	Paris.
Oct. 1 *im.*	7. 40. 0	— 4. 47	10. 39	Rome.
1712 Sept. 17 *ém.*	7. 43. 0	— 5. 54	12. 52	Upminſter.
1713 Août 1 *im.*	13. 8. 30	— 0. 12	14. 52	Paris.
Oct. 24 *im.*	8. 57. 45	+ 0. 34	15. 19	Paris.
Nov. 10 *ém.*	6. 51. 30	+ 0. 53	15. 23	Greenwich.
ém.	6. 52. 35	+ 0. 58	.....	Upminſter.
1714 Janv. 16 *ém.*	7. 33. 37	— 2. 18	15. 45	Paris.
1717 Janv. 9 *im.*	12. 47. 9	+ 0. 48	15. 36	Paris.
ém.	15. 7. 17	+ 1. 50		
26 *im.*	6. 51. 58	+ 5. 44	15. 33	Marſeille.
ém.	9. 29. 12	+ 0. 14		
Avril 3 *im.*	7. 22. 54	+ 0. 34	15. 10	
ém.	10. 29. 12	+ 0. 38		
Déc. 10 *ém.*	17. 56. 0	— 2. 14	13. 39	Paris.
1718 Janv. 13 *im.*	8. 44. 0	+ 3. 32	13. 25	Pekin.
30 *ém.*	7. 13. 0	+ 3. 35	13. 21	Pekin.
Mars 4 *im.*	7. 9. 17	+ 1. 24	13. 6	Paris.
ém.	11. 45. 18	+ 3. 9		
21 *im.*	8. 51. 40	+ 1. 21	13. 1	Pekin.
ém.	13. 30. 0	+ 2. 39		

1766

- En 1766, la CDT publie un grand nombre d'observations avec leur écart aux prédictions.

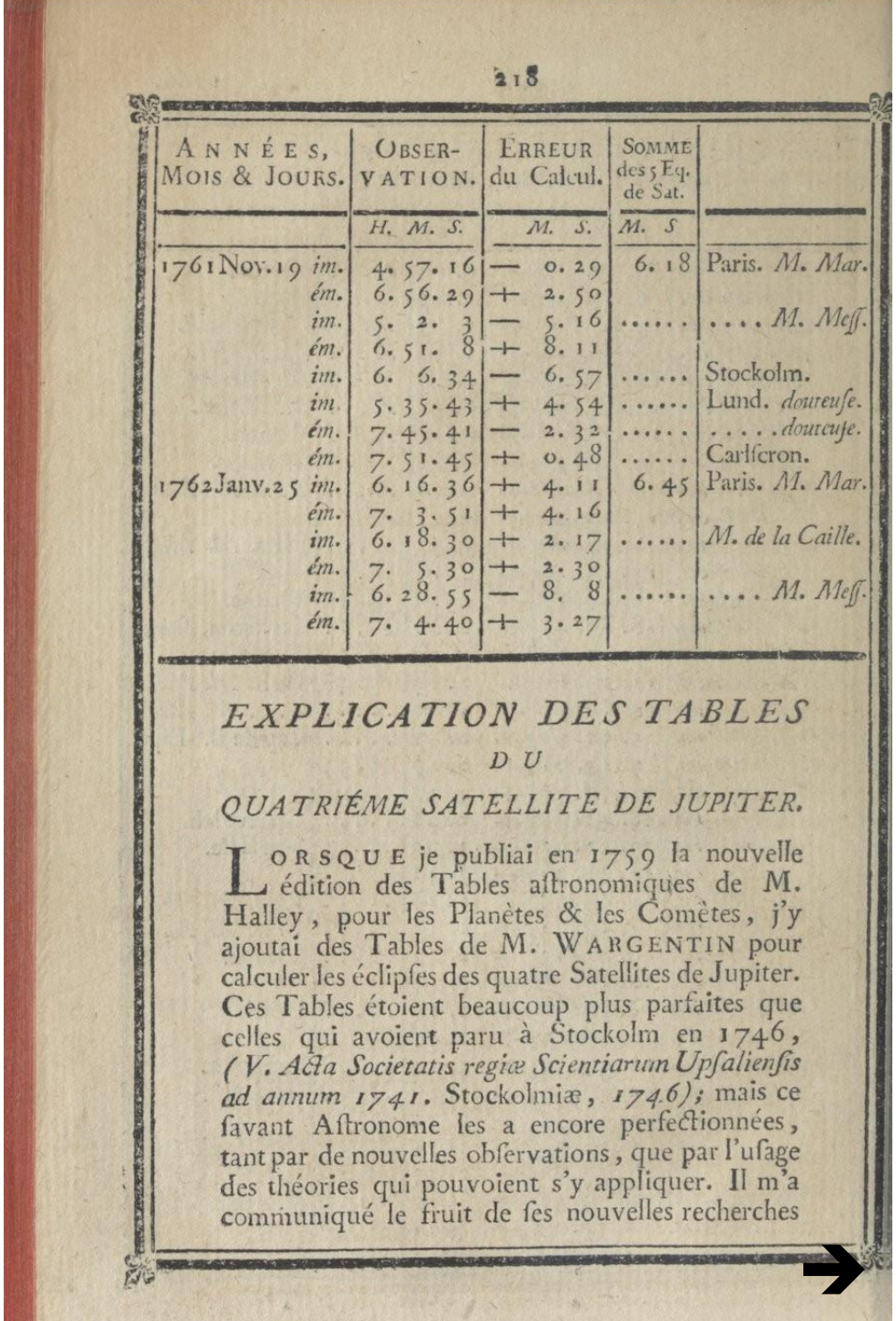


213 1766.

Années, Mois & Jours.	Observation.	Erreur du Calcul.	Somme des 5 Éq. de Sat.	
	H M S.	M. S.	M. S.	
1719 Avril 10 ém.	11. 20. 0	— 3. 4	10. 55	Paris.
Nov. 30 im.	19. 1. 29	— 2. 50	10. 13	
1723 Juin 12 im.	11. 14. 15	+ 0. 28	16. 57	Ingolſtadt.
Août 18 im.	10. 46. 20	— 3. 10	17. 24	Paris.
Sept. 4 ém.	8. 20. 25	— 2. 49	17. 29	Paris.
ém.	8. 58. 30	— 4. 24	.....	Ingolſtadt.
1724 Oct. 10 im.	7. 58. 30	+ 3. 47	19. 3	Paris.
1725 Sept. 27 im.	7. 15. 30	— 2. 4	18. 27	
Déc. 20 ém.	5. 52. 26	+ 3. 53	18. 5	
1728 Oct. 7 im.	11. 9. 26	+ 2. 36	9. 35	
ém.	13. 0. 10	— 3. 6		
im.	13. 3. 0	+ 1. 2	.....	Péterſbourg.
ém.	15. 5. 0	— 15. 56		
1729 Janv. 16 im.	6. 30. 0	— 1. 0	8. 53	Pekin.
ém.	9. 24. 0	— 5. 34		
Fév. 18 im.	10. 53. 50	+ 1. 58	8. 40	Paris.
Mars 7 im.	6. 53. 30	+ 1. 2	8. 32	Péterſbourg.
ém.	10. 13. 38	— 5. 38		
ém.	8. 20. 45	— 4. 45	.....	Paris.
ém.	9. 5. 20	— 5. 3	.....	Berlin.
24 im.	6. 46. 20	+ 0. 47	8. 27	Pekin.
ém.	10. 10. 0	— 1. 53		
Nov. 30 im.	13. 12. 40	+ 1. 59	7. 26	
ém.	17. 47. 0	— 1. 33		
1730 Janv. 2 im.	17. 19. 36	+ 0. 42	7. 21	Paris.
19 im.	11. 12. 51	+ 0. 14	7. 18	
im.	13. 1. 50	+ 3. 15	.....	Péterſbourg.
Févr. 5 ém.	17. 28. 0	— 2. 22	7. 17	Pekin.
22 im.	6. 45. 15	+ 2. 10	7. 16	
ém.	11. 28. 38	— 0. 9		
Mars 27 im.	13. 12. 31	+ 2. 1	7. 12	Péterſbourg.
im.	11. 21. 21	+ 1. 11	.....	Paris.
Avril 13 ém.	10. 11. 51	+ 1. 39	7. 13	
Oct. 14 ém.	16. 22. 43	— 1. 36	7. 21	
Déc. 20 im.	18. 50. 45	+ 0. 51	7. 27	Pekin.
im.	11. 50. 1	+ 1. 30	.....	Bologne.
ém.	16. 27. 56	+ 0. 59		

1766

- En 1766, la CDT publie un grand nombre d'observations avec leur écart aux prédictions.



218

Années, Mois & Jours.		Observation.	Erreur du Calcul.	Somme des 5 Eq. de Sat.	
		H. M. S.	M. S.	M. S	
1761 Nov. 19	*im.*	4. 57. 16	— 0. 29	6. 18	Paris. *M. Mar.*
	ém.	6. 56. 29	+ 2. 50		
	im.	5. 2. 3	— 5. 16	.....	.... *M. Meſſ.*
	ém.	6. 51. 8	+ 8. 11		
	im.	6. 6. 34	— 6. 57	.....	Stockolm.
	im.	5. 35. 43	+ 4. 54	.....	Lund. *douteuſe.*
	ém.	7. 45. 41	— 2. 32	.....	.....*douteuſe.*
	ém.	7. 51. 45	+ 0. 48	.....	Carlſcron.
1762 Janv. 25	*im.*	6. 16. 36	+ 4. 11	6. 45	Paris. *M. Mar.*
	ém.	7. 3. 51	+ 4. 16		
	im.	6. 18. 30	+ 2. 17	.....	*M. de la Caille.*
	ém.	7. 5. 30	+ 2. 30		
	im.	6. 28. 55	— 8. 8	.....	.... *M. Meſſ.*
	ém.	7. 4. 40	+ 3. 27		

EXPLICATION DES TABLES DU QUATRIÉME SATELLITE DE JUPITER.

LORSQUE je publiai en 1759 la nouvelle édition des Tables aſtronomiques de M. Halley, pour les Planètes & les Comètes, j'y ajoutai des Tables de M. WARGENTIN pour calculer les éclipſes des quatre Satellites de Jupiter. Ces Tables étoient beaucoup plus parfaites que celles qui avoient paru à Stockolm en 1746, (*V. Acta Societatis regiæ Scientiarum Upſalienſis ad annum 1741.* Stockolmiæ, *1746*); mais ce ſavant Aſtronome les a encore perfectionnées, tant par de nouvelles obſervations, que par l'uſage des théories qui pouvoient s'y appliquer. Il m'a communiqué le fruit de ſes nouvelles recherches

1766

- On y publie aussi une nouvelle étude des différentes tables en particulier celles de Wargentin qui améliore et remplacent désormais celles de Maraldi.

pour le quatrième Satellite, c'eſt-à-dire, les Tables précédentes, & les Aſtronomes en verront avec plaiſir la publication dans un Ouvrage deſtiné à annoncer les progrès annuels que fait l'Aſtronomie dans toutes les parties de l'Europe.

J'ai déjà rendu compte des réſultats que M. Maraldi a trouvés par ſes recherches ſur la théorie du quatrième Satellite *(Connoiſſ. des Mouvemens céleſtes, 1763, page 176)*, & l'on a vu avec quelle préciſion il eſt parvenu à repréſenter toutes les obſervations que nous avons du quatrième Satellite, ſans faire varier l'inclinaiſon & ſans ajouter aucune nouvelle équation.

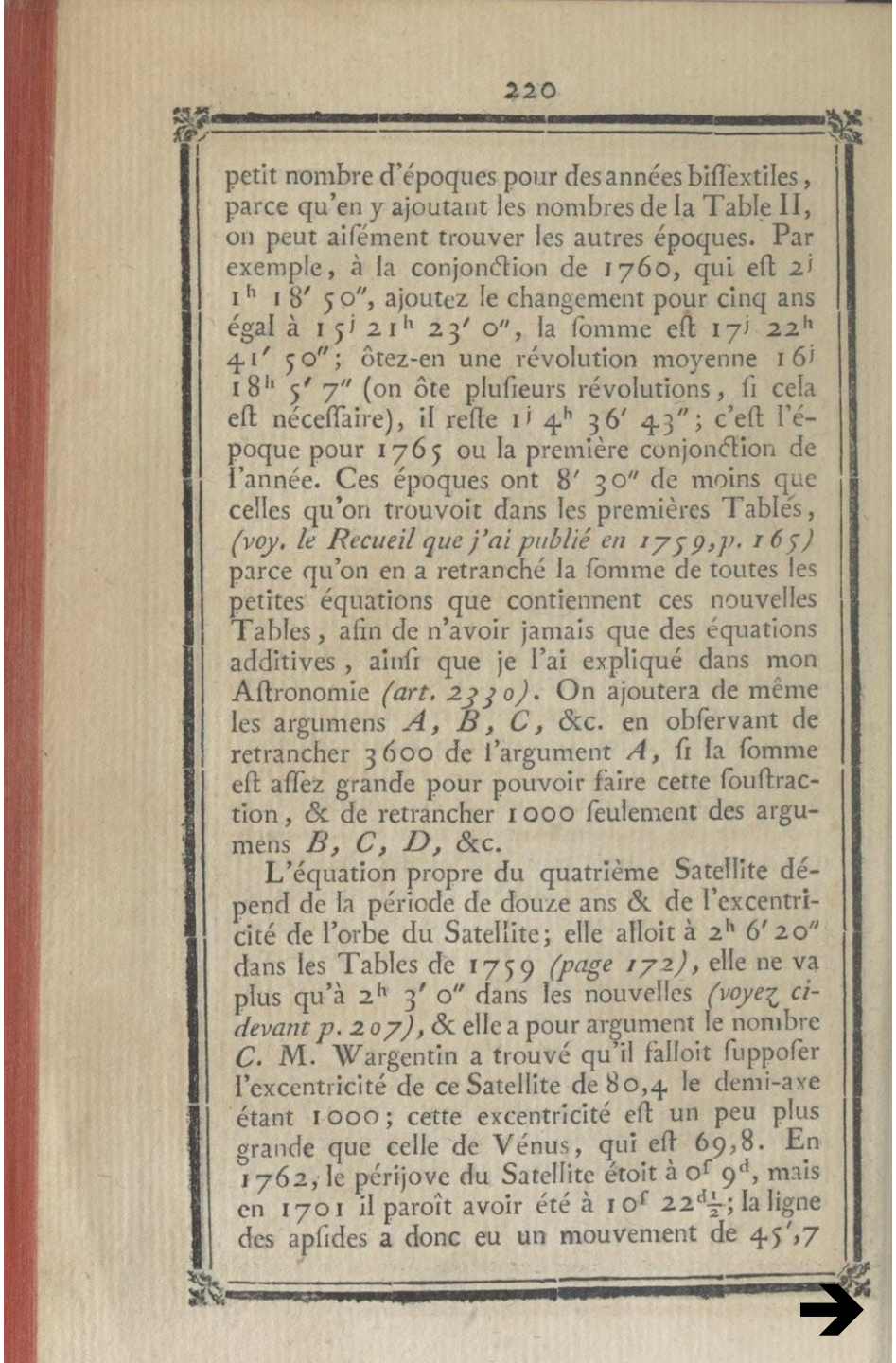
M. Wargentin a pris une autre route, il a penſé qu'il convenoit de faire entrer dans le calcul des mouvemens des Satellites, les inégalités que Jupiter éprouve par l'action de Saturne. M. Mayer les avoit calculées il y a quelques années, & j'en ai publié les Tables *(Connoiſſance des Mouvemens céleſtes 1763, p. 128 & ſuiv. 1764, p. 136 & ſuiv.)* J'avois réduit toutes ces équations en une ſeule Table, en ſorte qu'elles n'ajoutoient qu'un ſeul argument aux Tables des Satellites, & l'on peut voir la Table de cet argument avec l'équation même des conjonctions du quatrième Satellite, qui réſulte des inégalités de Jupiter, dans la *Connoiſſance des Mouvemens céleſtes de 1764, pages 139 & ſuivantes.*

Dans les Tables de M. Wargentin que je vais rapporter, on trouve un plus grand nombre d'argumens, mais elles ne renferment aucune Table à double entrée, & n'exigent preſqu'aucune partie proportionnelle, en ſorte que le calcul en eſt ſimple & commode.

La Table I *(page 205)* ne contient qu'un

1766

- On y publie aussi une nouvelle étude des différentes tables en particulier celles de Wargentin qui améliore et remplacent désormais celles de Maraldi.



petit nombre d'époques pour des années biſſextiles, parce qu'en y ajoutant les nombres de la Table II, on peut aiſément trouver les autres époques. Par exemple, à la conjonction de 1760, qui eſt $2^j\ 1^h\ 18'\ 50''$, ajoutez le changement pour cinq ans égal à $15^j\ 21^h\ 23'\ 0''$, la ſomme eſt $17^j\ 22^h\ 41'\ 50''$; ôtez-en une révolution moyenne $16^j\ 18^h\ 5'\ 7''$ (on ôte pluſieurs révolutions, ſi cela eſt néceſſaire), il reſte $1^j\ 4^h\ 36'\ 43''$; c'eſt l'époque pour 1765 ou la première conjonction de l'année. Ces époques ont $8'\ 30''$ de moins que celles qu'on trouvoit dans les premières Tables, *(voy. le Recueil que j'ai publié en 1759, p. 165)* parce qu'on en a retranché la ſomme de toutes les petites équations que contiennent ces nouvelles Tables, afin de n'avoir jamais que des équations additives, ainſi que je l'ai expliqué dans mon Aſtronomie *(art. 2330)*. On ajoutera de même les argumens *A, B, C,* &c. en obſervant de retrancher 3600 de l'argument *A*, ſi la ſomme eſt aſſez grande pour pouvoir faire cette ſouſtraction, & de retrancher 1000 ſeulement des argumens *B, C, D,* &c.

L'équation propre du quatrième Satellite dépend de la période de douze ans & de l'excentricité de l'orbe du Satellite; elle alloit à $2^h\ 6'\ 20''$ dans les Tables de 1759 *(page 172)*, elle ne va plus qu'à $2^h\ 3'\ 0''$ dans les nouvelles *(voyez ci-devant p. 207)*, & elle a pour argument le nombre *C*. M. Wargentin a trouvé qu'il falloit ſuppoſer l'excentricité de ce Satellite de 80,4 le demi-axe étant 1000; cette excentricité eſt un peu plus grande que celle de Vénus, qui eſt 69,8. En 1762, le périjove du Satellite étoit à $0^f\ 9^d$, mais en 1701 il paroît avoir été à $10^f\ 22^d\frac{1}{2}$; la ligne des apſides a donc eu un mouvement de 45',7

1766

- On y publie aussi une nouvelle étude des différentes tables en particulier celles de Wargentin qui améliore et remplacent désormais celles de Maraldi.

par année, mais ce mouvement ne paroît pas exactement uniforme.

Les Tables ſuivantes VI & VII *(pages 208 & 209)* contiennent les cinq nouvelles équations qu'exige l'attraction de Saturne ſur Jupiter; la Table VIII *(page 210)* contient les demi-durées que M. Wargentin a calculées de nouveau, en ſuppoſant le nœud du quatrième Satellite à $4^{f}\ 16^{d}\ 20'$, plus avancé de $31'$ que dans la Table publiée en 1759; le demi-diamètre de l'ombre & l'inclinaiſon de l'orbite ſont les mêmes. Cette Table repréſente aſſez bien les obſervations faites depuis 1750, mais il faut, pour les années qui ont précédé 1750, y faire les corrections ſuivantes.

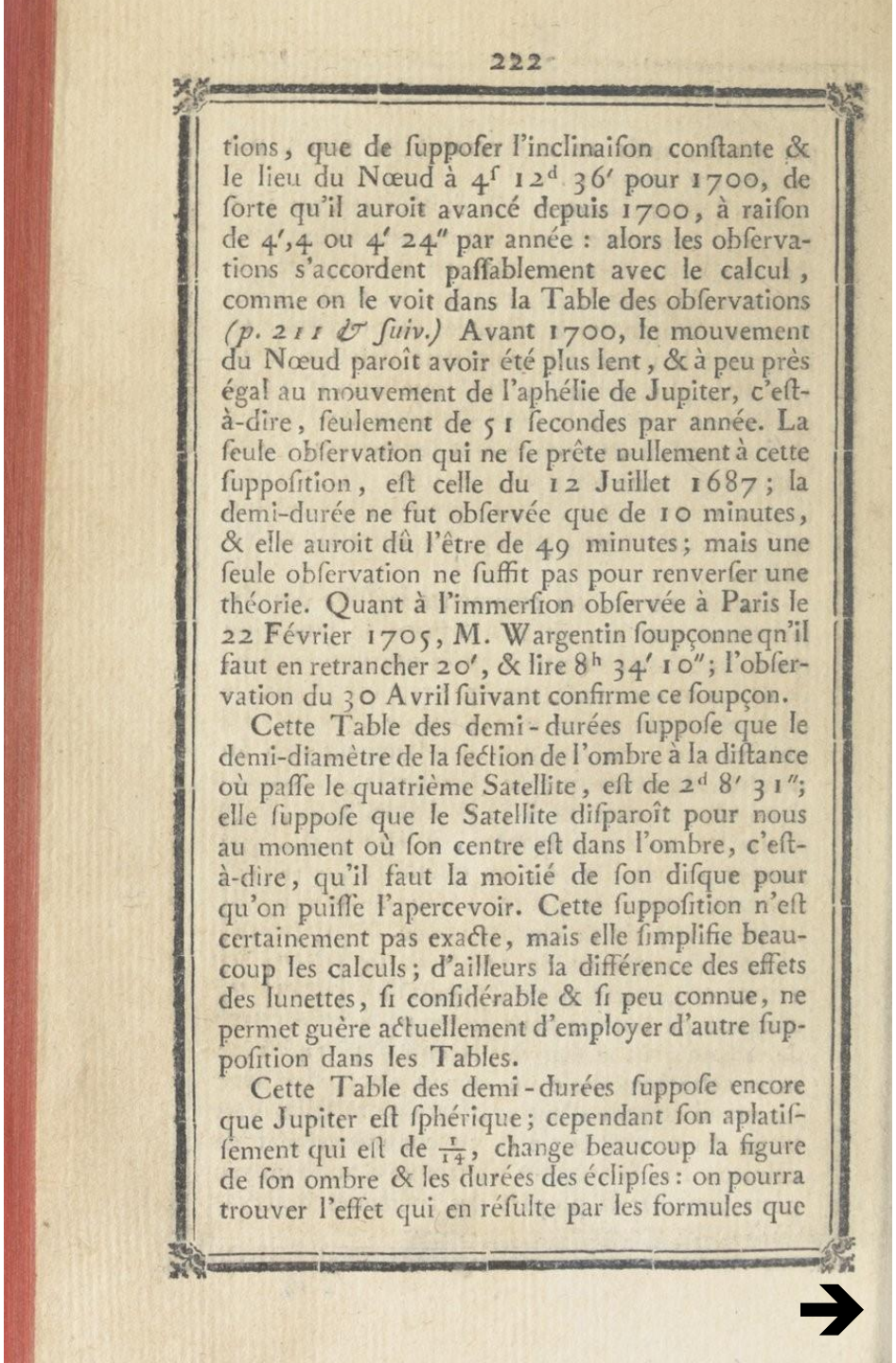
Depuis 1671, où commence la ſuite des obſervations exactes, juſqu'à 1700, le nœud du quatrième Satellite paroît avoir été ſtationnaire, & moins avancé de 3 deg. par rapport à l'aphélie de Jupiter; du moins on repréſente aſſez bien les obſervations, en ajoutant conſtamment 30 au nombre *A*, avant que de chercher la demi-durée dans la VIII^e^ Table. Dans les années ſuivantes, il faut ajouter au nombre *A*, les quantités marquées dans la petite Table ci-jointe, vis-à-vis de chaque année.

1671	30
1700	30
1710	24
1720	18
1730	12
1740	6
1750	0

Les obſervations de 1687 & de 1702, exigeroient qu'on ſuppoſât l'inclinaiſon de l'orbite pour ce temps-là de $2^{d}\ 42'$, & le lieu du Nœud à $4^{f}\ 14^{d}\ 14'$; mais cette hypothèſe ne ſauroit s'accorder avec un grand nombre d'autres obſervations faites vers la fin du dernier ſiècle & au commencement de celui-ci. M. Wargentin n'a trouvé d'autre moyen pour concilier la plupart des anciennes obſerva-

1766

- On y publie aussi une nouvelle étude des différentes tables en particulier celles de Wargentin qui améliore et remplacent désormais celles de Maraldi.



tions, que de ſuppoſer l'inclinaiſon conſtante & le lieu du Nœud à $4^{f}\ 12^{d}\ 36'$ pour 1700, de ſorte qu'il auroit avancé depuis 1700, à raiſon de 4′,4 ou 4′ 24″ par année : alors les obſervations s'accordent paſſablement avec le calcul, comme on le voit dans la Table des obſervations *(p. 211 & ſuiv.)* Avant 1700, le mouvement du Nœud paroît avoir été plus lent, & à peu près égal au mouvement de l'aphélie de Jupiter, c'eſt-à-dire, ſeulement de 51 ſecondes par année. La ſeule obſervation qui ne ſe prête nullement à cette ſuppoſition, eſt celle du 12 Juillet 1687; la demi-durée ne fut obſervée que de 10 minutes, & elle auroit dû l'être de 49 minutes; mais une ſeule obſervation ne ſuffit pas pour renverſer une théorie. Quant à l'immerſion obſervée à Paris le 22 Février 1705, M. Wargentin ſoupçonne qn'il faut en retrancher 20′, & lire $8^{h}\ 34'\ 10''$; l'obſervation du 30 Avril ſuivant confirme ce ſoupçon.

Cette Table des demi-durées ſuppoſe que le demi-diamètre de la ſection de l'ombre à la diſtance où paſſe le quatrième Satellite, eſt de $2^{d}\ 8'\ 31''$; elle ſuppoſe que le Satellite diſparoît pour nous au moment où ſon centre eſt dans l'ombre, c'eſt-à-dire, qu'il faut la moitié de ſon diſque pour qu'on puiſſe l'apercevoir. Cette ſuppoſition n'eſt certainement pas exacte, mais elle ſimplifie beaucoup les calculs; d'ailleurs la différence des effets des lunettes, ſi conſidérable & ſi peu connue, ne permet guère actuellement d'employer d'autre ſuppoſition dans les Tables.

Cette Table des demi-durées ſuppoſe encore que Jupiter eſt ſphérique; cependant ſon aplatiſſement qui eſt de $\frac{1}{14}$, change beaucoup la figure de ſon ombre & les durées des éclipſes : on pourra trouver l'effet qui en réſulte par les formules que

1766

- On y publie aussi une nouvelle étude des différentes tables en particulier celles de Wargentin qui améliore et remplacent désormais celles de Maraldi.

j'ai données dans mon Aſtronomie *(art. 2349 & ſuiv.)* Perſonne juſqu'ici n'a examiné cette circonſtance de la théorie des ſatellites de Jupiter; il n'eſt donc pas étonnant que les nouvelles Tables de M. Wargentin ſoient calculées dans une hypothèſe circulaire.

La grande équation du quatrième Satellite ne ſe trouve point dans les Tables ſuivantes, parce que M. Wargentin n'y ayant fait aucun changement, j'ai cru qu'il étoit inutile d'en groſſir ce volume: on la prendra dans le recueil des Tables que j'ai cités *(page 168)*.

Il en eſt de même des équations de la lumière qui ſe trouvent dans les *pages 115 & 116* du recueil que j'ai cité, & de l'équation du temps qui occupe les *pages 111 & ſuivantes* du même Livre; on les emploiera telles qu'elles ſont: je ne les ai point inſérées ici, afin de réſerver la place à des objets plus nouveaux.

L'équation du temps peut auſſi ſe calculer avec un peu plus de préciſion que n'en donnent ces Tables; pour cela, il ſuffit d'ajouter 14′ 39″ aux époques des conjonctions moyennes des quatre Satellites, & d'appliquer à la fin du calcul l'équation du temps calculée à la manière ordinaire, telle qu'on la trouve dans notre Calendrier pour chaque jour du mois, ou d'employer les Tables du Soleil qui ſe trouveront à la fin de mon Aſtronomie; dans ce cas, l'équation du temps devient quelquefois ſouſtractive, au lieu que dans la forme des Tables de M. Wargentin, elle eſt toujours additive.

La conſtruction des Tables des Satellites ſuppoſe néceſſairement les Tables de Jupiter lui-même. M. Wargentin a employé les élémens de l'orbite de Jupiter, tels que M. Mayer les lui

1766

- On y publie aussi une nouvelle étude des différentes tables en particulier celles de Wargentin qui améliore et remplacent désormais celles de Maraldi.

avoit communiquées, il y a quelques années; l'époque pour 1760 eſt 10ſ 7d 41′ 23″, moins avancée de 5′ 13″ que dans les Tables de M. Halley; celle de l'aphélie 6ſ 10d 22′ 10″, moins avancée de 23′ 36″, & ſon mouvement de 51″ par an. M. Wargentin a conſervé l'équation de l'orbite qui eſt dans M. Halley de 5d 31′ 36″, quoiqu'elle lui paroiſſe un peu trop petite pour ce temps-ci: en effet, au commencement de ce ſiècle, la plus grande équation étoit de 5d 32′ 40″, & elle augmente de 2′ 15″ par ſiècle, ſuivant la théorie de M. Mayer, de ſorte que pour 1750 elle ſeroit de 5d 33′ 47″. La plupart des obſervations faites depuis vingt ans, me paroiſſent prouver qu'elle va même à 5d 35′; je l'ai ſuppoſée telle dans mon Aſtronomie. M. Wargentin ſe propoſe de donner bientôt les nouvelles Tables de Jupiter qu'il a entre les mains, comparées avec toutes les oppoſitions de Jupiter qui ont été obſervées depuis 1583, & M. Jeaurat, de l'Académie des Sciences, a déjà fait ſur le même ſujet, un grand nombre de calculs qu'il publiera dans nos Mémoires avec ſes nouvelles Tables.

L'Académie vient de propoſer pour le ſujet du Prix qu'elle adjugera en 1766, *la théorie des inégalités que l'action mutuelle des Satellites peut produire ſur leur mouvement*. Ces inégalités ſont très-conſidérables, comme je l'ai fait voir ailleurs (*Aſtronomie, art. 2375*); & juſqu'à ce qu'on les faſſe entrer dans les Tables, on aura peine à repréſenter exactement toutes les obſervations.

Le P. Hell, Jéſuite, Aſtronome impérial & royal à Vienne, qui enrichit toutes les années l'Aſtronomie d'un excellent volume d'éphémérides & de beaucoup d'obſervations curieuſes, a beaucoup travaillé ſur les Satellites de Jupiter;

1766

- On y publie aussi une nouvelle étude des différentes tables en particulier celles de Wargentin qui améliore et remplacent désormais celles de Maraldi.

& il m'a fait obſerver dans une de ſes lettres, qu'on a toujours ſuppoſé dans les Tables, que le temps du milieu des éclipſes étoit le même que celui de la conjonction héliocentrique; ce qui n'a lieu exactement que dans les Nœuds: il me paroît qu'en effet la différence eſt aſſez ſenſible dans le quatrième Satellite, pour qu'on dût y avoir égard.

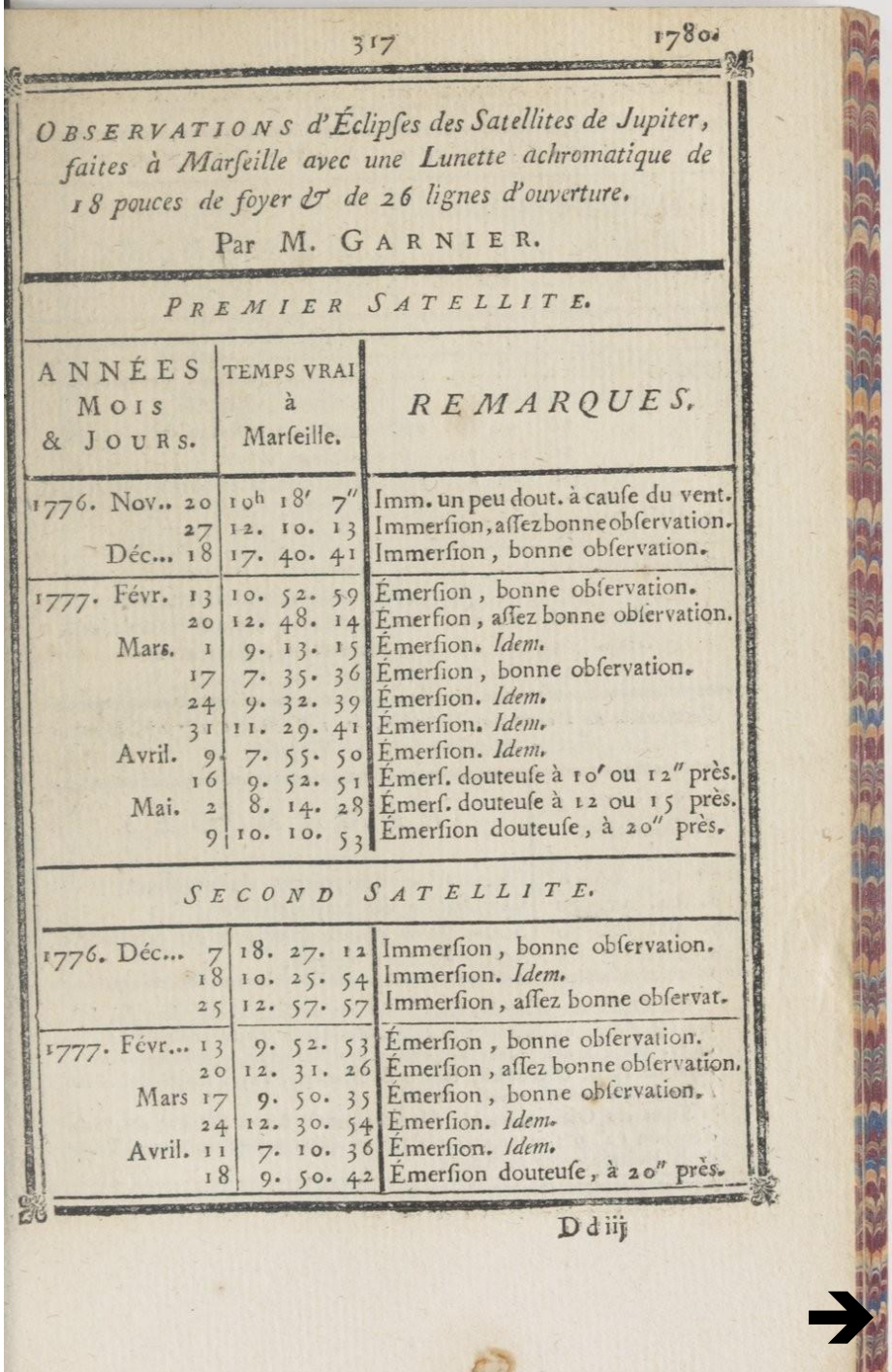
A la ſuite de ſes nouvelles Tables du quatrième Satellite, M. Wargentin a mis la ſuite de toutes les obſervations qu'il a pu recueillir du quatrième Satellite *(pages 211 & ſuivantes)*. La troiſième colonne fait voir de combien le calcul fait ſur ces Tables s'écarte de l'obſervation en plus ou en moins; ainſi le premier nombre — 7′ 10″ fait voir qu'en ôtant 7′ 10″ de l'obſervation 8ʰ 29′ 43″, on aura la quantité qui réſulte de ces Tables, c'eſt-à-dire, 8ʰ 22′ 33″. La quatrième colonne contient la ſomme des cinq équations nouvelles que M. Wargentin a employées; ſi l'on diminue chacune de ces ſommes de $8'\frac{1}{2}$, on aura pour chaque obſervation, le changement que ces nouvelles équations apportent dans le calcul, & la quantité dont elles rapprochent ou éloignent le calcul de l'obſervation.

SUR LA THÉORIE DE MERCURE.

MERCURE a été de tous les temps la moins connue de toutes les Planètes, parce qu'il eſt difficile de l'obſerver, & que les circonſtances propres à bien conſtater ſa théorie, ſont très-rares. Copernic ne put dans toute ſa vie parvenir à obſerver Mercure, & bien des Aſtronomes ont

1766

- On y publie aussi une nouvelle étude des différentes tables en particulier celles de Wargentin qui améliore et remplacent désormais celles de Maraldi.



OBSERVATIONS d'Éclipſes des Satellites de Jupiter, faites à Marſeille avec une Lunette achromatique de 18 pouces de foyer & de 26 lignes d'ouverture.

Par M. GARNIER.

PREMIER SATELLITE.

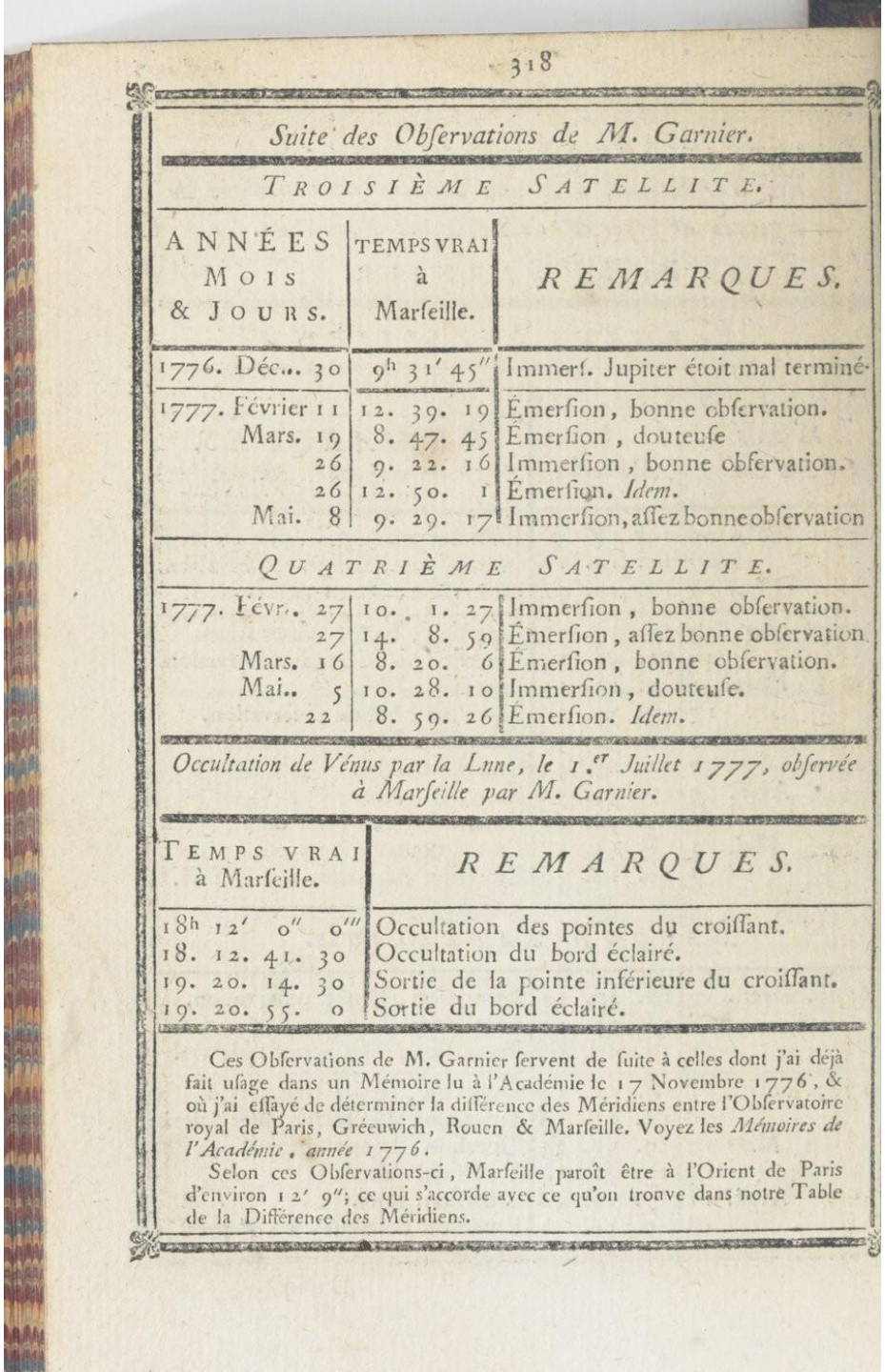
ANNÉES MOIS & JOURS.	TEMPS VRAI à Marſeille.	*REMARQUES.*
1776. Nov.. 20	10h 18′ 7″	Imm. un peu dout. à cauſe du vent.
27	12. 10. 13	Immerſion, aſſez bonne obſervation.
Déc... 18	17. 40. 41	Immerſion, bonne obſervation.
1777. Févr. 13	10. 52. 59	Émerſion, bonne obſervation.
20	12. 48. 14	Émerſion, aſſez bonne obſervation.
Mars. 1	9. 13. 15	Émerſion. *Idem.*
17	7. 35. 36	Émerſion, bonne obſervation.
24	9. 32. 39	Émerſion. *Idem.*
31	11. 29. 41	Émerſion. *Idem.*
Avril. 9	7. 55. 50	Émerſion. *Idem.*
16	9. 52. 51	Émerſ. douteuſe à 10′ ou 12″ près.
Mai. 2	8. 14. 28	Émerſ. douteuſe à 12 ou 15 près.
9	10. 10. 53	Émerſion douteuſe, à 20″ près.

SECOND SATELLITE.

1776. Déc... 7	18. 27. 12	Immerſion, bonne obſervation.
18	10. 25. 54	Immerſion. *Idem.*
25	12. 57. 57	Immerſion, aſſez bonne obſervat.
1777. Févr... 13	9. 52. 53	Émerſion, bonne obſervation.
20	12. 31. 26	Émerſion, aſſez bonne obſervation.
Mars 17	9. 50. 35	Émerſion, bonne obſervation.
24	12. 30. 54	Émerſion. *Idem.*
Avril. 11	7. 10. 36	Émerſion. *Idem.*
18	9. 50. 42	Émerſion douteuſe, à 20″ près.

1780

- Les volumes suivants contiennent aussi des séries importantes d'observations d'éclipses des satellites.



318

Suite des Observations de M. Garnier.

TROISIÈME SATELLITE.

ANNÉES MOIS & JOURS.	TEMPS VRAI à Marseille.	*REMARQUES.*
1776. Déc... 30	9h 31′ 45″	Immers. Jupiter étoit mal terminé.
1777. Février 11	12. 39. 19	Émersion, bonne observation.
Mars. 19	8. 47. 45	Émersion, douteuse
26	9. 22. 16	Immersion, bonne observation.
26	12. 50. 1	Émersion. *Idem.*
Mai. 8	9. 29. 17	Immersion, assez bonne observation

QUATRIÈME SATELLITE.

1777. Févr.. 27	10. 1. 27	Immersion, bonne observation.
27	14. 8. 59	Émersion, assez bonne observation
Mars. 16	8. 20. 6	Émersion, bonne observation.
Mai.. 5	10. 28. 10	Immersion, douteuse.
22	8. 59. 26	Émersion. *Idem.*

Occultation de Vénus par la Lune, le 1.er Juillet 1777, observée à Marseille par M. Garnier.

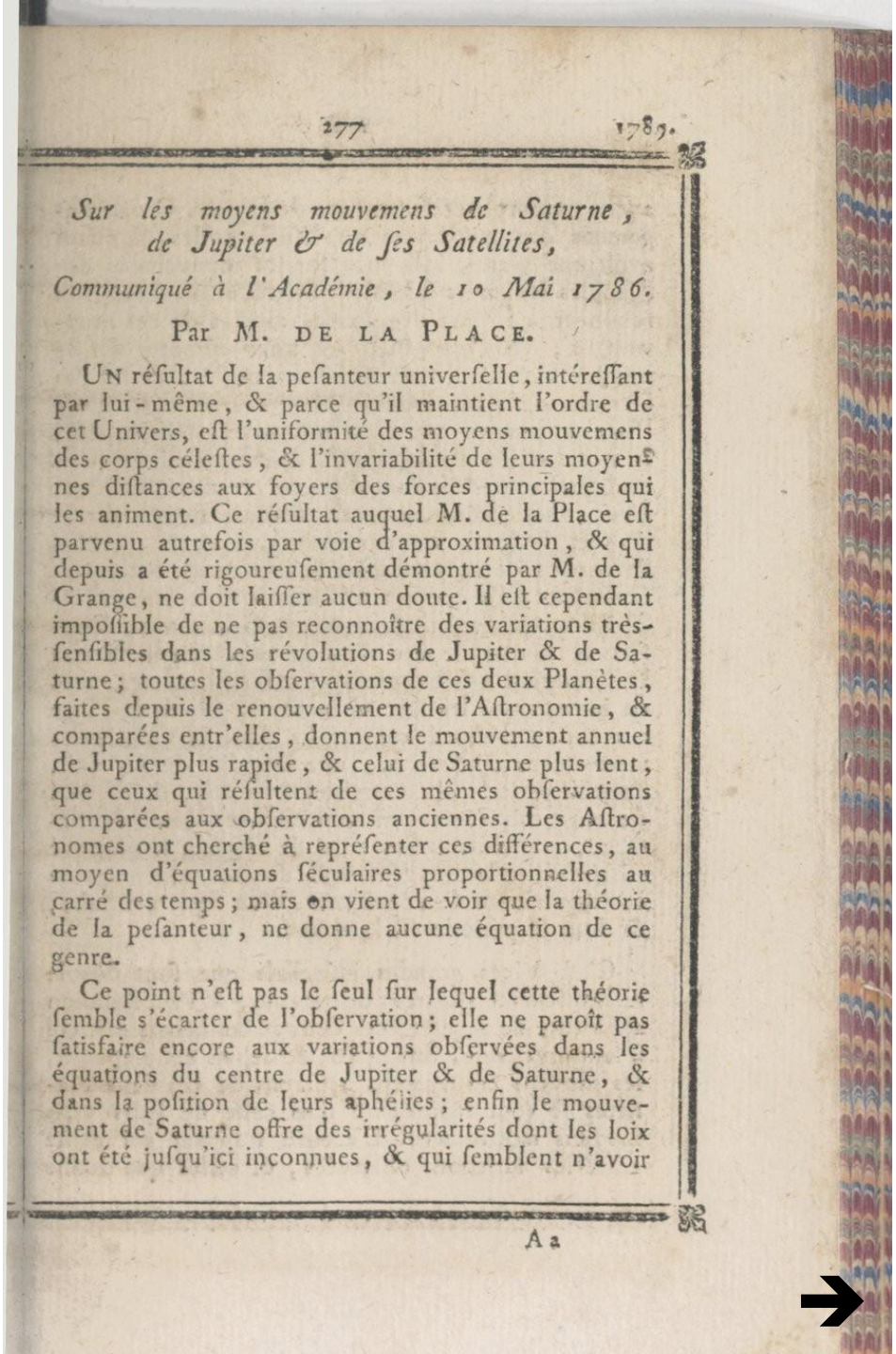
TEMPS VRAI à Marseille.	*REMARQUES.*
18h 12′ 0″ 0‴	Occultation des pointes du croissant.
18. 12. 41. 30	Occultation du bord éclairé.
19. 20. 14. 30	Sortie de la pointe inférieure du croissant.
19. 20. 55. 0	Sortie du bord éclairé.

Ces Observations de M. Garnier servent de suite à celles dont j'ai déjà fait usage dans un Mémoire lu à l'Académie le 17 Novembre 1776, & où j'ai essayé de déterminer la différence des Méridiens entre l'Observatoire royal de Paris, Gréenwich, Rouen & Marseille. Voyez les *Mémoires de l'Académie, année 1776.*

Selon ces Observations-ci, Marseille paroît être à l'Orient de Paris d'environ 12′ 9″; ce qui s'accorde avec ce qu'on trouve dans notre Table de la Différence des Méridiens.

1780

- Les volumes suivants contiennent aussi des séries importantes d'observations d'éclipses des satellites.



277 1789.

Sur les moyens mouvemens de Saturne, de Jupiter & de ſes Satellites,

Communiqué à l'Académie, le 10 Mai 1786.

Par M. DE LA PLACE.

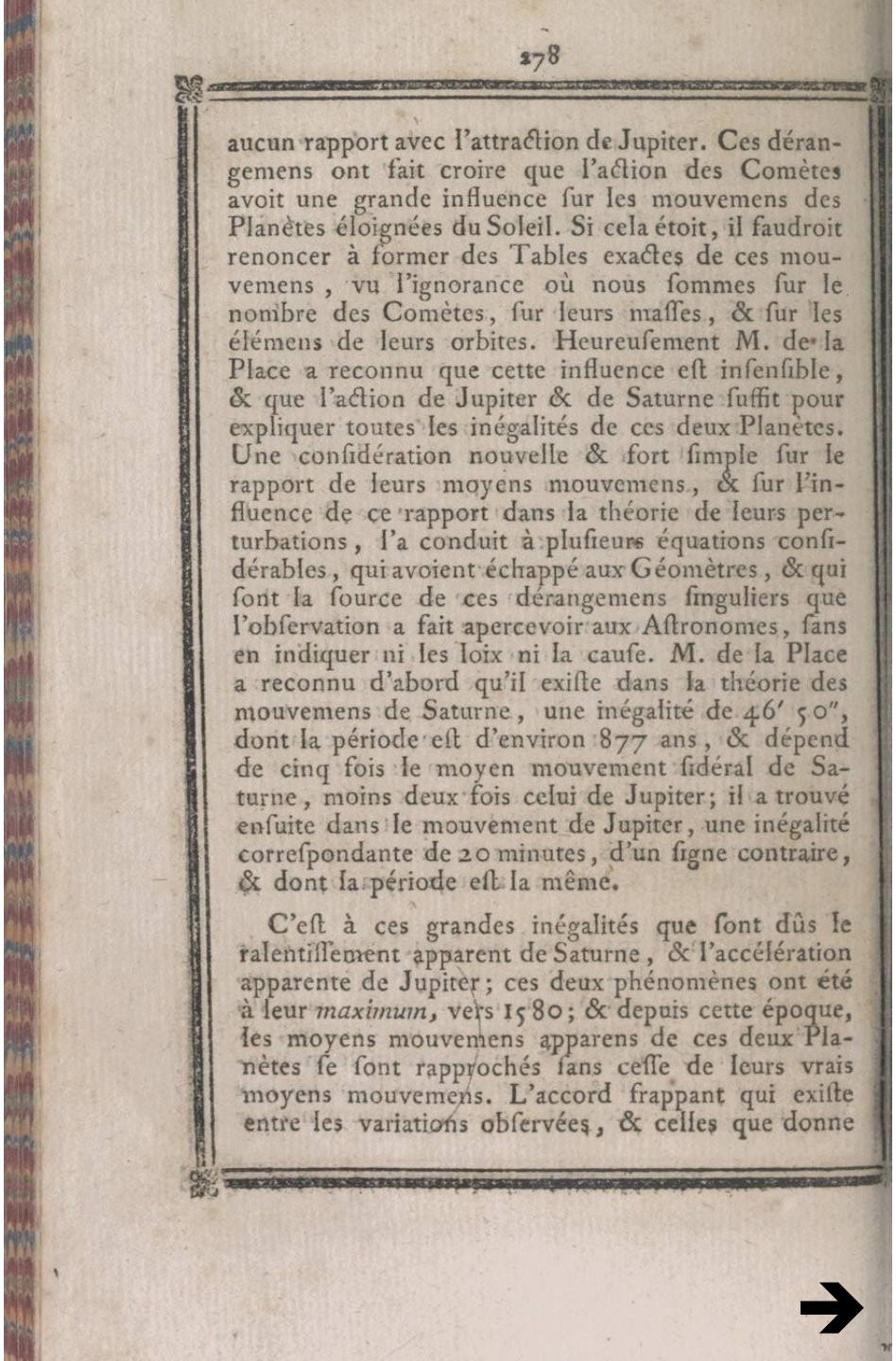
UN réſultat de la peſanteur univerſelle, intéreſſant par lui-même, & parce qu'il maintient l'ordre de cet Univers, eſt l'uniformité des moyens mouvemens des corps céleſtes, & l'invariabilité de leurs moyennes diſtances aux foyers des forces principales qui les animent. Ce réſultat auquel M. de la Place eſt parvenu autrefois par voie d'approximation, & qui depuis a été rigoureuſement démontré par M. de la Grange, ne doit laiſſer aucun doute. Il eſt cependant impoſſible de ne pas reconnoître des variations très-ſenſibles dans les révolutions de Jupiter & de Saturne; toutes les obſervations de ces deux Planètes, faites depuis le renouvellement de l'Aſtronomie, & comparées entr'elles, donnent le mouvement annuel de Jupiter plus rapide, & celui de Saturne plus lent, que ceux qui réſultent de ces mêmes obſervations comparées aux obſervations anciennes. Les Aſtronomes ont cherché à repréſenter ces différences, au moyen d'équations ſéculaires proportionnelles au carré des temps; mais on vient de voir que la théorie de la peſanteur, ne donne aucune équation de ce genre.

Ce point n'eſt pas le ſeul ſur lequel cette théorie ſemble s'écarter de l'obſervation; elle ne paroît pas ſatisfaire encore aux variations obſervées dans les équations du centre de Jupiter & de Saturne, & dans la poſition de leurs aphélies; enfin le mouvement de Saturne offre des irrégularités dont les loix ont été juſqu'ici inconnues, & qui ſemblent n'avoir

Aa

1789

- En 1789, la CDT publie une communication importante et fondatrice de Laplace à l'académie des sciences sur le mouvement de Saturne, de Jupiter et de ses satellites où les lois de la gravitation s'invitent. Une référence est faite à Bailly qui, le premier, tentera des tables fondées sur une approche dynamique et non cinématique. Ainsi, petit à petit, la cinématique va laisser place à la dynamique. L'approche cinématique reste encore la plus simple et ne va pas être abandonnée brutalement d'autant que les problèmes à résoudre pour trouver des solutions aux équations dynamiques est autrement plus complexe.

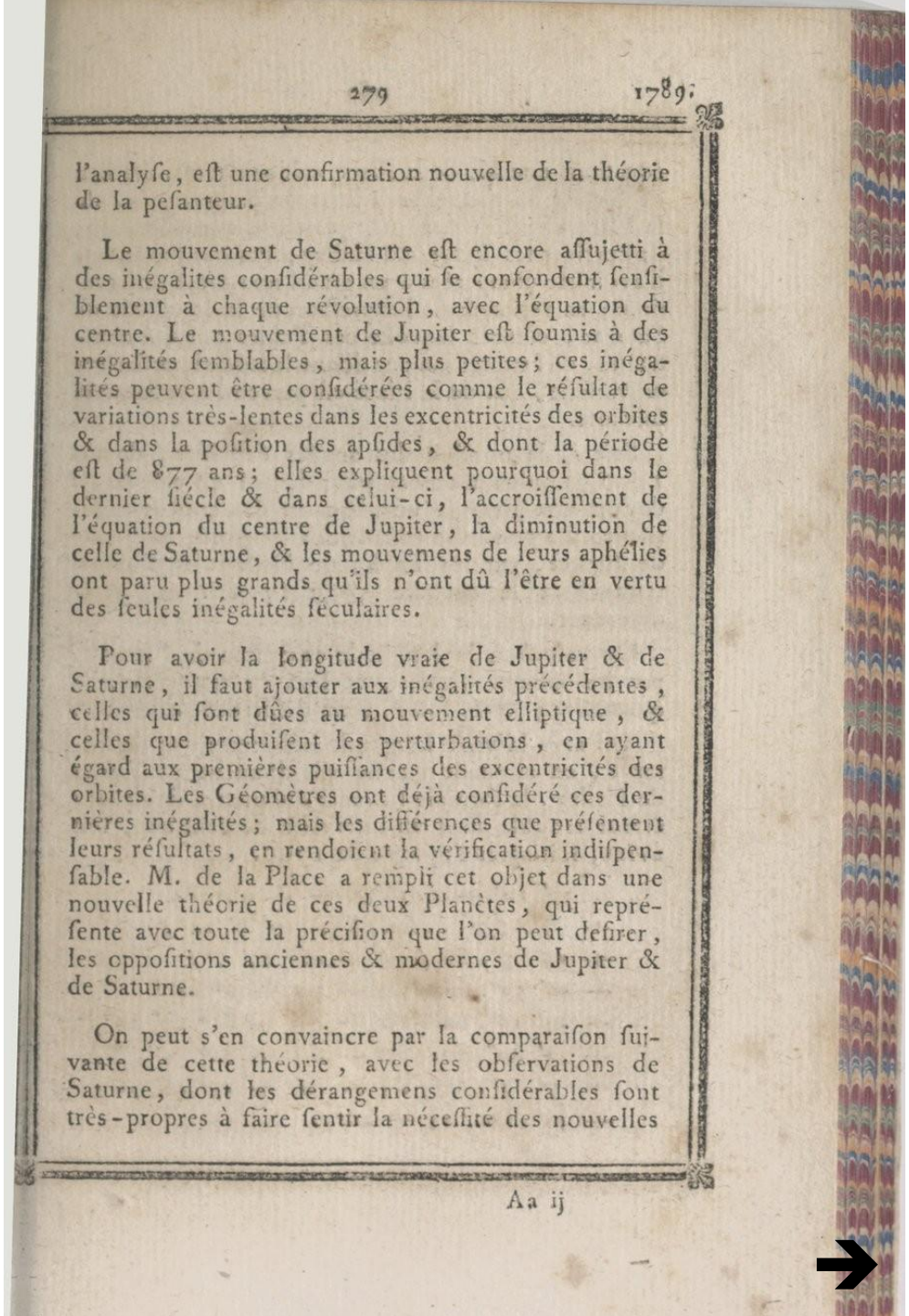


aucun rapport avec l'attraction de Jupiter. Ces dérangemens ont fait croire que l'action des Comètes avoit une grande influence sur les mouvemens des Planètes éloignées du Soleil. Si cela étoit, il faudroit renoncer à former des Tables exactes de ces mouvemens, vu l'ignorance où nous sommes sur le nombre des Comètes, sur leurs masses, & sur les élémens de leurs orbites. Heureusement M. de la Place a reconnu que cette influence est insensible, & que l'action de Jupiter & de Saturne suffit pour expliquer toutes les inégalités de ces deux Planètes. Une considération nouvelle & fort simple sur le rapport de leurs moyens mouvemens, & sur l'influence de ce rapport dans la théorie de leurs perturbations, l'a conduit à plusieurs équations considérables, qui avoient échappé aux Géomètres, & qui sont la source de ces dérangemens singuliers que l'observation a fait apercevoir aux Astronomes, sans en indiquer ni les loix ni la cause. M. de la Place a reconnu d'abord qu'il existe dans la théorie des mouvemens de Saturne, une inégalité de 46′ 50″, dont la période est d'environ 877 ans, & dépend de cinq fois le moyen mouvement sidéral de Saturne, moins deux fois celui de Jupiter; il a trouvé ensuite dans le mouvement de Jupiter, une inégalité correspondante de 20 minutes, d'un signe contraire, & dont la période est la même.

C'est à ces grandes inégalités que sont dûs le ralentissement apparent de Saturne, & l'accélération apparente de Jupiter; ces deux phénomènes ont été à leur *maximum*, vers 1580; & depuis cette époque, les moyens mouvemens apparens de ces deux Planètes se sont rapprochés sans cesse de leurs vrais moyens mouvemens. L'accord frappant qui existe entre les variations observées, & celles que donne

1789

- En 1789, la CDT publie une communication importante et fondatrice de Laplace à l'académie des sciences sur le mouvement de Saturne, de Jupiter et de ses satellites où les lois de la gravitation s'invitent. Une référence est faite à Bailly qui, le premier, tentera des tables fondées sur une approche dynamique et non cinématique. Ainsi, petit à petit, la cinématique va laisser place à la dynamique. L'approche cinématique reste encore la plus simple et ne va pas être abandonnée brutalement d'autant que les problèmes à résoudre pour trouver des solutions aux équations dynamiques est autrement plus complexe.



l'analyſe, eſt une confirmation nouvelle de la théorie de la peſanteur.

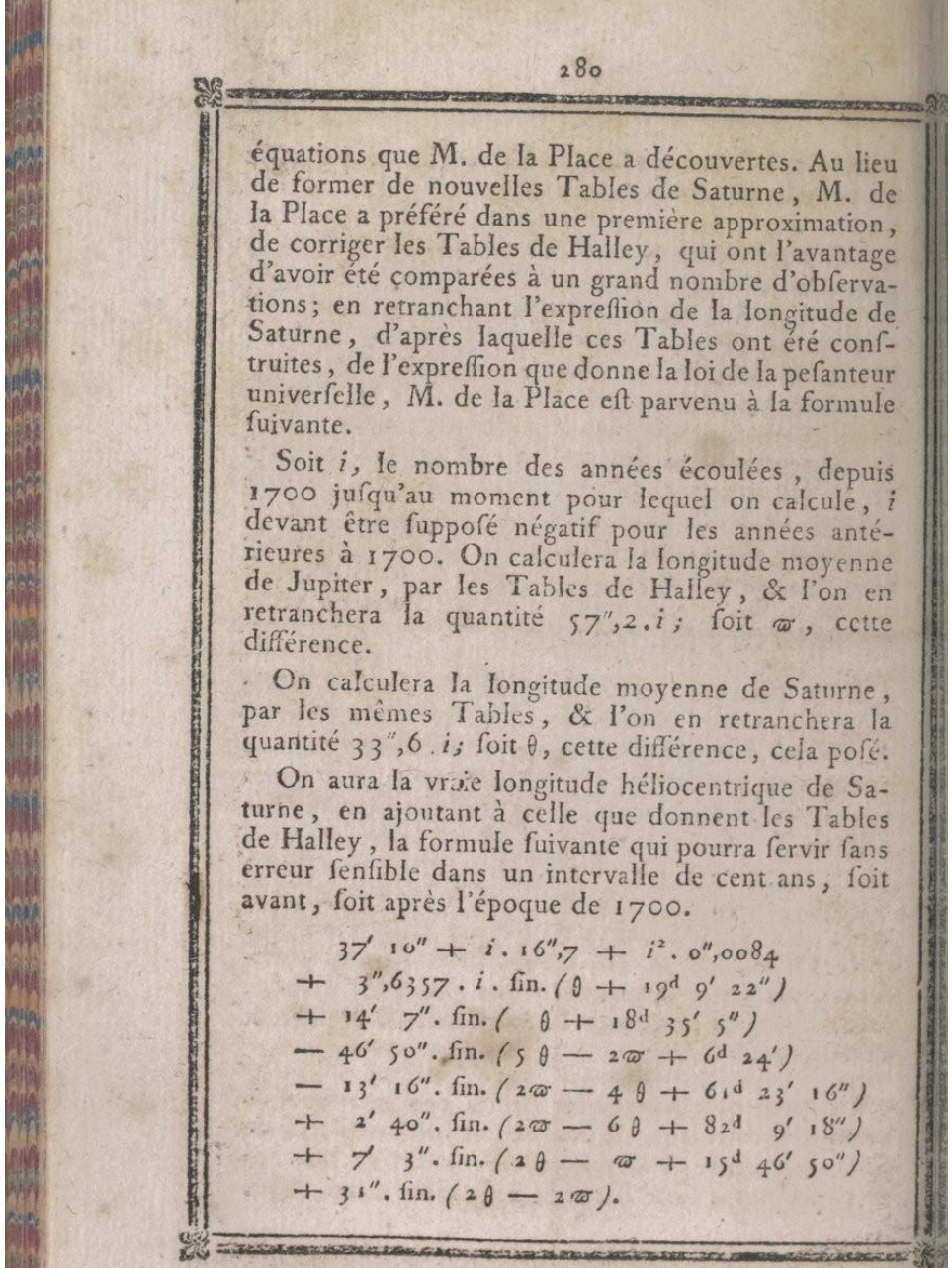
Le mouvement de Saturne eſt encore aſſujetti à des inégalités conſidérables qui ſe confondent ſenſiblement à chaque révolution, avec l'équation du centre. Le mouvement de Jupiter eſt ſoumis à des inégalités ſemblables, mais plus petites; ces inégalités peuvent être conſidérées comme le réſultat de variations très-lentes dans les excentricités des orbites & dans la poſition des apſides, & dont la période eſt de 877 ans; elles expliquent pourquoi dans le dernier ſiécle & dans celui-ci, l'accroiſſement de l'équation du centre de Jupiter, la diminution de celle de Saturne, & les mouvemens de leurs aphélies ont paru plus grands qu'ils n'ont dû l'être en vertu des ſeules inégalités ſéculaires.

Pour avoir la longitude vraie de Jupiter & de Saturne, il faut ajouter aux inégalités précédentes, celles qui ſont dûes au mouvement elliptique, & celles que produiſent les perturbations, en ayant égard aux premières puiſſances des excentricités des orbites. Les Géomètres ont déjà conſidéré ces dernières inégalités; mais les différences que préſentent leurs réſultats, en rendoient la vérification indiſpenſable. M. de la Place a rempli cet objet dans une nouvelle théorie de ces deux Planètes, qui repréſente avec toute la préciſion que l'on peut deſirer, les oppoſitions anciennes & modernes de Jupiter & de Saturne.

On peut s'en convaincre par la comparaiſon ſuivante de cette théorie, avec les obſervations de Saturne, dont les dérangemens conſidérables ſont très-propres à faire ſentir la néceſſité des nouvelles

1789

- En 1789, la CDT publie une communication importante et fondatrice de Laplace à l'académie des sciences sur le mouvement de Saturne, de Jupiter et de ses satellites où les lois de la gravitation s'invitent. Une référence est faite à Bailly qui, le premier, tentera des tables fondées sur une approche dynamique et non cinématique. Ainsi, petit à petit, la cinématique va laisser place à la dynamique. L'approche cinématique reste encore la plus simple et ne va pas être abandonnée brutalement d'autant que les problèmes à résoudre pour trouver des solutions aux équations dynamiques est autrement plus complexe.



280

équations que M. de la Place a découvertes. Au lieu de former de nouvelles Tables de Saturne, M. de la Place a préféré dans une première approximation, de corriger les Tables de Halley, qui ont l'avantage d'avoir été comparées à un grand nombre d'obſervations; en retranchant l'expreſſion de la longitude de Saturne, d'après laquelle ces Tables ont été conſtruites, de l'expreſſion que donne la loi de la peſanteur univerſelle, M. de la Place eſt parvenu à la formule ſuivante.

Soit i, le nombre des années écoulées, depuis 1700 juſqu'au moment pour lequel on calcule, i devant être ſuppoſé négatif pour les années antérieures à 1700. On calculera la longitude moyenne de Jupiter, par les Tables de Halley, & l'on en retranchera la quantité $57'',2.i$; ſoit ϖ, cette différence.

On calculera la longitude moyenne de Saturne, par les mêmes Tables, & l'on en retranchera la quantité $33'',6.i$; ſoit θ, cette différence, cela poſé.

On aura la vraie longitude héliocentrique de Saturne, en ajoutant à celle que donnent les Tables de Halley, la formule ſuivante qui pourra ſervir ſans erreur ſenſible dans un intervalle de cent ans, ſoit avant, ſoit après l'époque de 1700.

$$
\begin{aligned}
&37' \ 10'' + i.16'',7 + i^2.0'',0084 \\
&+ 3'',6357.i.\text{ſin.}(\theta + 19^d\ 9'\ 22'') \\
&+ 14'\ 7''.\text{ſin.}(\theta + 18^d\ 35'\ 5'') \\
&- 46'\ 50''.\text{ſin.}(5\theta - 2\varpi + 6^d\ 24') \\
&- 13'\ 16''.\text{ſin.}(2\varpi - 4\theta + 61^d\ 23'\ 16'') \\
&+ 2'\ 40''.\text{ſin.}(2\varpi - 6\theta + 82^d\ 9'\ 18'') \\
&+ 7'\ 3''.\text{ſin.}(2\theta - \varpi + 15^d\ 46'\ 50'') \\
&+ 31''.\text{ſin.}(2\theta - 2\varpi).
\end{aligned}
$$

1789

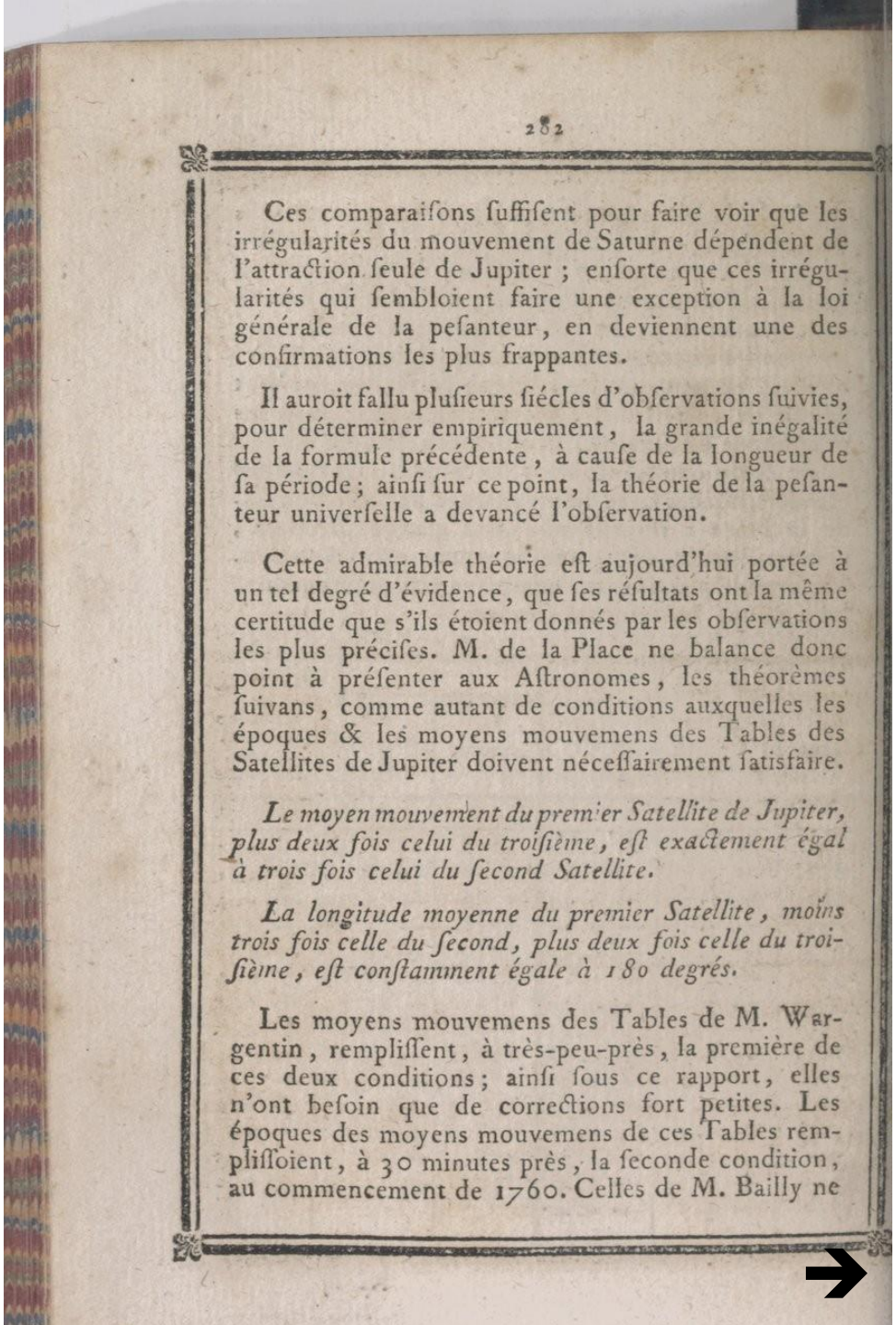
- En 1789, la CDT publie une communication importante et fondatrice de Laplace à l'académie des sciences sur le mouvement de Saturne, de Jupiter et de ses satellites où les lois de la gravitation s'invitent. Une référence est faite à Bailly qui, le premier, tentera des tables fondées sur une approche dynamique et non cinématique. Ainsi, petit à petit, la cinématique va laisser place à la dynamique. L'approche cinématique reste encore la plus simple et ne va pas être abandonnée brutalement d'autant que les problèmes à résoudre pour trouver des solutions aux équations dynamiques est autrement plus complexe.

M. de la Place ne répond pas à une minute près de l'exactitude de cette formule; 1.° parce qu'il a négligé quelques petites équations, dont chacune eſt au-deſſous d'un quart de minute, mais dont la ſomme peut monter à 35 ou 40 ſecondes; 2.° parce que les grandes équations de cette formule ont été déterminées, en adoptant les élémens de Halley, qui ont beſoin de corrections aſſez conſidérables; mais les oppoſitions de Saturne, & ſur-tout celles du dernier ſiécle & du commencement de celui-ci, n'ayant pas été déterminées avec la préciſion d'une minute, M. de la Place a regardé une plus grande préciſion, comme inutile dans une première approximation. La formule précédente, comparée aux obſervations, lui a donné les réſultats ſuivans.

OPPOSIT des ANNÉES.	ERREURS des TABLES de Halley.	ERREURS des TABLES corrigées par la Formule.	OPPOSIT des ANNÉES.	ERREURS des TABLES de Halley.	ERREURS des TABLES corrigées par la Formule.
	M. S.	M. S.		M. S.	M. S.
1582.	+ 1. 56	+ 1. 48	1738.	— 7. 49	— 1. 57
1658.	+ 4. 40	+ 1. 15	1743.	— 6. 16	— 2. 13
1671.	+ 3. 48	+ 0. 33	1746.	— 4. 21	+ 0. 46
1679.	— 1. 57	— 0. 12	1753.	— 13. 39	+ 0. 45
1684.	— 3. 21	— 0. 37	1758.	— 20. 10	+ 2. 2
1687.	— 4. 54	+ 1. 15	1760.	— 22. 17	+ 0. 45
1694.	— 9. 0	+ 0. 20	1763.	— 19. 54	+ 0. 44
1699.	— 9. 25	+ 0. 25	1767.	— 13. 12	+ 0. 27
1701.	— 8. 0	+ 0. 38	1771.	— 4. 56	+ 1. 48
1704.	— 4. 27	+ 0. 37	1775.	+ 2. 6	+ 0. 46
1708.	— 1. 3	— 0. 2	1778.	+ 1. 26	+ 0. 22
1716.	+ 6. 15	0. 0	1782.	+ 1. 36	— 1. 3
1722.	+ 2. 25	— 1. 23	1785.	— 12. 7	— 0. 50
1723.	+ 0. 21	— 2. 49	1786.	— 14. 33	— 0. 26
1730.	— 4. 11	+ 0. 43			

1789

En 1789, la CDT publie une communication importante et fondatrice de Laplace à l'académie des sciences sur le mouvement de Saturne, de Jupiter et de ses satellites où les lois de la gravitation s'invitent. Une référence est faite à Bailly qui, le premier, tentera des tables fondées sur une approche dynamique et non cinématique. Ainsi, petit à petit, la cinématique va laisser place à la dynamique. L'approche cinématique reste encore la plus simple et ne va pas être abandonnée brutalement d'autant que les problèmes à résoudre pour trouver des solutions aux équations dynamiques est autrement plus complexe.



282

Ces comparaiſons ſuffiſent pour faire voir que les irrégularités du mouvement de Saturne dépendent de l'attraction ſeule de Jupiter ; enſorte que ces irrégularités qui ſembloient faire une exception à la loi générale de la peſanteur, en deviennent une des confirmations les plus frappantes.

Il auroit fallu pluſieurs ſiécles d'obſervations ſuivies, pour déterminer empiriquement, la grande inégalité de la formule précédente, à cauſe de la longueur de ſa période ; ainſi ſur ce point, la théorie de la peſanteur univerſelle a devancé l'obſervation.

Cette admirable théorie eſt aujourd'hui portée à un tel degré d'évidence, que ſes réſultats ont la même certitude que s'ils étoient donnés par les obſervations les plus préciſes. M. de la Place ne balance donc point à préſenter aux Aſtronomes, les théorèmes ſuivans, comme autant de conditions auxquelles les époques & les moyens mouvemens des Tables des Satellites de Jupiter doivent néceſſairement ſatisfaire.

Le moyen mouvement du premier Satellite de Jupiter, plus deux fois celui du troiſième, eſt exactement égal à trois fois celui du ſecond Satellite.

La longitude moyenne du premier Satellite, moins trois fois celle du ſecond, plus deux fois celle du troiſième, eſt conſtamment égale à 180 degrés.

Les moyens mouvemens des Tables de M. Wargentin, rempliſſent, à très-peu-près, la première de ces deux conditions ; ainſi ſous ce rapport, elles n'ont beſoin que de corrections fort petites. Les époques des moyens mouvemens de ces Tables rempliſſoient, à 30 minutes près, la ſeconde condition, au commencement de 1760. Celles de M. Bailly ne

1789

- En 1789, la CDT publie une communication importante et fondatrice de Laplace à l'académie des sciences sur le mouvement de Saturne, de Jupiter et de ses satellites où les lois de la gravitation s'invitent. Une référence est faite à Bailly qui, le premier, tentera des tables fondées sur une approche dynamique et non cinématique. Ainsi, petit à petit, la cinématique va laisser place à la dynamique. L'approche cinématique reste encore la plus simple et ne va pas être abandonnée brutalement d'autant que les problèmes à résoudre pour trouver des solutions aux équations dynamiques est autrement plus complexe.

s'en éloignoient que de 12 minutes, à la même époque. Ces écarts ſont une imperfection des Tables, & doivent être comptées parmi les cauſes des erreurs dont elles ſont encore ſuſceptibles.

Les conditions précédentes ſubſiſteroient, en ſuppoſant même dans les moyens mouvemens des Satellites de Jupiter, des accélérations ſemblables à celle que les obſervations paroiſſent indiquer dans le moyen mouvement de la Lune. L'action mutuelle des trois premiers Satellites les maintiendroit ſans ceſſe, en ſorte que le ſyſtême de ces corps, en deſcendant inſenſiblement vers Jupiter, conſerveroit toujours les rapports néceſſaires à l'exiſtence de ces conditions. On peut de-là tirer cette conſéquence, ſavoir que ſi pour mieux repréſenter les obſervations, on admet une équation ſéculaire dans le moyen mouvement de l'un des trois premiers Satellites de Jupiter, ainſi que M. Bailly l'a fait dans ſes Tables; il faut en ſuppoſer de ſemblables dans les moyens mouvemens des deux autres, & les ordonner de manière que l'équation du premier, plus deux fois celle du troiſième, ſoit égale à trois fois l'équation du ſecond Satellite; mais ces Aſtres ſont trop nouveaux dans l'Aſtronomie, pour que leurs équations ſéculaires ſoient ſenſibles.

Nouvelles Tables de Mercure.

Par M. de la Lande.

Le paſſage de Mercure, obſervé le 4 Mars 1786, vers le nœud deſcendant, eſt arrivé plus tard que ſuivant mes Tables; l'erreur ſur la longitude géocentrique, étoit de $2' \frac{2}{3}$, & venoit principalement du

1789

En 1789, la CDT publie une communication importante et fondatrice de Laplace à l'académie des sciences sur le mouvement de Saturne, de Jupiter et de ses satellites où les lois de la gravitation s'invitent. Une référence est faite à Bailly qui, le premier, tentera des tables fondées sur une approche dynamique et non cinématique. Ainsi, petit à petit, la cinématique va laisser place à la dynamique. L'approche cinématique reste encore la plus simple et ne va pas être abandonnée brutalement d'autant que les problèmes à résoudre pour trouver des solutions aux équations dynamiques est autrement plus complexe.

L'ombre est gris-cendré et bien tranchée. Les taches enveloppées dans l'ombre sont invisibles ; je ne distingue même pas le lieu de Tycho. Cependant le bord de la Lune éclipsé reste toujours sensible.

Fin de l'éclipse..... $5^h\ 52'\ 35''$

C 30 janvier 1804.

⊙..... $19^h\ 35'\ 37''54$

Distance du zénit au bord supérieur..... $61^d\ 36'\ 44''8$

Bar. 0,7600. Therm.... { intér. + 10^d,0 ; extér. + 11,0

61 μ d'Orion..... $4^h\ 39'\ 38''6$

N. B. Les distances du zénit et de l'horizon ne sont pas corrigées de l'erreur de la lunette.

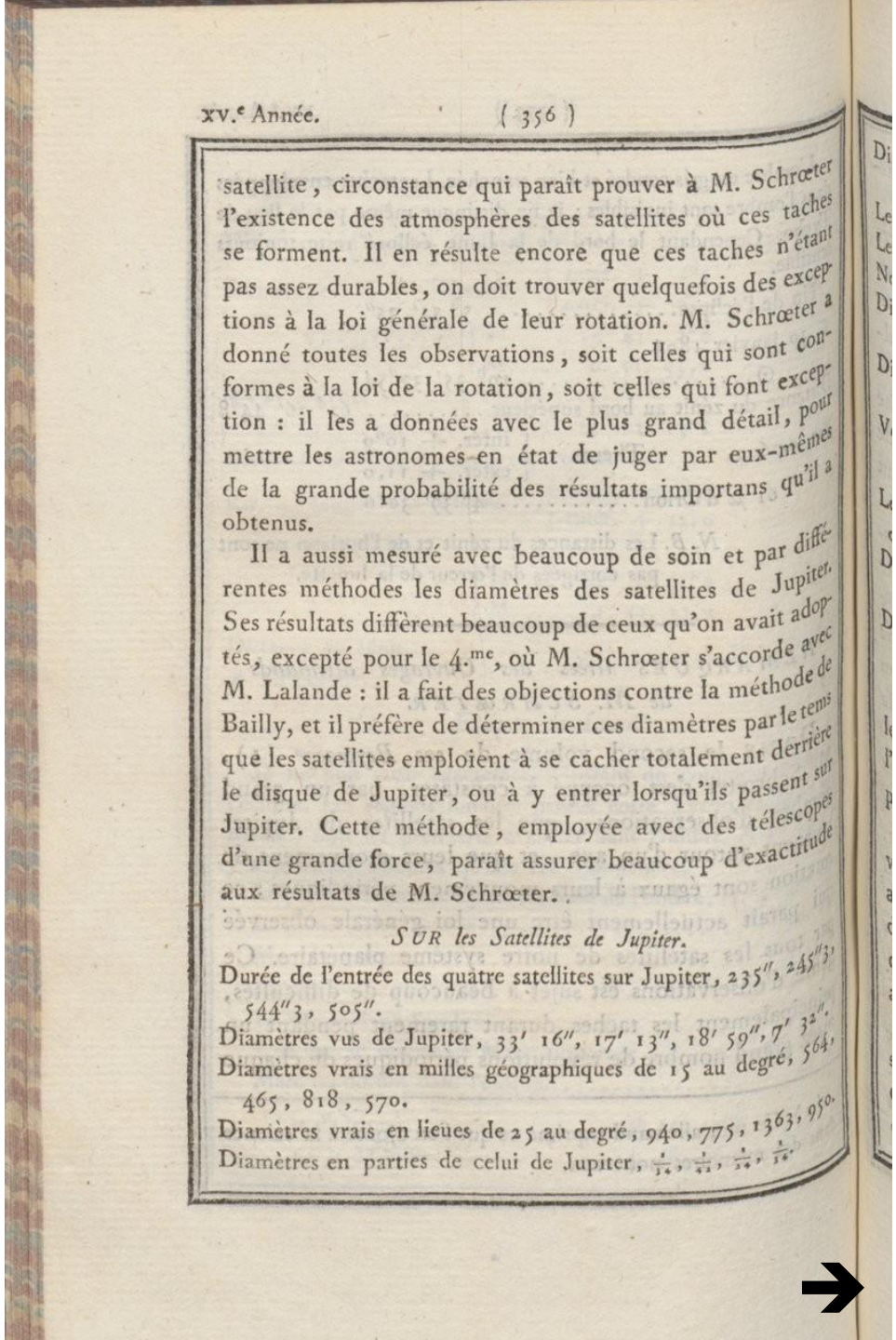
REMARQUES *tirées des Ouvrages allemands de M.* SCHRŒTER.

DANS le second volume de ses *Beytraege* (1), M. Schrœter s'est occupé à constater, par un grand nombre d'observations, que les satellites de Jupiter tournent autour d'un axe, et que leurs mouvemens de rotation sont égaux à leurs mouvemens périodiques ; ce qui paraît actuellement être une loi générale observée par tous les satellites de notre système planétaire. Ce genre d'observations est sujet à beaucoup de difficultés, principalement les taches durant rarement pendant un assez grand nombre de révolutions périodiques de chaque

(1) Ce mot allemand exprime ce que l'on ajoute à la science dans des mémoires nouveaux.

1807 (an XV)

- Dans la CDT de 1807, on commence à s'intéresser à la nature des satellites à leur taille, à l'existence d'une atmosphère,… L'astronomie physique progresse grâce aux améliorations technologiques des télescopes.



xv.e Année. (356)

satellite, circonstance qui paraît prouver à M. Schrœter l'existence des atmosphères des satellites où ces taches se forment. Il en résulte encore que ces taches n'étant pas assez durables, on doit trouver quelquefois des exceptions à la loi générale de leur rotation. M. Schrœter a donné toutes les observations, soit celles qui sont conformes à la loi de la rotation, soit celles qui font exception : il les a données avec le plus grand détail, pour mettre les astronomes en état de juger par eux-mêmes de la grande probabilité des résultats importans qu'il a obtenus.

Il a aussi mesuré avec beaucoup de soin et par différentes méthodes les diamètres des satellites de Jupiter. Ses résultats diffèrent beaucoup de ceux qu'on avait adoptés, excepté pour le 4.me, où M. Schrœter s'accorde avec M. Lalande : il a fait des objections contre la méthode de Bailly, et il préfère de déterminer ces diamètres par le tems que les satellites emploient à se cacher totalement derrière le disque de Jupiter, ou à y entrer lorsqu'ils passent sur Jupiter. Cette méthode, employée avec des télescopes d'une grande force, paraît assurer beaucoup d'exactitude aux résultats de M. Schrœter.

Sur les Satellites de Jupiter.

Durée de l'entrée des quatre satellites sur Jupiter, 235″, 245″3, 544″3, 505″.

Diamètres vus de Jupiter, 33′ 16″, 17′ 13″, 18′ 59″, 7′ 32″.

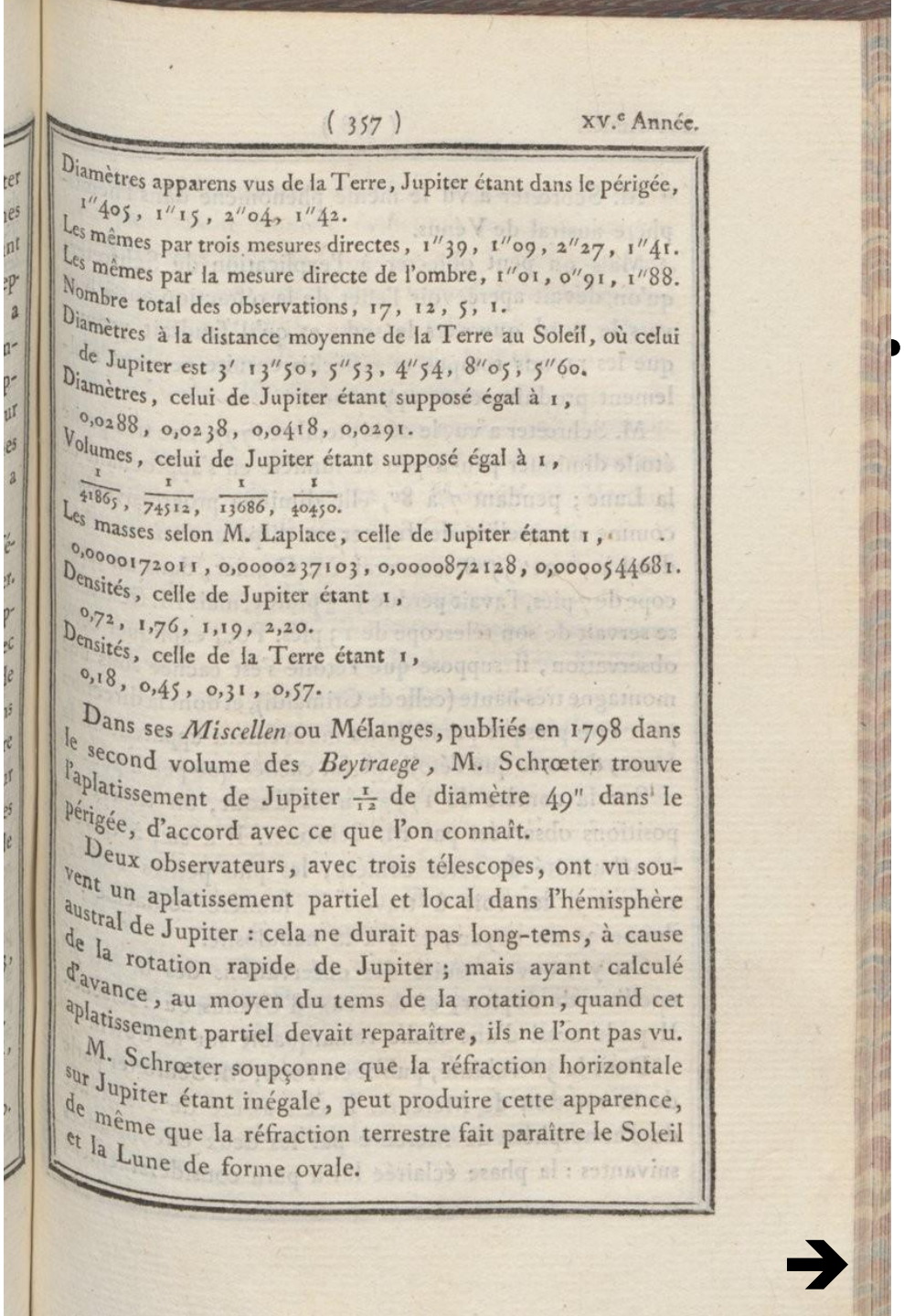
Diamètres vrais en milles géographiques de 15 au degré, 564, 465, 818, 570.

Diamètres vrais en lieues de 25 au degré, 940, 775, 1363, 950.

Diamètres en parties de celui de Jupiter, $\frac{1}{14}$, $\frac{1}{17}$, $\frac{1}{14}$, $\frac{1}{14}$.

1807 (an XV)

- Dans la CDT de 1807, on commence à s'intéresser à la nature des satellites à leur taille, à l'existence d'une atmosphère,… L'astronomie physique progresse grâce aux améliorations technologiques des télescopes.



(357) XV.e Année.

Diamètres apparens vus de la Terre, Jupiter étant dans le périgée, 1″405, 1″15, 2″04, 1″42.
Les mêmes par trois mesures directes, 1″39, 1″09, 2″27, 1″41.
Les mêmes par la mesure directe de l'ombre, 1″01, 0″91, 1″88.
Nombre total des observations, 17, 12, 5, 1.
Diamètres à la distance moyenne de la Terre au Soleil, où celui de Jupiter est 3′ 13″50, 5″53, 4″54, 8″05, 5″60.
Diamètres, celui de Jupiter étant supposé égal à 1,
0,0288, 0,0238, 0,0418, 0,0291.
Volumes, celui de Jupiter étant supposé égal à 1,
$\frac{1}{41865}$, $\frac{1}{74512}$, $\frac{1}{13686}$, $\frac{1}{40450}$.
Les masses selon M. Laplace, celle de Jupiter étant 1,
0,0000172011, 0,0000237103, 0,0000872128, 0,0000544681.
Densités, celle de Jupiter étant 1,
0,72, 1,76, 1,19, 2,20.
Densités, celle de la Terre étant 1,
0,18, 0,45, 0,31, 0,57.

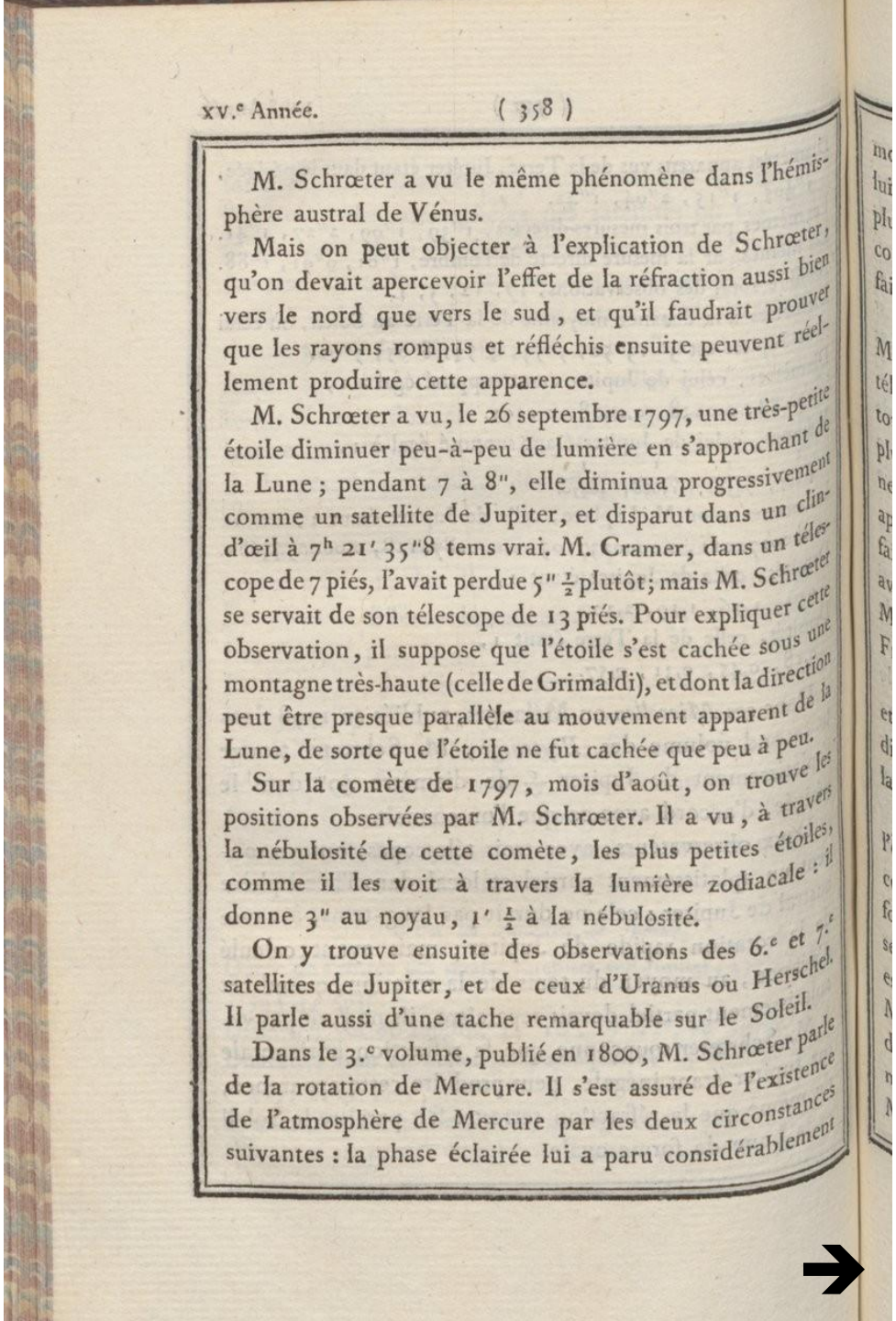
Dans ses *Miscellen* ou Mélanges, publiés en 1798 dans le second volume des *Beytraege*, M. Schrœter trouve l'aplatissement de Jupiter $\frac{1}{12}$ de diamètre 49″ dans le périgée, d'accord avec ce que l'on connaît.

Deux observateurs, avec trois télescopes, ont vu souvent un aplatissement partiel et local dans l'hémisphère austral de Jupiter : cela ne durait pas long-tems, à cause de la rotation rapide de Jupiter ; mais ayant calculé d'avance, au moyen du tems de la rotation, quand cet aplatissement partiel devait reparaître, ils ne l'ont pas vu.

M. Schrœter soupçonne que la réfraction horizontale sur Jupiter étant inégale, peut produire cette apparence, de même que la réfraction terrestre fait paraître le Soleil et la Lune de forme ovale.

1807 (an XV)

- Dans la CDT de 1807, on commence à s'intéresser à la nature des satellites à leur taille, à l'existence d'une atmosphère,… L'astronomie physique progresse grâce aux améliorations technologiques des télescopes.



xv.e Année. (358)

M. Schrœter a vu le même phénomène dans l'hémisphère austral de Vénus.

Mais on peut objecter à l'explication de Schrœter, qu'on devait apercevoir l'effet de la réfraction aussi bien vers le nord que vers le sud, et qu'il faudrait prouver que les rayons rompus et réfléchis ensuite peuvent réellement produire cette apparence.

M. Schrœter a vu, le 26 septembre 1797, une très-petite étoile diminuer peu-à-peu de lumière en s'approchant de la Lune ; pendant 7 à 8", elle diminua progressivement comme un satellite de Jupiter, et disparut dans un clin-d'œil à 7h 21′ 35″8 tems vrai. M. Cramer, dans un télescope de 7 piés, l'avait perdue 5″ ½ plutôt ; mais M. Schrœter se servait de son télescope de 13 piés. Pour expliquer cette observation, il suppose que l'étoile s'est cachée sous une montagne très-haute (celle de Grimaldi), et dont la direction peut être presque parallèle au mouvement apparent de la Lune, de sorte que l'étoile ne fut cachée que peu à peu.

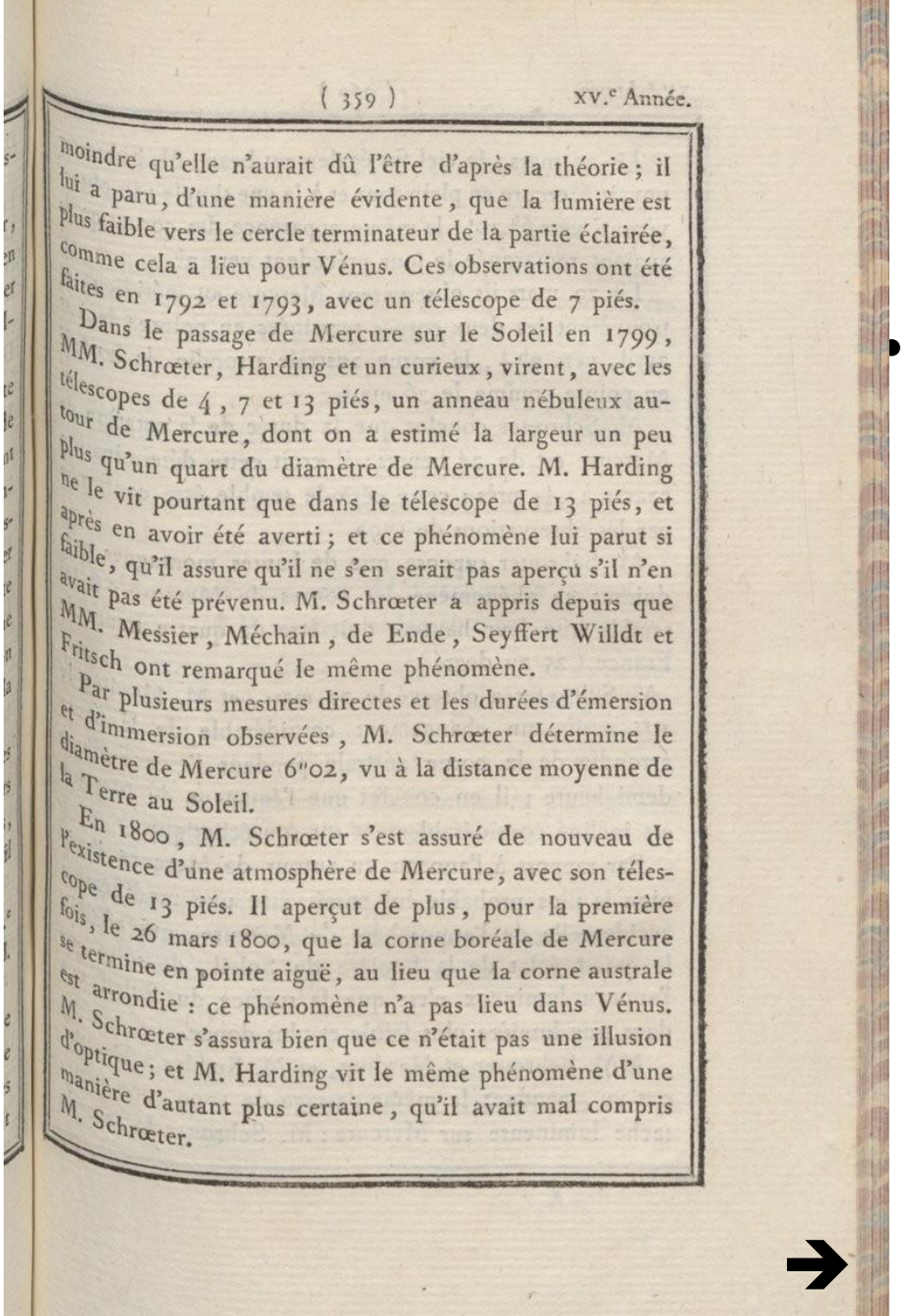
Sur la comète de 1797, mois d'août, on trouve les positions observées par M. Schrœter. Il a vu, à travers la nébulosité de cette comète, les plus petites étoiles, comme il les voit à travers la lumière zodiacale : il donne 3" au noyau, 1′ ½ à la nébulosité.

On y trouve ensuite des observations des 6.e et 7.e satellites de Jupiter, et de ceux d'Uranus ou Herschel. Il parle aussi d'une tache remarquable sur le Soleil.

Dans le 3.e volume, publié en 1800, M. Schrœter parle de la rotation de Mercure. Il s'est assuré de l'existence de l'atmosphère de Mercure par les deux circonstances suivantes : la phase éclairée lui a paru considérablement

1807 (an XV)

- Dans la CDT de 1807, on commence à s'intéresser à la nature des satellites à leur taille, à l'existence d'une atmosphère,… L'astronomie physique progresse grâce aux améliorations technologiques des télescopes.


(359) XV.e Année.

moindre qu'elle n'aurait dû l'être d'après la théorie ; il lui a paru, d'une manière évidente, que la lumière est plus faible vers le cercle terminateur de la partie éclairée, comme cela a lieu pour Vénus. Ces observations ont été faites en 1792 et 1793, avec un télescope de 7 piés.

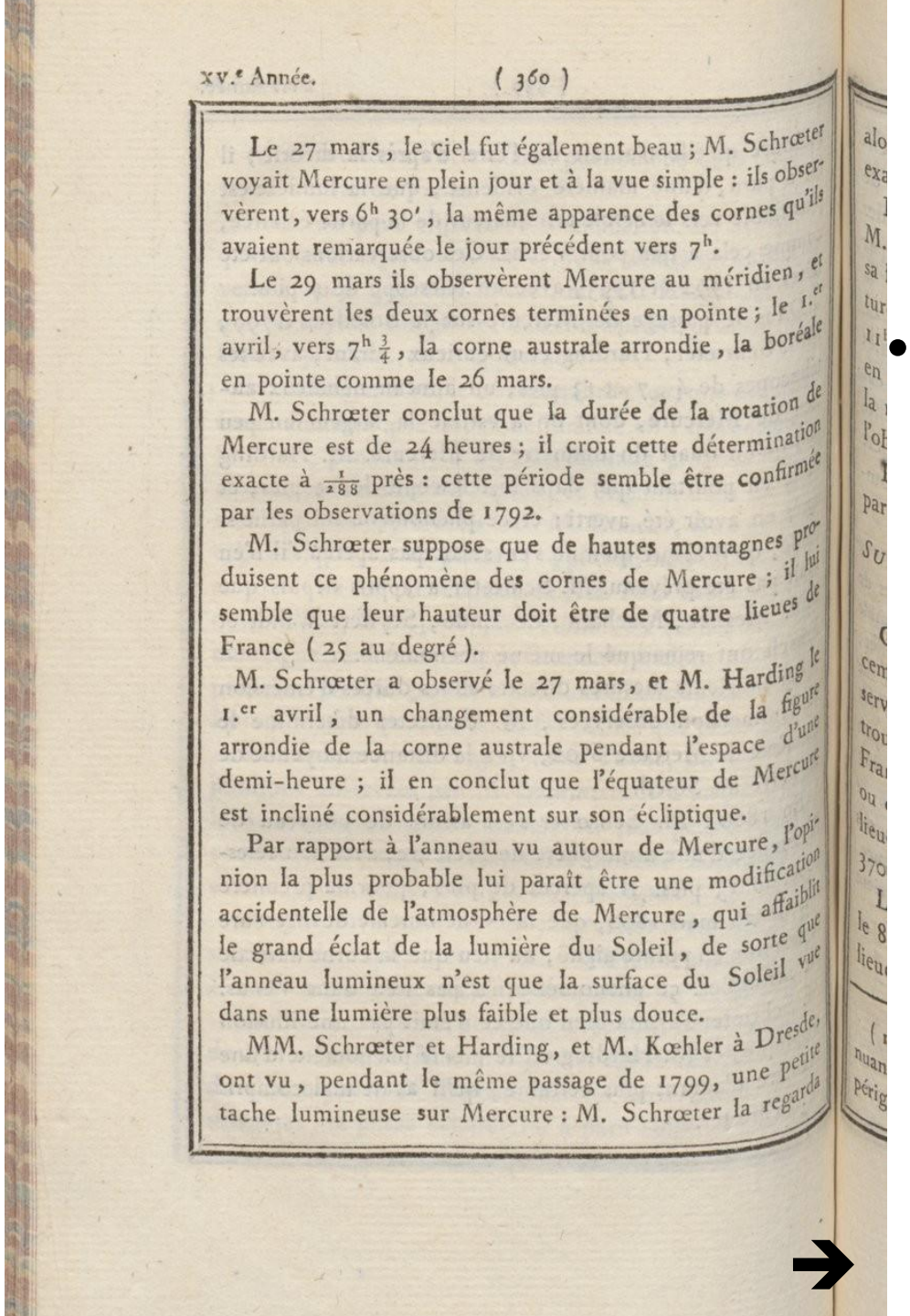
Dans le passage de Mercure sur le Soleil en 1799, MM. Schrœter, Harding et un curieux, virent, avec les télescopes de 4, 7 et 13 piés, un anneau nébuleux autour de Mercure, dont on a estimé la largeur un peu plus qu'un quart du diamètre de Mercure. M. Harding ne le vit pourtant que dans le télescope de 13 piés, et après en avoir été averti ; et ce phénomène lui parut si faible, qu'il assure qu'il ne s'en serait pas aperçu s'il n'en avait pas été prévenu. M. Schrœter a appris depuis que MM. Messier, Méchain, de Ende, Seyffert Willdt et Fritsch ont remarqué le même phénomène.

Par plusieurs mesures directes et les durées d'émersion et d'immersion observées, M. Schrœter détermine le diamètre de Mercure 6″02, vu à la distance moyenne de la Terre au Soleil.

En 1800, M. Schrœter s'est assuré de nouveau de l'existence d'une atmosphère de Mercure, avec son télescope de 13 piés. Il aperçut de plus, pour la première fois, le 26 mars 1800, que la corne boréale de Mercure se termine en pointe aiguë, au lieu que la corne australe est arrondie : ce phénomène n'a pas lieu dans Vénus. M. Schrœter s'assura bien que ce n'était pas une illusion d'optique ; et M. Harding vit le même phénomène d'une manière d'autant plus certaine, qu'il avait mal compris M. Schrœter.

1807 (an XV)

- Dans la CDT de 1807, on commence à s'intéresser à la nature des satellites à leur taille, à l'existence d'une atmosphère,… L'astronomie physique progresse grâce aux améliorations technologiques des télescopes.



xv.e Année. (360)

Le 27 mars, le ciel fut également beau ; M. Schrœter voyait Mercure en plein jour et à la vue simple : ils observèrent, vers $6^h\ 30'$, la même apparence des cornes qu'ils avaient remarquée le jour précédent vers 7^h.

Le 29 mars ils observèrent Mercure au méridien, et trouvèrent les deux cornes terminées en pointe ; le 1.er avril, vers $7^h\ \frac{3}{4}$, la corne australe arrondie, la boréale en pointe comme le 26 mars.

M. Schrœter conclut que la durée de la rotation de Mercure est de 24 heures ; il croit cette détermination exacte à $\frac{1}{288}$ près : cette période semble être confirmée par les observations de 1792.

M. Schrœter suppose que de hautes montagnes produisent ce phénomène des cornes de Mercure ; il lui semble que leur hauteur doit être de quatre lieues de France (25 au degré).

M. Schrœter a observé le 27 mars, et M. Harding le 1.er avril, un changement considérable de la figure arrondie de la corne australe pendant l'espace d'une demi-heure ; il en conclut que l'équateur de Mercure est incliné considérablement sur son écliptique.

Par rapport à l'anneau vu autour de Mercure, l'opinion la plus probable lui paraît être une modification accidentelle de l'atmosphère de Mercure, qui affaiblit le grand éclat de la lumière du Soleil, de sorte que l'anneau lumineux n'est que la surface du Soleil vue dans une lumière plus faible et plus douce.

MM. Schrœter et Harding, et M. Kœhler à Dresde, ont vu, pendant le même passage de 1799, une petite tache lumineuse sur Mercure : M. Schrœter la regarda

1807 (an XV)

- Dans la CDT de 1807, on commence à s'intéresser à la nature des satellites à leur taille, à l'existence d'une atmosphère,… L'astronomie physique progresse grâce aux améliorations technologiques des télescopes.

alors comme une illusion optique, et ne dessina pas assez exactement sa position.

Pour continuer ses recherches avec plus de facilité, M. Schrœter fit construire une machine parallatique pour sa lunette acromatique de 10 piés et de 4 pouces d'ouverture. Il observa Mercure au méridien le 16 septembre, $11^h\ 8'$; il trouva le même phénomène que le 26 mars: en divisant par 172 révolutions, on trouve la durée de la rotation de Mercure $24^h\ 5'\ 28''$; et en comparant l'observation du 1.er avril, il trouve $24^h\ 5'\ 31''$.

Par un milieu et en nombre rond, la rotation lui paraît être $24^h\ 5'\ 30''$.

SUR la Comète de 1799, par M. SCHRŒTER, 3.e volume des Beytraege, *publié en 1800.*

C'est celle que M. Méchain a découverte au commencement du mois d'août. D'après un grand nombre d'observations faites avec beaucoup de soin, M. Schrœter trouve le diamètre du noyau solide, de 622 lieues de France (25 au degré); le diamètre de la photosphère ou de la nébulosité sphérique, depuis 57000 à 15000 (1) lieues avec le télescope de 13 piés: depuis 72000 à 37000 lieues avec le télescope de 27 piés.

La plus grande longueur de la queue a été observée le 8 septembre, de $2^d\ 4'$, ce qui donne 2 millions de lieues.

(1) Les observations donnent ce diamètre toujours en diminuant, à compter du 7 septembre, où la comète fut dans le périgée à-peu-près.

1807 (an XV)

- Dans la CDT de 1807, on commence à s'intéresser à la nature des satellites à leur taille, à l'existence d'une atmosphère,… L'astronomie physique progresse grâce aux améliorations technologiques des télescopes.

et faisant la somme des quarrés de ces erreurs égale à un *minimum*, on trouverait

$$\frac{\rho}{a} = 1 - \frac{\alpha\,(n + n_{,}\,m_{,}^{4} + n_{,,}\,m_{,,}^{4} + \&c.)}{1 + m_{,}^{4} + m_{,,}^{4} + \&c.}.$$

(35) Et le grade décrit de ce rayon serait =

$$\overset{\text{mètres}}{100000} + \left[1 - \frac{2\,(n + n_{,}\,m^{4} + n_{,,}\,m_{,,}^{4} + \&c.)}{1 + m_{,}^{4} + m_{,,}^{4} + \&c.}\right] 150 \text{ mètres.}$$

Dans les cas ordinaires d'application, les différences entre les diverses valeurs du grade déduit de cette formule ou de celles des articles (31) et (33), seront toujours peu considérables.

(36) Il ne faut pas perdre de vue que toute la théorie exposée dans ce Mémoire, suppose que les arcs correspondant aux rayons osculateurs ont une valeur angulaire assez petite pour pouvoir être censés décrits par ces rayons sans erreur sensible; et, pour les cas traités dans ce troisième paragraphe, on pourra, lorsque $A_{,}$, $A_{,,}$ &c. excéderont quatre ou cinq grades, faire $r_{,}$, $r_{,,}$ &c. égaux aux rayons osculateurs de ces arcs pris dans les milieux de leurs longueurs.

PRONY.

TABLES pour trouver les Configurations des Satellites de Jupiter.

Par M. DELAMBRE.

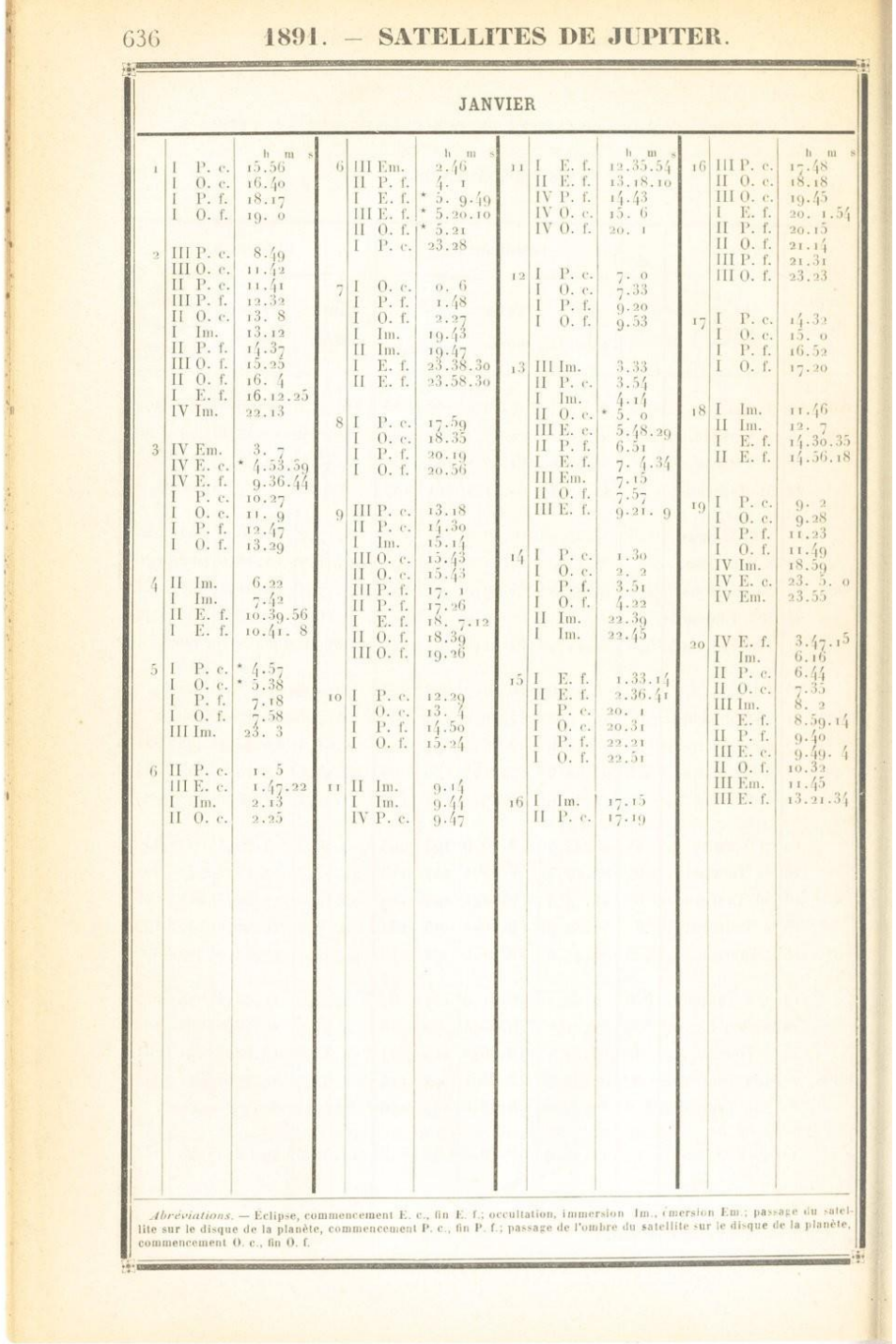
ON a imaginé divers instrumens pour trouver la position respective des quatre satellites, dont plusieurs éphémérides présentent les configurations pour tous les jours de chaque mois. Une longue pratique m'a confirmé dans la persuasion où j'ai toujours été, que de tous les instrumens, le plus commode, le plus général, le plus sûr et même le plus expéditif, c'est le calcul. Ainsi, dans l'intention d'abréger, autant qu'il est possible, le travail des calculateurs de la Connaissance des tems, j'ai formé les tables auxquelles, après plusieurs essais, je crois avoir enfin donné la disposition la plus avantageuse et la plus propre à prévenir les erreurs.

I. Quand on a calculé les éclipses des satellites, on connaît le tems de la conjonction héliocentrique pour toutes les éclipses qui arrivent dans le mois : mes tables supposent qu'on ait cette conjonction pour l'éclipse la plus voisine du premier jour du mois, et pour celle qui est la plus voisine du dernier jour du même mois.

Mais si l'on n'avait pas calculé les éclipses, et qu'on voulût déterminer

1808

- Dans le volume de 1808, Delambre publie des tables pour trouver les configurations. Il explique en particulier que le meilleur instrument pour trouver la position des satellites est le calcul et non pas une horloge mécanique complexe pour décrire ces mouvements.



636 1891. — SATELLITES DE JUPITER.

JANVIER

			h m s				h m s				h m s				h m s
1	I	P. c.	15.56	6	III	Em.	2.46	11	I	E. f.	12.35.54	16	III	P. c.	17.48
	I	O. c.	16.40		II	P. f.	4. 1		II	E. f.	13.18.10		II	O. c.	18.18
	I	P. f.	18.17		I	E. f.	* 5. 9.49		IV	P. f.	14.43		III	O. c.	19.45
	I	O. f.	19. 0		III	E. f.	* 5.20.10		IV	O. c.	15. 6		I	E. f.	20. 1.54
					II	O. f.	* 5.21		IV	O. f.	20. 1		II	P. f.	20.15
2	III	P. c.	8.49		I	P. c.	23.28						II	O. f.	21.14
	III	O. c.	11.42					12	I	P. c.	7. 0		III	P. f.	21.31
	II	P. c.	11.41	7	I	O. c.	0. 6		I	O. c.	7.33		III	O. f.	23.33
	III	P. f.	12.32		I	P. f.	1.48		I	P. f.	9.20				
	II	O. c.	13. 8		I	O. f.	2.27		I	O. f.	9.53	17	I	P. c.	14.32
	I	Im.	13.12		I	Im.	19.43						I	O. c.	15. 0
	II	P. f.	14.37		II	Im.	19.47						I	P. f.	16.52
	III	O. f.	15.25		I	E. f.	23.38.30	13	III	Im.	3.33		I	O. f.	17.20
	II	O. f.	16. 4		II	E. f.	23.58.30		II	P. c.	3.54				
	I	E. f.	16.12.25						I	Im.	4.14				
	IV	Im.	22.13						II	O. c.	* 5. 0	18	I	Im.	11.46
				8	I	P. c.	17.59		III	E. c.	5.48.29		II	Im.	12. 7
					I	O. c.	18.35		II	P. f.	6.51		I	E. f.	14.36.35
					I	P. f.	20.19		I	E. f.	7. 4.34		II	E. f.	14.56.18
3	IV	Em.	3. 7		I	O. f.	20.56		III	Em.	7.15				
	IV	E. c.	* 4.53.59						II	O. f.	7.57				
	IV	E. f.	9.36.44						III	E. f.	9.21. 9	19	I	P. c.	9. 2
	I	P. c.	10.27	9	III	P. c.	13.18						I	O. c.	9.28
	I	O. c.	11. 9		II	P. c.	14.30						I	P. f.	11.23
	I	P. f.	12.47		I	Im.	15.14						I	O. f.	11.49
	I	O. f.	13.29		III	O. c.	15.43	14	I	P. c.	1.30		IV	Im.	18.59
					II	O. c.	15.43		I	O. c.	2. 2		IV	E. c.	23. 5. 0
4	II	Im.	6.22		III	P. f.	17. 1		I	P. f.	3.51		IV	Em.	23.55
	I	Im.	7.42		II	P. f.	17.26		I	O. f.	4.22				
	II	E. f.	10.39.56		I	E. f.	18. 7.12		II	Im.	22.39	20	IV	E. f.	3.47.15
	I	E. f.	10.41. 8		II	O. f.	18.39		I	Im.	22.45		I	Im.	6.16
					III	O. f.	19.26						II	P. c.	6.44
5	I	P. c.	* 4.57					15	I	E. f.	1.33.14		II	O. c.	7.35
	I	O. c.	* 5.38						II	E. f.	3.36.41		III	Im.	8. 2
	I	P. f.	7.18	10	I	P. c.	12.29		I	P. c.	20. 1		I	E. f.	8.59.14
	I	O. f.	7.58		I	O. c.	13. 4		I	O. c.	20.31		II	P. f.	9.40
	III	Im.	23. 3		I	P. f.	14.50		I	P. f.	22.21		III	E. c.	9.49. 4
					I	O. f.	15.24		I	O. f.	22.51		II	O. f.	10.32
6	II	P. c.	1. 5										III	Em.	11.45
	III	E. c.	1.47.22	11	II	Im.	9.14						III	E. f.	13.21.34
	I	Im.	2.13		I	Im.	9.44	16	I	Im.	17.15				
	II	O. c.	2.25		IV	P. c.	9.47		II	P. c.	17.19				

Abréviations. — Éclipse, commencement E. c., fin E. f.; occultation, immersion Im., émersion Em.; passage du satellite sur le disque de la planète, commencement P. c., fin P. f.; passage de l'ombre du satellite sur le disque de la planète, commencement O. c., fin O. f.

1891

- Durant les années qui suivent, il n'y aura plus de modifications importantes : les tables de Delambre sont satisfaisantes. Ce sera dans le volume de 1841 qu'on trouvera une nouvelle augmentation de la précision : on utilisera désormais les tables de Damoiseau. En 1891, les prédictions des éclipses sont complétées par celles des occultations et des passages de satellites et d'ombres devant le disque de Jupiter. Pour cela on utilisera les tables de Damoiseau avec celles de Woolhouse.

Occultations. — Les données relatives aux occultations des étoiles et des planètes par la Lune ont été communiquées par le *Nautical Almanac Office*, conformément à l'esprit du programme de collaboration établi par le *Congrès des Éphémérides astronomiques*.

Satellites. — Depuis la présente année, la *Connaissance des Temps* ne publie plus d'éphémérides relatives aux satellites de Mars, Saturne, Uranus et Neptune et aux nouveaux satellites de Jupiter : on trouvera, d'après les résolutions du Congrès, les éphémérides de l'anneau et des satellites de Saturne, à l'exception de Phœbé, dans le *Berliner Astronomisches Jahrbuch*, et les éphémérides des satellites de Mars, Uranus et Neptune, ainsi que celles de Phœbé et des nouveaux satellites de Jupiter, dans l'*American Ephemeris*.

De même, on trouvera les éphémérides relatives aux observations physiques des astres dans l'*American Ephemeris*, sauf celle du cratère Mœsting A que publie le *Berliner Jahrbuch*.

En revanche, la *Connaissance des Temps* a assumé la tâche de calculer et publier, d'après les nouvelles Tables de M. R.-A. Sampson, des éphémérides détaillées pour les quatre premiers satellites de Jupiter : ce travail a été entièrement exécuté sous la direction de M. L. Schulhof, qui, grâce à d'heureuses modifications des Tables de M. Sampson, a pu abréger notablement la somme des calculs nécessaires.

Ces nouvelles éphémérides sont destinées à faciliter les observations micrométriques, en fournissant soit directement, soit comme résultat d'un calcul très simple, les positions géocentriques des satellites.

De plus, comme par le passé, on trouve toutes les indications relatives aux divers phénomènes présentés par les satellites de Jupiter, calculées d'après les Tables de M. R.-A. Sampson, avec toute la précision qu'elles peuvent fournir, de façon à permettre directement leur comparaison aux observations. Enfin on a rétabli cette année le Tableau des configurations des satellites calculées, comme précédemment à l'aide des Tables de Damoiseau.

Dans tout ce Chapitre, les époques sont comptées en temps moyen de Greenwich.

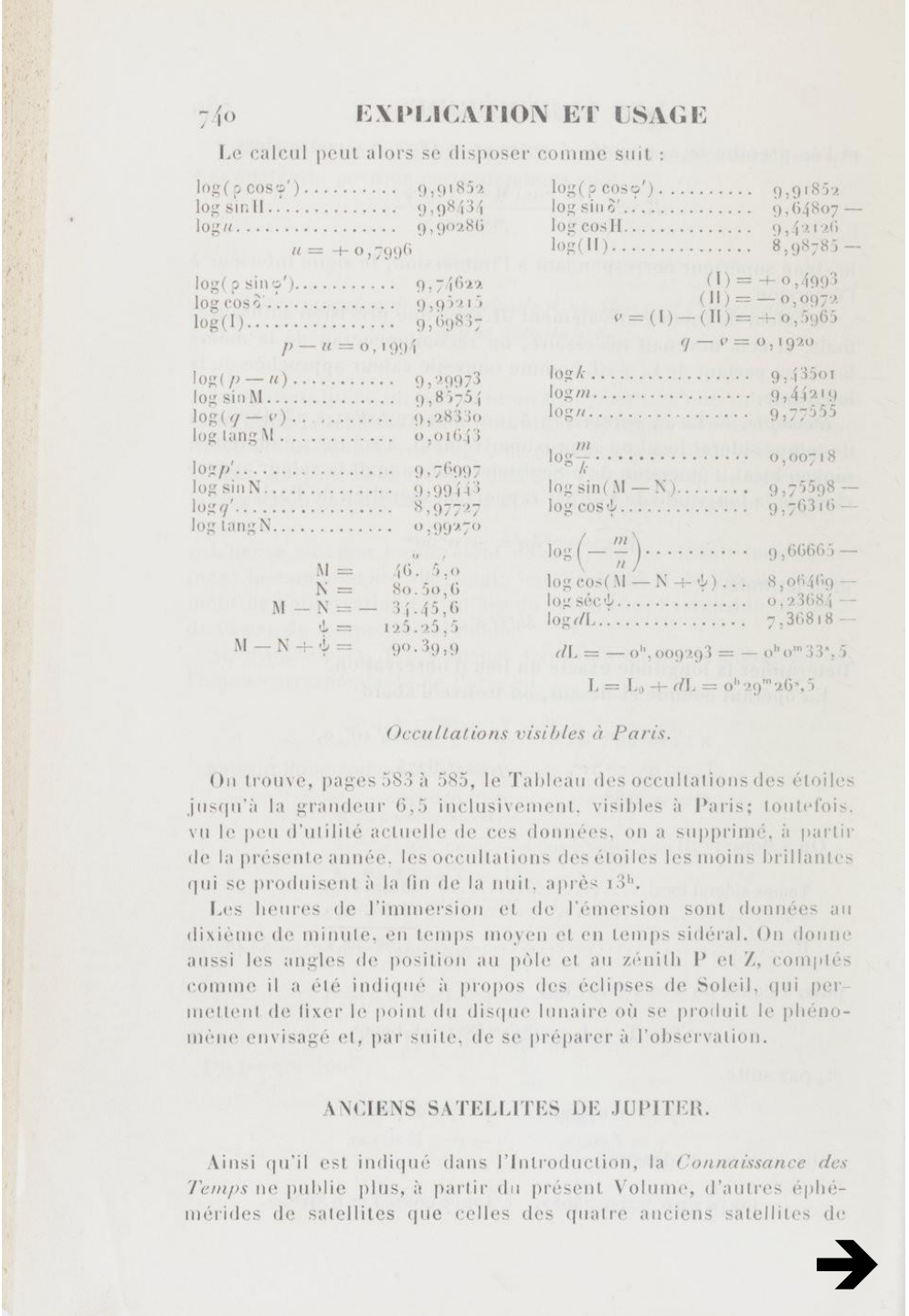
Tables diverses. — Au sujet des Tables diverses qui terminent le Volume, il est nécessaire de signaler que les Tables relatives à l'ellipsoïde terrestre et à la parallaxe ont été calculées à nouveau, d'après la valeur de l'aplatissement $\frac{1}{297,0}$ adoptée, comme il a été dit, par le Congrès; de plus dans le calcul des longueurs des arcs de 1° sur les méridiens et les parallèles aux diverses latitudes, on a pris pour le rayon équatorial la valeur moyenne $a = 6378200^{m}$ recommandée par M. Helmert.

En outre, les Tables de réfraction dues à Caillet et publiées chaque année par la *Connaissance des Temps* depuis 1851, ont été remplacées par de nouvelles Tables plus exactes qui sont tirées, avec les modifications nécessaires indiquées à la page 652, des Tables plus étendues publiées par R. Radau en 1889 (*Annales de l'Observatoire de Paris*, Mémoires, t. XIX).

Supplément. — *La Connaissance des Temps pour* 1915 publie en supplément des Tableaux renfermant les éléments des 732 petites planètes classées jusqu'à ce jour, ainsi que les données relatives à leur découverte. Ces éléments sont tirés des publications de l'*Astronomisches Rechen-Institut*, qui, d'après les résolutions du Congrès des Éphé-

1915

- Il est à noter que des éphémérides (élongations,…) sont fournies pour les autres satellites naturels (de Saturne, puis de Mars et d'Uranus en 1897 et 1899). Ces éphémérides cesseront d'être publiées dans la Connaissance des temps à partir de 1915 quand un accord international confiera les satellites galiléens à la CDT et les autres satellites aux autres éphémérides nationales. On passe, au même moment, du temps de Paris au temps moyen de Greenwich dans la CDT (ce ne sera qu'en 1925 qu'on passera au temps civil de Greenwich ou « temps universel » dans la CDT).



740 EXPLICATION ET USAGE

Le calcul peut alors se disposer comme suit :

$\log(\rho\cos\varphi')$ 9,91852
$\log\sin H$ 9,98434
$\log u$ 9,90286

$u = +0,7996$

$\log(\rho\sin\varphi')$ 9,74622
$\log\cos\delta$ 9,95215
$\log(I)$ 9,69837

$p - u = 0,1994$

$\log(p-u)$ 9,29973
$\log\sin M$ 9,85754
$\log(q-v)$ 9,28330
$\log\operatorname{tang} M$ 0,01643

$\log p'$ 9,76997
$\log\sin N$ 9,99443
$\log q'$ 8,97727
$\log\operatorname{tang} N$ 0,99270

$M = 46.\ 5,0$
$N = 80.50,6$
$M - N = -34.45,6$
$\psi = 125.25,5$
$M - N + \psi = 90.39,9$

$\log(\rho\cos\varphi')$ 9,91852
$\log\sin\delta'$ ..... 9,64807 —
$\log\cos H$ 9,42126
$\log(II)$ ..... 8,98785 —

$(I) = +0,4993$
$(II) = -0,0972$
$v = (I) - (II) = +0,5965$

$q - v = 0,1920$

$\log k$ 9,43501
$\log m$ 9,44219
$\log u$ 9,77555

$\log\frac{m}{k}$ 0,00718

$\log\sin(M-N)$ ..... 9,75598 —
$\log\cos\psi$ ..... 9,76316 —

$\log\left(-\frac{m}{u}\right)$ ..... 9,66665 —
$\log\cos(M-N+\psi)$ ... 8,06469 —
$\log\sec\psi$ ..... 0,23684 —
$\log dL$ ..... 7,36818 —

$dL = -0^h,009293 = -0^h0^m33^s,5$

$L = L_0 + dL = 0^h29^m26^s,5$

Occultations visibles à Paris.

On trouve, pages 583 à 585, le Tableau des occultations des étoiles jusqu'à la grandeur 6,5 inclusivement, visibles à Paris; toutefois, vu le peu d'utilité actuelle de ces données, on a supprimé, à partir de la présente année, les occultations des étoiles les moins brillantes qui se produisent à la fin de la nuit, après 13^h.

Les heures de l'immersion et de l'émersion sont données au dixième de minute, en temps moyen et en temps sidéral. On donne aussi les angles de position au pôle et au zénith P et Z, comptés comme il a été indiqué à propos des éclipses de Soleil, qui permettent de fixer le point du disque lunaire où se produit le phénomène envisagé et, par suite, de se préparer à l'observation.

ANCIENS SATELLITES DE JUPITER.

Ainsi qu'il est indiqué dans l'Introduction, la *Connaissance des Temps* ne publie plus, à partir du présent Volume, d'autres éphémérides de satellites que celles des quatre anciens satellites de

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.

Jupiter; mais elle fournit l'ensemble complet de toutes les données nécessaires à l'observation de ces satellites, d'après les Tables de M. R.-A. Sampson (*Tables of the four great satellites of Jupiter*, Londres, 1910), transformées en grande partie par M. L. Schulhof.

Ces données occupent les pages 586-637, et forment deux sections bien distinctes, la seconde étant entièrement nouvelle.

Il est essentiel d'observer que toutes les époques, sans exception, sont indiquées dans ce Chapitre, en temps moyen astronomique de Greenwich.

Éclipses. Occultations. Passage des satellites et de leurs ombres.

Les pages paires, 586 à 604, fournissent, pour la période de l'année pendant laquelle les satellites de Jupiter sont observables, les époques à la seconde de temps près, des *phénomènes* que présentent ces satellites, savoir : commencement et fin de leurs éclipses, de leurs occultations, de leurs passages ou des passages de leurs ombres sur la planète.

L'observation des éclipses comporte seule une assez grande exactitude : jusqu'à présent, ces phénomènes étaient calculés à l'aide des *Tables de Damoiseau*, continuées dans la mesure du nécessaire, en particulier par M. Pottier (*Bull. Astr.* t. XIII). Quant aux occultations et passages, on était obligé d'avoir recours aux Tables abrégées publiées par Woolhouse dans le *Nautical Almanac* pour 1835 : ces Tables donnent à peine exactement la minute ronde, tandis que l'observation peut comporter une précision de près de $0^m,1$.

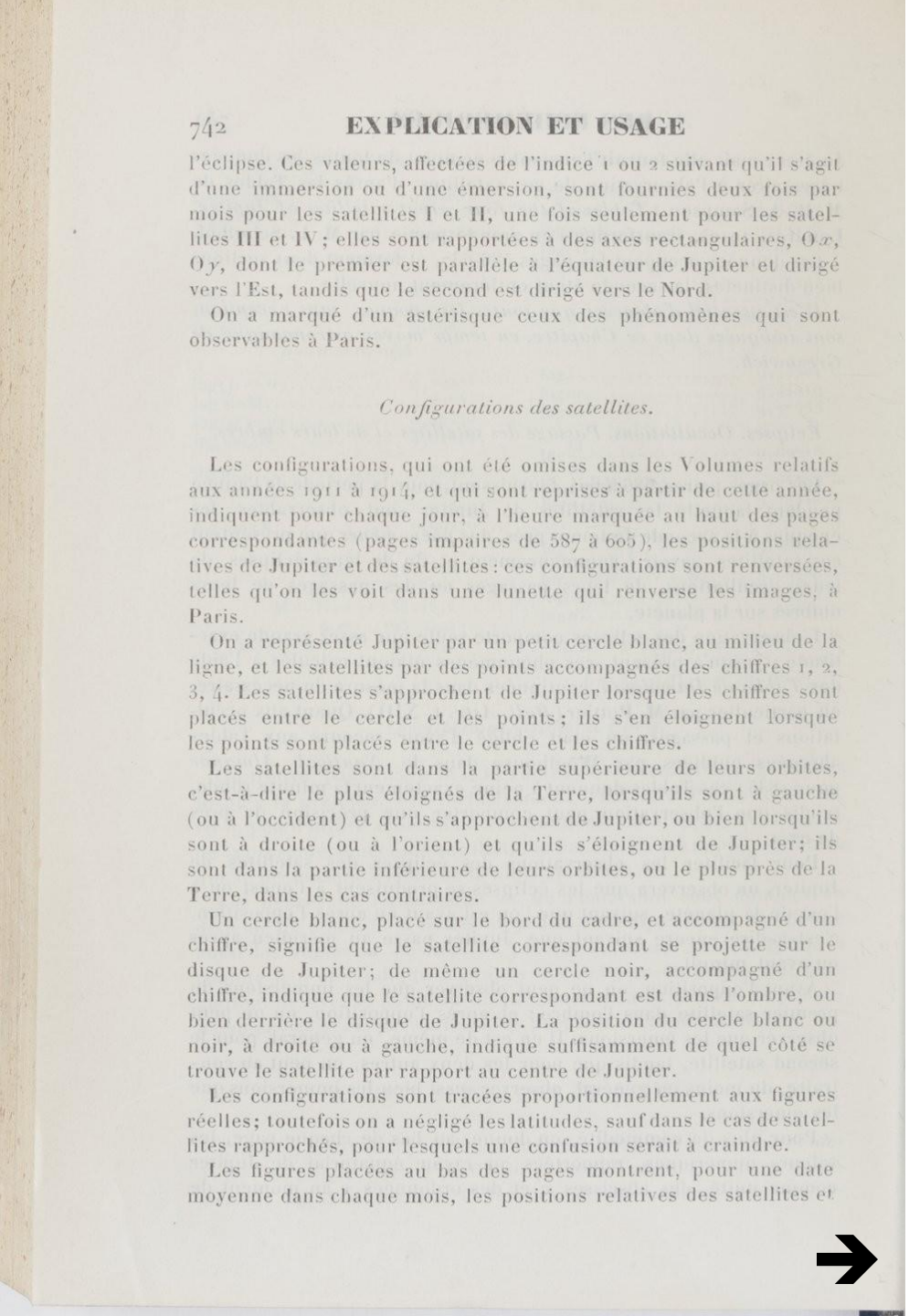
Pour faciliter les observations des éclipses des satellites de Jupiter, on observera que les éclipses se produisent à l'ouest ou à l'est de la planète, suivant que l'on est avant ou après l'opposition, c'est-à-dire encore suivant que Jupiter passe au méridien après ou avant minuit.

Avant l'opposition, on ne peut observer que les immersions du premier satellite dans l'ombre ; et après l'opposition, on ne peut observer que les émersions. Il en est de même, en général, pour le second satellite, tandis que pour les deux autres, on peut au contraire, du moins en général, observer aussi bien les immersions que les émersions.

Pour plus de commodité, on donne, au bas de chaque page, les valeurs numériques, rapportées au rayon équatorial de Jupiter comme unité, des abscisses x et des ordonnées y au moment de

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



742 EXPLICATION ET USAGE

l'éclipse. Ces valeurs, affectées de l'indice 1 ou 2 suivant qu'il s'agit d'une immersion ou d'une émersion, sont fournies deux fois par mois pour les satellites I et II, une fois seulement pour les satellites III et IV ; elles sont rapportées à des axes rectangulaires, Ox, Oy, dont le premier est parallèle à l'équateur de Jupiter et dirigé vers l'Est, tandis que le second est dirigé vers le Nord.

On a marqué d'un astérisque ceux des phénomènes qui sont observables à Paris.

Configurations des satellites.

Les configurations, qui ont été omises dans les Volumes relatifs aux années 1911 à 1914, et qui sont reprises à partir de cette année, indiquent pour chaque jour, à l'heure marquée au haut des pages correspondantes (pages impaires de 587 à 605), les positions relatives de Jupiter et des satellites : ces configurations sont renversées, telles qu'on les voit dans une lunette qui renverse les images, à Paris.

On a représenté Jupiter par un petit cercle blanc, au milieu de la ligne, et les satellites par des points accompagnés des chiffres 1, 2, 3, 4. Les satellites s'approchent de Jupiter lorsque les chiffres sont placés entre le cercle et les points ; ils s'en éloignent lorsque les points sont placés entre le cercle et les chiffres.

Les satellites sont dans la partie supérieure de leurs orbites, c'est-à-dire le plus éloignés de la Terre, lorsqu'ils sont à gauche (ou à l'occident) et qu'ils s'approchent de Jupiter, ou bien lorsqu'ils sont à droite (ou à l'orient) et qu'ils s'éloignent de Jupiter; ils sont dans la partie inférieure de leurs orbites, ou le plus près de la Terre, dans les cas contraires.

Un cercle blanc, placé sur le bord du cadre, et accompagné d'un chiffre, signifie que le satellite correspondant se projette sur le disque de Jupiter; de même un cercle noir, accompagné d'un chiffre, indique que le satellite correspondant est dans l'ombre, ou bien derrière le disque de Jupiter. La position du cercle blanc ou noir, à droite ou à gauche, indique suffisamment de quel côté se trouve le satellite par rapport au centre de Jupiter.

Les configurations sont tracées proportionnellement aux figures réelles; toutefois on a négligé les latitudes, sauf dans le cas de satellites rapprochés, pour lesquels une confusion serait à craindre.

Les figures placées au bas des pages montrent, pour une date moyenne dans chaque mois, les positions relatives des satellites et

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.

de Jupiter, au moment du commencement et de la fin des éclipses, telles qu'on les voit dans une lunette renversant les objets, à Paris.

Les calculs relatifs aux configurations des satellites ont été effectués à l'aide des Tables de Damoiseau, continuées par M. Pottier.

Éphémérides des satellites.

Les pages 606 à 637 contiennent toutes les données nécessaires au calcul des positions exactes des satellites à un instant quelconque : elles sont l'œuvre propre de M. L. Schulhof.

Pour les satellites I et II, dont la période est très courte, on n'a pu éviter l'usage de Tables analogues à celles qui donnent pour d'autres satellites l'équation du centre; mais pour les satellites III et IV on a pu choisir des intervalles assez rapprochés pour éviter l'emploi de toute Table auxiliaire, et rendre ainsi particulièrement commode le calcul de leurs positions géocentriques.

Les intervalles adoptés sont respectivement 6^h et 12^h pour III et IV. Ce dernier choix pour IV a obligé à omettre la petite Table XII des Tables de M. Sampson, dont l'argument a une période trop courte $1^j,98$: l'effet de cette omission ne peut produire dans la distance du satellite à Jupiter qu'une erreur au plus égale à $0'',01$. De même, on a négligé dans l'éphéméride de II la petite Table XIII : ici, l'erreur commise ne dépasse pas $0'',004$.

Pour déterminer la position d'un satellite par rapport au centre de la planète, on emploie les formules de Marth avec les notations suivantes.

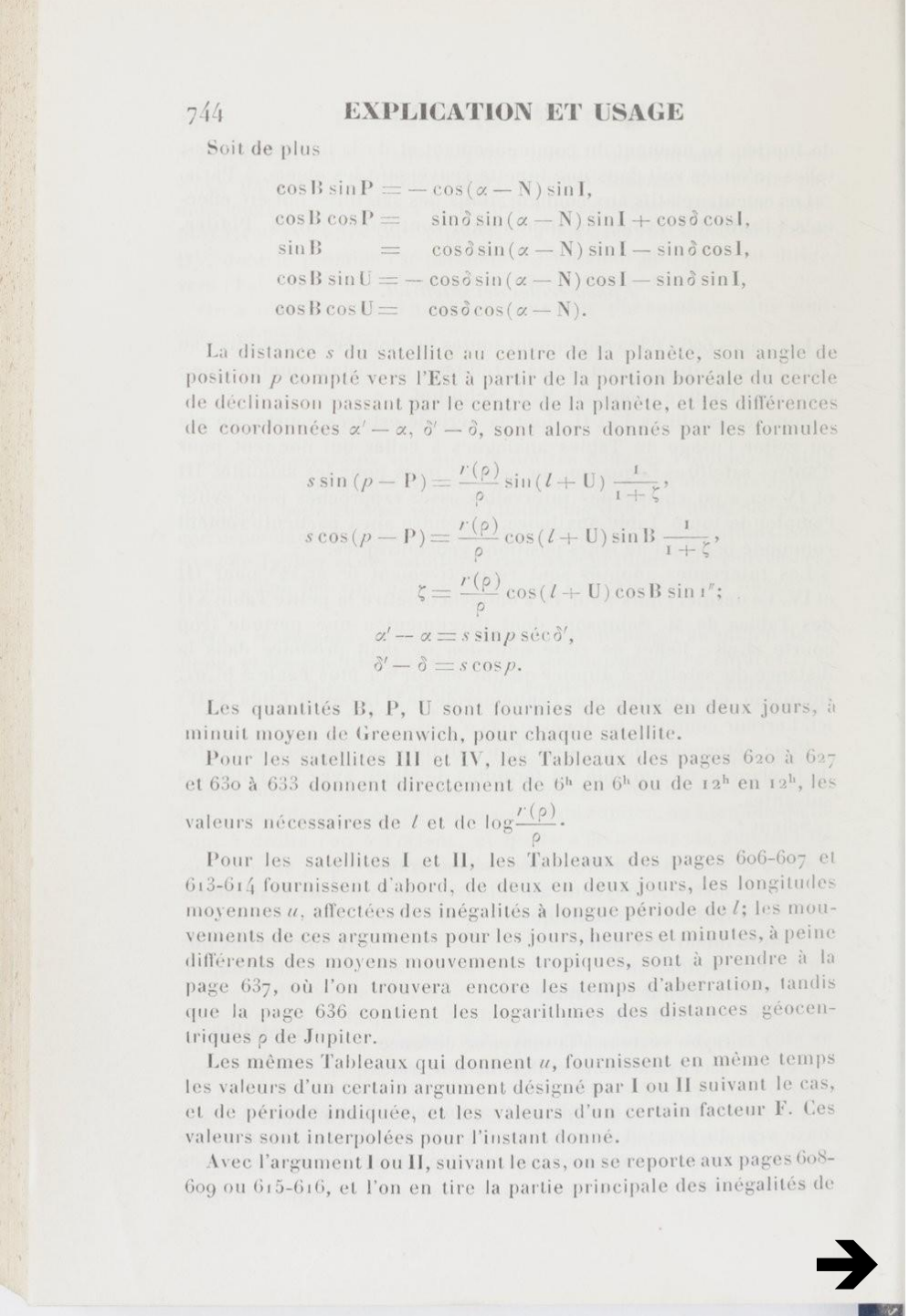
Soient :

α et δ = ascension droite et déclinaison vraies	de la planète,
(ρ) = distance moyenne au Soleil	
ρ = distance géocentrique	
N = nœud ascendant	de l'orbite du satellite,
I = inclinaison	
u = longitude moyenne	du satellite.
l = longitude vraie	
r = rayon vecteur à la moyenne distance	
α' et δ' = ascension droite et déclinaison vraies	

Les coordonnées α, δ, α', δ', sont rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrai du jour; il en est de même de N et I; u et l sont comptées à partir du nœud ascendant sur l'équateur; r est exprimé en secondes d'arc.

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



744 EXPLICATION ET USAGE

Soit de plus

$$\begin{aligned}
\cos B \sin P &= -\cos(\alpha - N)\sin I,\\
\cos B \cos P &= \sin\delta \sin(\alpha - N)\sin I + \cos\delta \cos I,\\
\sin B &= \cos\delta \sin(\alpha - N)\sin I - \sin\delta \cos I,\\
\cos B \sin U &= -\cos\delta \sin(\alpha - N)\cos I - \sin\delta \sin I,\\
\cos B \cos U &= \cos\delta \cos(\alpha - N).
\end{aligned}$$

La distance s du satellite au centre de la planète, son angle de position p compté vers l'Est à partir de la portion boréale du cercle de déclinaison passant par le centre de la planète, et les différences de coordonnées $\alpha' - \alpha$, $\delta' - \delta$, sont alors donnés par les formules

$$s \sin(p - P) = \frac{r(\rho)}{\rho} \sin(l + U) \frac{1}{1+\zeta},$$

$$s \cos(p - P) = \frac{r(\rho)}{\rho} \cos(l + U) \sin B \frac{1}{1+\zeta},$$

$$\zeta = \frac{r(\rho)}{\rho} \cos(l + U) \cos B \sin 1'';$$

$$\alpha' - \alpha = s \sin p \sec\delta',$$

$$\delta' - \delta = s \cos p.$$

Les quantités B, P, U sont fournies de deux en deux jours, à minuit moyen de Greenwich, pour chaque satellite.

Pour les satellites III et IV, les Tableaux des pages 620 à 627 et 630 à 633 donnent directement de 6^h en 6^h ou de 12^h en 12^h, les valeurs nécessaires de l et de $\log\frac{r(\rho)}{\rho}$.

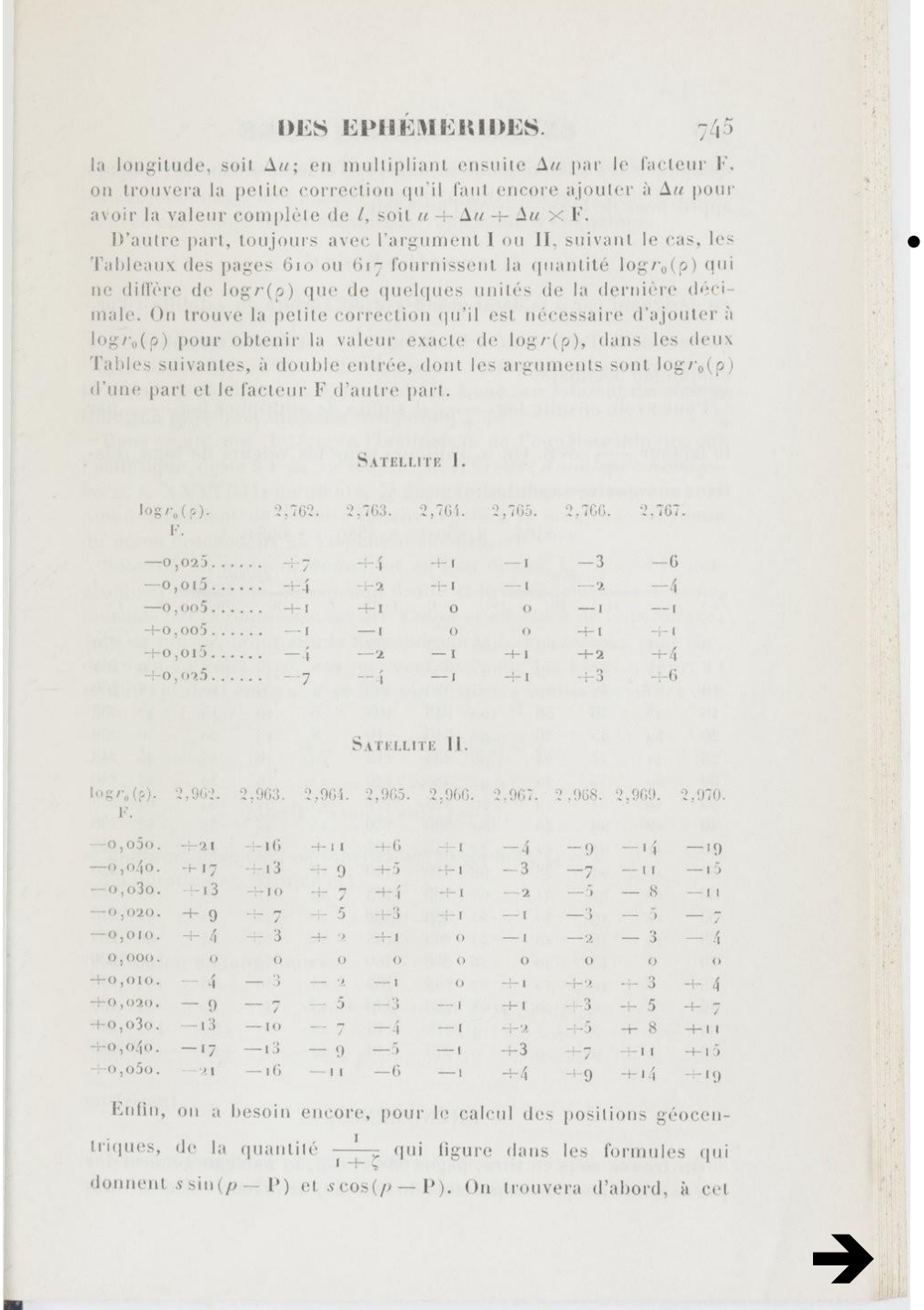
Pour les satellites I et II, les Tableaux des pages 606-607 et 613-614 fournissent d'abord, de deux en deux jours, les longitudes moyennes u, affectées des inégalités à longue période de l; les mouvements de ces arguments pour les jours, heures et minutes, à peine différents des moyens mouvements tropiques, sont à prendre à la page 637, où l'on trouvera encore les temps d'aberration, tandis que la page 636 contient les logarithmes des distances géocentriques ρ de Jupiter.

Les mêmes Tableaux qui donnent u, fournissent en même temps les valeurs d'un certain argument désigné par I ou II suivant le cas, et de période indiquée, et les valeurs d'un certain facteur F. Ces valeurs sont interpolées pour l'instant donné.

Avec l'argument I ou II, suivant le cas, on se reporte aux pages 608-609 ou 615-616, et l'on en tire la partie principale des inégalités de

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



DES EPHÉMERIDES. 745

la longitude, soit Δu; en multipliant ensuite Δu par le facteur F, on trouvera la petite correction qu'il faut encore ajouter à Δu pour avoir la valeur complète de l, soit $u + \Delta u + \Delta u \times F$.

D'autre part, toujours avec l'argument I ou II, suivant le cas, les Tableaux des pages 610 ou 617 fournissent la quantité $\log r_0(\rho)$ qui ne diffère de $\log r(\rho)$ que de quelques unités de la dernière décimale. On trouve la petite correction qu'il est nécessaire d'ajouter à $\log r_0(\rho)$ pour obtenir la valeur exacte de $\log r(\rho)$, dans les deux Tables suivantes, à double entrée, dont les arguments sont $\log r_0(\rho)$ d'une part et le facteur F d'autre part.

SATELLITE I.

$\log r_0(\rho)$. F.	2,762.	2,763.	2,764.	2,765.	2,766.	2,767.
−0,025.....	+7	+4	+1	−1	−3	−6
−0,015.....	+4	+2	+1	−1	−2	−4
−0,005.....	+1	+1	0	0	−1	−1
+0,005.....	−1	−1	0	0	+1	+1
+0,015.....	−4	−2	−1	+1	+2	+4
+0,025.....	−7	−4	−1	+1	+3	+6

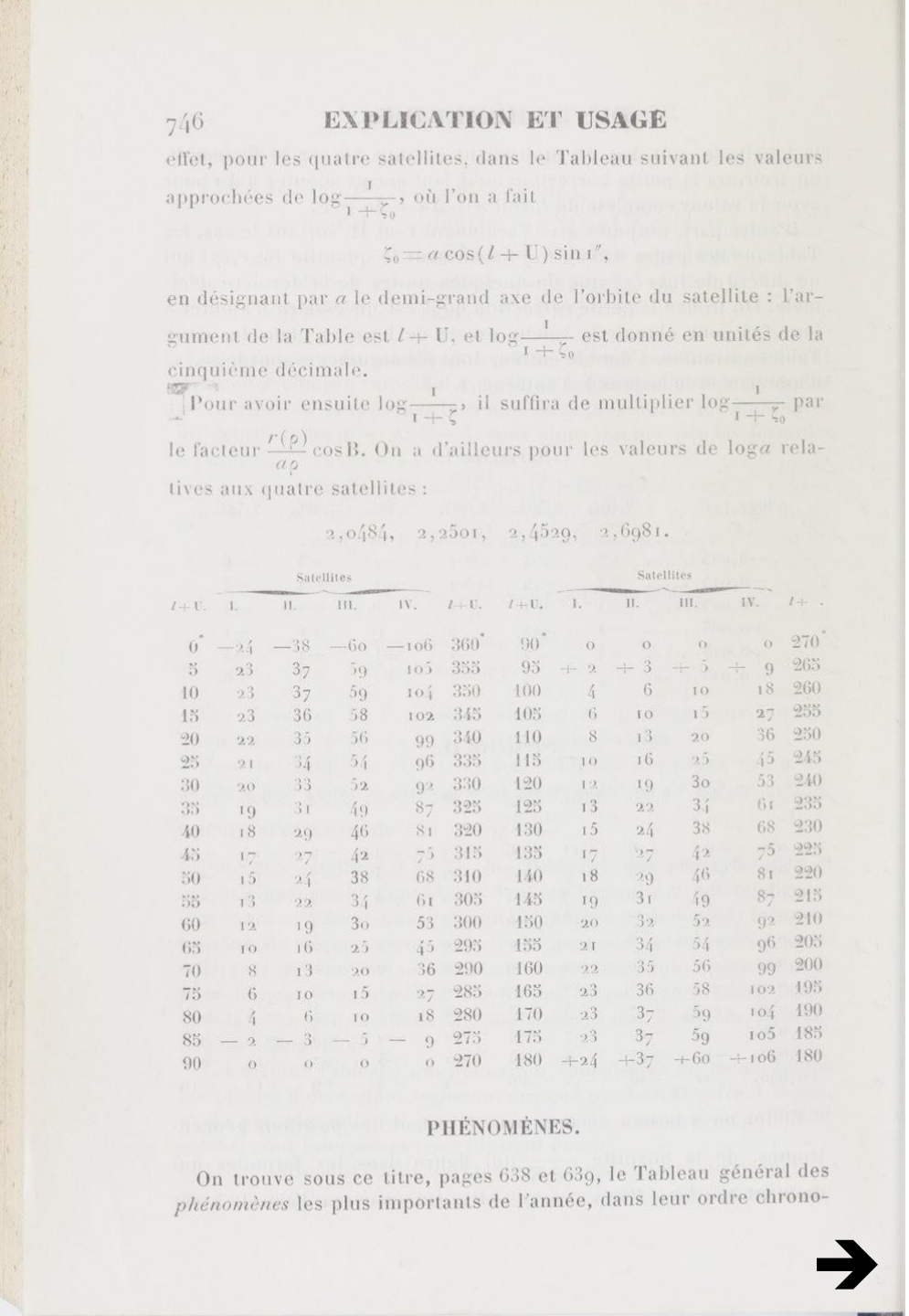
SATELLITE II.

$\log r_0(\rho)$. F.	2,962.	2,963.	2,964.	2,965.	2,966.	2,967.	2,968.	2,969.	2,970.
−0,050.	+21	+16	+11	+6	+1	−4	−9	−14	−19
−0,040.	+17	+13	+ 9	+5	+1	−3	−7	−11	−15
−0,030.	+13	+10	+ 7	+4	+1	−2	−5	− 8	−11
−0,020.	+ 9	+ 7	+ 5	+3	+1	−1	−3	− 5	− 7
−0,010.	+ 4	+ 3	+ 2	+1	0	−1	−2	− 3	− 4
0,000.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+0,010.	− 4	− 3	− 2	−1	0	+1	+2	+ 3	+ 4
+0,020.	− 9	− 7	− 5	−3	−1	+1	+3	+ 5	+ 7
+0,030.	−13	−10	− 7	−4	−1	+2	+5	+ 8	+11
+0,040.	−17	−13	− 9	−5	−1	+3	+7	+11	+15
+0,050.	−21	−16	−11	−6	−1	+4	+9	+14	+19

Enfin, on a besoin encore, pour le calcul des positions géocentriques, de la quantité $\frac{1}{1+\zeta}$ qui figure dans les formules qui donnent $s\sin(p-P)$ et $s\cos(p-P)$. On trouvera d'abord, à cet

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



746 EXPLICATION ET USAGE

effet, pour les quatre satellites, dans le Tableau suivant les valeurs approchées de $\log\frac{1}{1+\zeta_0}$, où l'on a fait

$$\zeta_0 = a\cos(l+\mathrm{U})\sin 1'',$$

en désignant par a le demi-grand axe de l'orbite du satellite : l'argument de la Table est $l+\mathrm{U}$, et $\log\frac{1}{1+\zeta_0}$ est donné en unités de la cinquième décimale.

Pour avoir ensuite $\log\frac{1}{1+\zeta}$, il suffira de multiplier $\log\frac{1}{1+\zeta_0}$ par le facteur $\frac{r(\rho)}{a\rho}\cos\mathrm{B}$. On a d'ailleurs pour les valeurs de $\log a$ relatives aux quatre satellites :

2,0484, 2,2501, 2,4529, 2,6981.

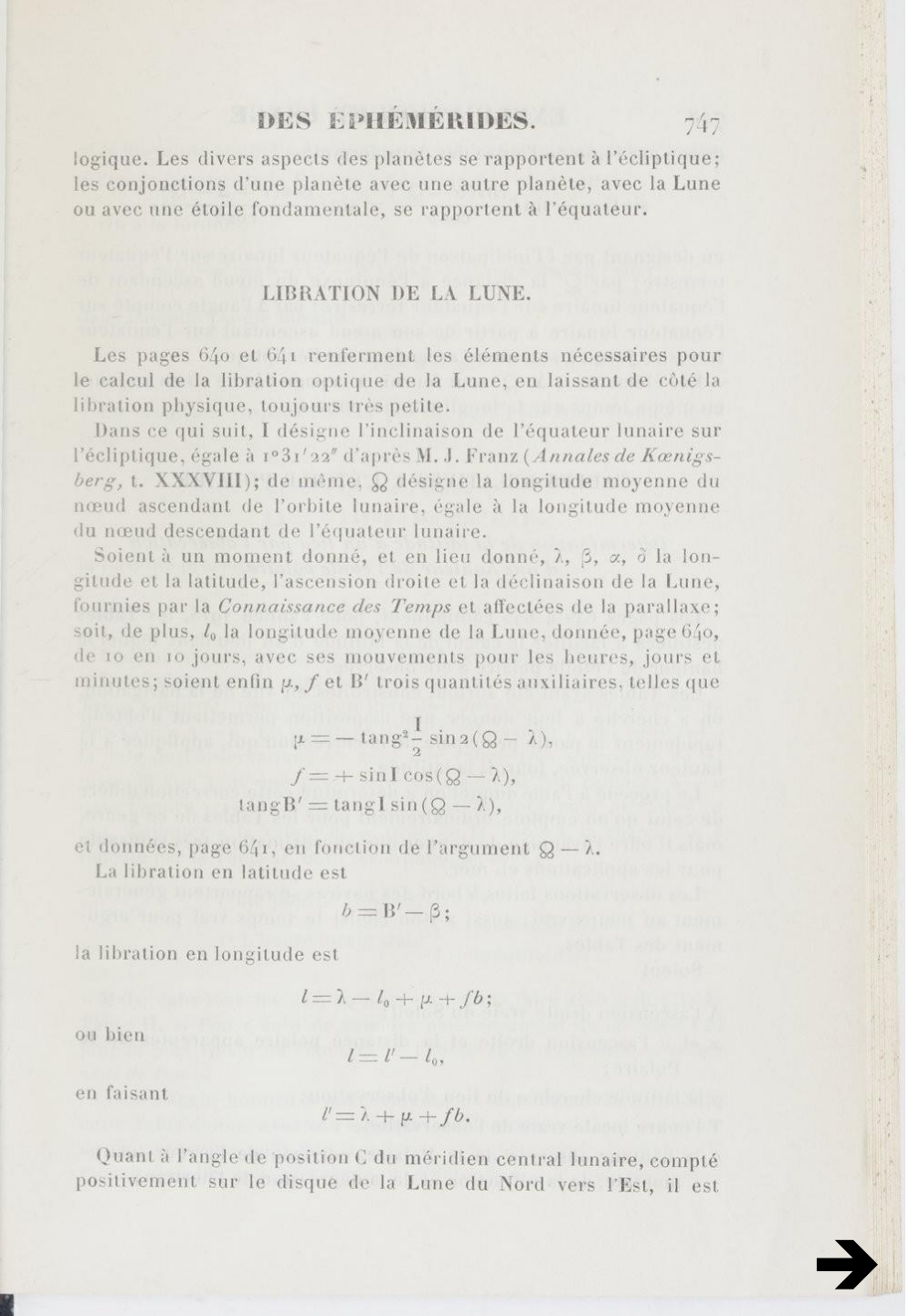
	Satellites						Satellites				
$l+\mathrm{U}$.	I.	II.	III.	IV.	$l+\mathrm{U}$.	$l+\mathrm{U}$.	I.	II.	III.	IV.	$l+$.
0°	−24	−38	−60	−106	360°	90°	0	0	0	0	270°
5	23	37	59	105	355	95	+ 2	+ 3	+ 5	+ 9	265
10	23	37	59	104	350	100	4	6	10	18	260
15	23	36	58	102	345	105	6	10	15	27	255
20	22	35	56	99	340	110	8	13	20	36	250
25	21	34	54	96	335	115	10	16	25	45	245
30	20	33	52	92	330	120	12	19	30	53	240
35	19	31	49	87	325	125	13	22	34	61	235
40	18	29	46	81	320	130	15	24	38	68	230
45	17	27	42	75	315	135	17	27	42	75	225
50	15	24	38	68	310	140	18	29	46	81	220
55	13	22	34	61	305	145	19	31	49	87	215
60	12	19	30	53	300	150	20	32	52	92	210
65	10	16	25	45	295	155	21	34	54	96	205
70	8	13	20	36	290	160	22	35	56	99	200
75	6	10	15	27	285	165	23	36	58	102	195
80	4	6	10	18	280	170	23	37	59	104	190
85	− 2	− 3	− 5	− 9	275	175	23	37	59	105	185
90	0	0	0	0	270	180	+24	+37	+60	+106	180

PHÉNOMÈNES.

On trouve sous ce titre, pages 638 et 639, le Tableau général des *phénomènes* les plus importants de l'année, dans leur ordre chrono-

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



logique. Les divers aspects des planètes se rapportent à l'écliptique; les conjonctions d'une planète avec une autre planète, avec la Lune ou avec une étoile fondamentale, se rapportent à l'équateur.

LIBRATION DE LA LUNE.

Les pages 640 et 641 renferment les éléments nécessaires pour le calcul de la libration optique de la Lune, en laissant de côté la libration physique, toujours très petite.

Dans ce qui suit, I désigne l'inclinaison de l'équateur lunaire sur l'écliptique, égale à 1°31′22″ d'après M. J. Franz (*Annales de Kœnigsberg*, t. XXXVIII); de même, ☊ désigne la longitude moyenne du nœud ascendant de l'orbite lunaire, égale à la longitude moyenne du nœud descendant de l'équateur lunaire.

Soient à un moment donné, et en lieu donné, λ, β, α, δ la longitude et la latitude, l'ascension droite et la déclinaison de la Lune, fournies par la *Connaissance des Temps* et affectées de la parallaxe; soit, de plus, l_0 la longitude moyenne de la Lune, donnée, page 640, de 10 en 10 jours, avec ses mouvements pour les heures, jours et minutes; soient enfin μ, f et B′ trois quantités auxiliaires, telles que

$$\mu = -\operatorname{tang}^2\frac{I}{2}\sin 2(☊ - \lambda),$$

$$f = +\sin I \cos(☊ - \lambda),$$

$$\operatorname{tang} B' = \operatorname{tang} I \sin(☊ - \lambda),$$

et données, page 641, en fonction de l'argument $☊ - \lambda$.

La libration en latitude est

$$b = B' - \beta;$$

la libration en longitude est

$$l = \lambda - l_0 + \mu + fb;$$

ou bien

$$l = l' - l_0,$$

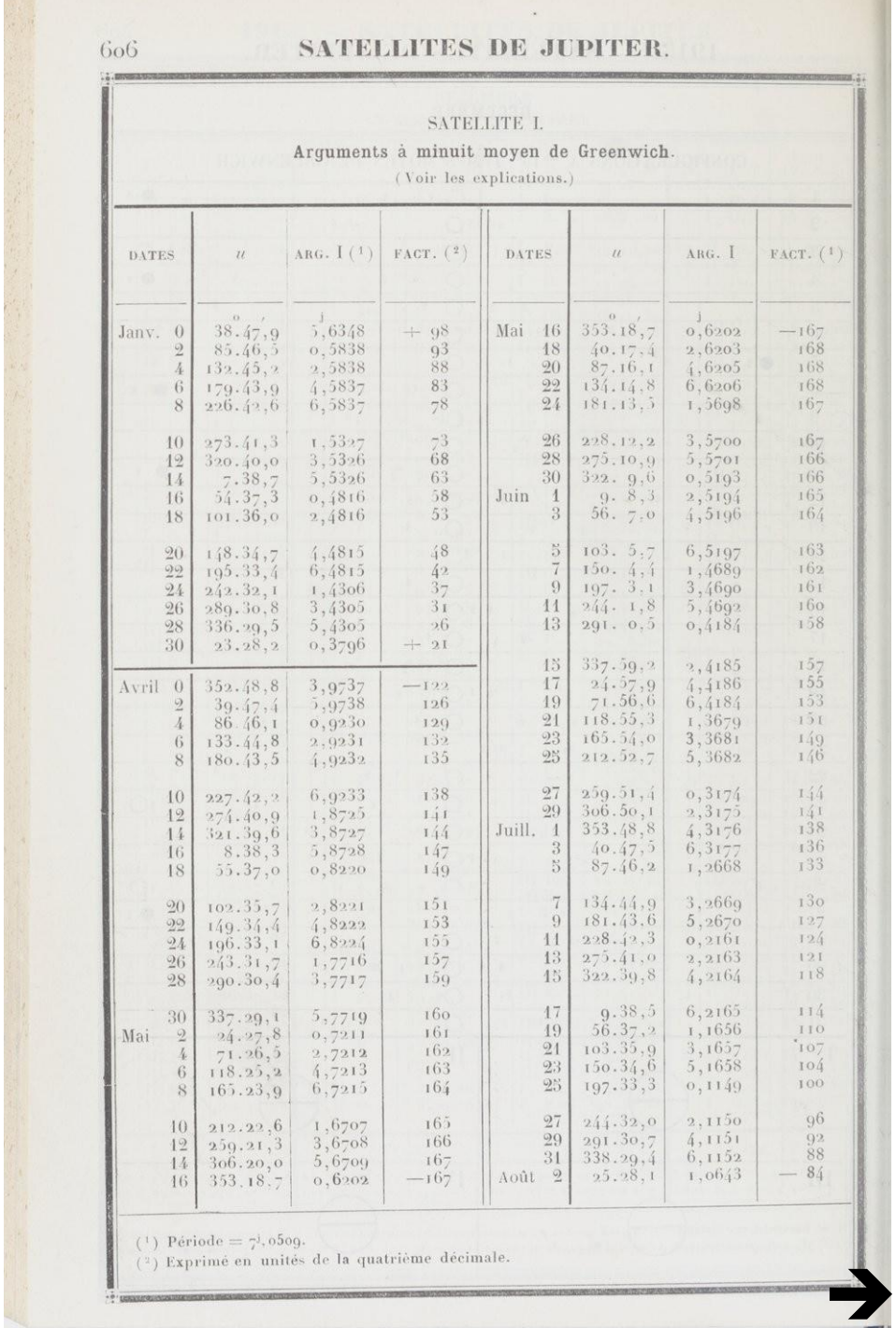
en faisant

$$l' = \lambda + \mu + fb.$$

Quant à l'angle de position C du méridien central lunaire, compté positivement sur le disque de la Lune du Nord vers l'Est, il est

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



606 SATELLITES DE JUPITER.

SATELLITE I.

Arguments à minuit moyen de Greenwich.

(Voir les explications.)

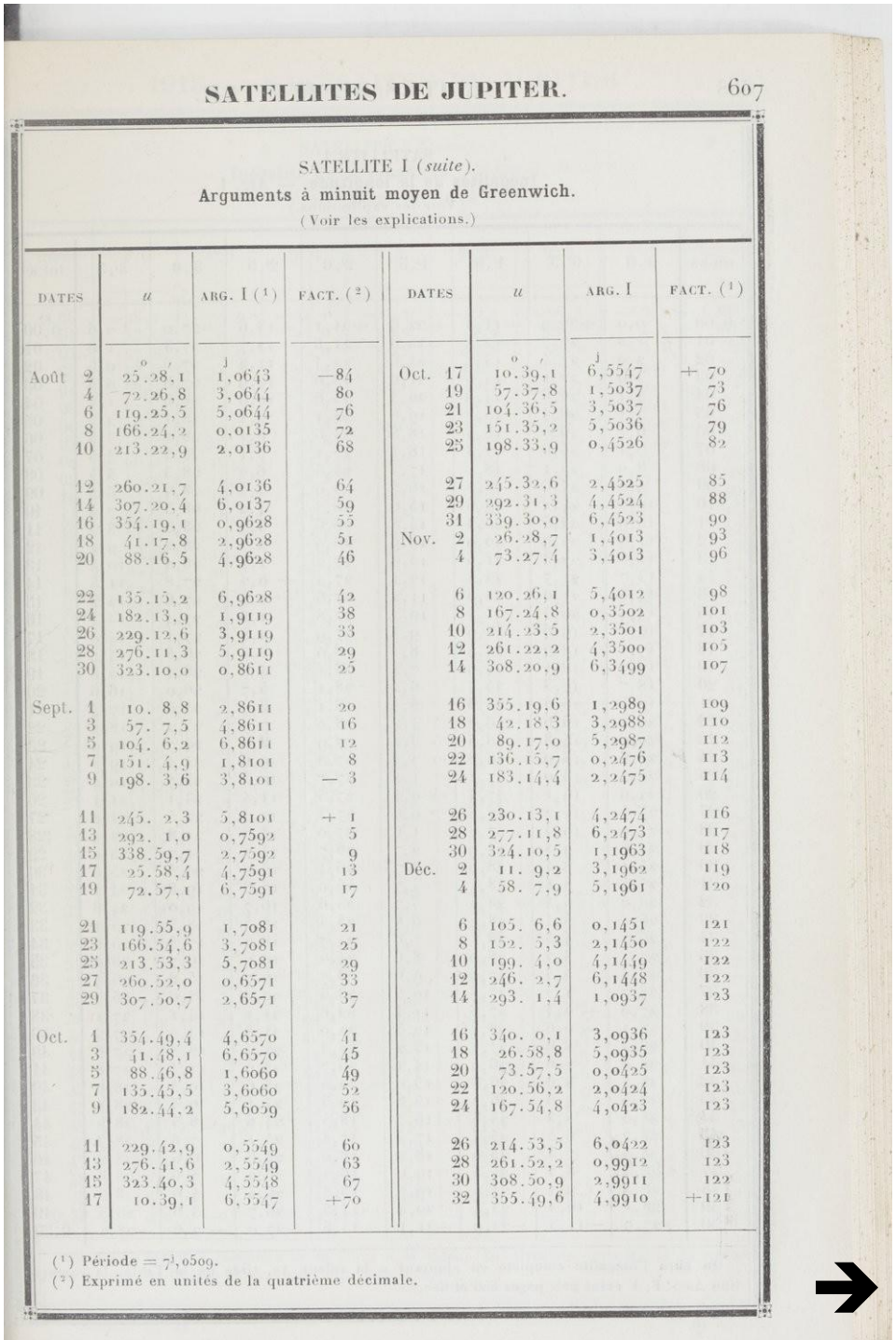
DATES	u	ARG. I (1)	FACT. (2)	DATES	u	ARG. I	FACT. (1)
	° ′	j			° ′	j	
Janv. 0	38.47,9	5,6348	+ 98	Mai 16	353.18,7	0,6202	—167
2	85.46,5	0,5838	93	18	40.17,4	2,6203	168
4	132.45,2	2,5838	88	20	87.16,1	4,6205	168
6	179.43,9	4,5837	83	22	134.14,8	6,6206	168
8	226.42,6	6,5837	78	24	181.13,5	1,5698	167
10	273.41,3	1,5327	73	26	228.12,2	3,5700	167
12	320.40,0	3,5326	68	28	275.10,9	5,5701	166
14	7.38,7	5,5326	63	30	322. 9,6	0,5193	166
16	54.37,3	0,4816	58	Juin 1	9. 8,3	2,5194	165
18	101.36,0	2,4816	53	3	56. 7,0	4,5196	164
20	148.34,7	4,4815	48	5	103. 5,7	6,5197	163
22	195.33,4	6,4815	42	7	150. 4,4	1,4689	162
24	242.32,1	1,4306	37	9	197. 3,1	3,4690	161
26	289.30,8	3,4305	31	11	244. 1,8	5,4692	160
28	336.29,5	5,4305	26	13	291. 0,5	0,4184	158
30	23.28,2	0,3796	+ 21	15	337.59,2	2,4185	157
Avril 0	352.48,8	3,9737	—122	17	24.57,9	4,4186	155
2	39.47,4	5,9738	126	19	71.56,6	6,4184	153
4	86.46,1	0,9230	129	21	118.55,3	1,3679	151
6	133.44,8	2,9231	132	23	165.54,0	3,3681	149
8	180.43,5	4,9232	135	25	212.52,7	5,3682	146
10	227.42,2	6,9233	138	27	259.51,4	0,3174	144
12	274.40,9	1,8725	141	29	306.50,1	2,3175	141
14	321.39,6	3,8727	144	Juill. 1	353.48,8	4,3176	138
16	8.38,3	5,8728	147	3	40.47,5	6,3177	136
18	55.37,0	0,8220	149	5	87.46,2	1,2668	133
20	102.35,7	2,8221	151	7	134.44,9	3,2669	130
22	149.34,4	4,8222	153	9	181.43,6	5,2670	127
24	196.33,1	6,8224	155	11	228.42,3	0,2161	124
26	243.31,7	1,7716	157	13	275.41,0	2,2163	121
28	290.30,4	3,7717	159	15	322.39,8	4,2164	118
30	337.29,1	5,7719	160	17	9.38,5	6,2165	114
Mai 2	24.27,8	0,7211	161	19	56.37,2	1,1656	110
4	71.26,5	2,7212	162	21	103.35,9	3,1657	107
6	118.25,2	4,7213	163	23	150.34,6	5,1658	104
8	165.23,9	6,7215	164	25	197.33,3	0,1149	100
10	212.22,6	1,6707	165	27	244.32,0	2,1150	96
12	259.21,3	3,6708	166	29	291.30,7	4,1151	92
14	306.20,0	5,6709	167	31	338.29,4	6,1152	88
16	353.18,7	0,6202	—167	Août 2	25.28,1	1,0643	— 84

(1) Période = 7j,0509.

(2) Exprimé en unités de la quatrième décimale.

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



SATELLITES DE JUPITER. 607

SATELLITE I (*suite*).

Arguments à minuit moyen de Greenwich.

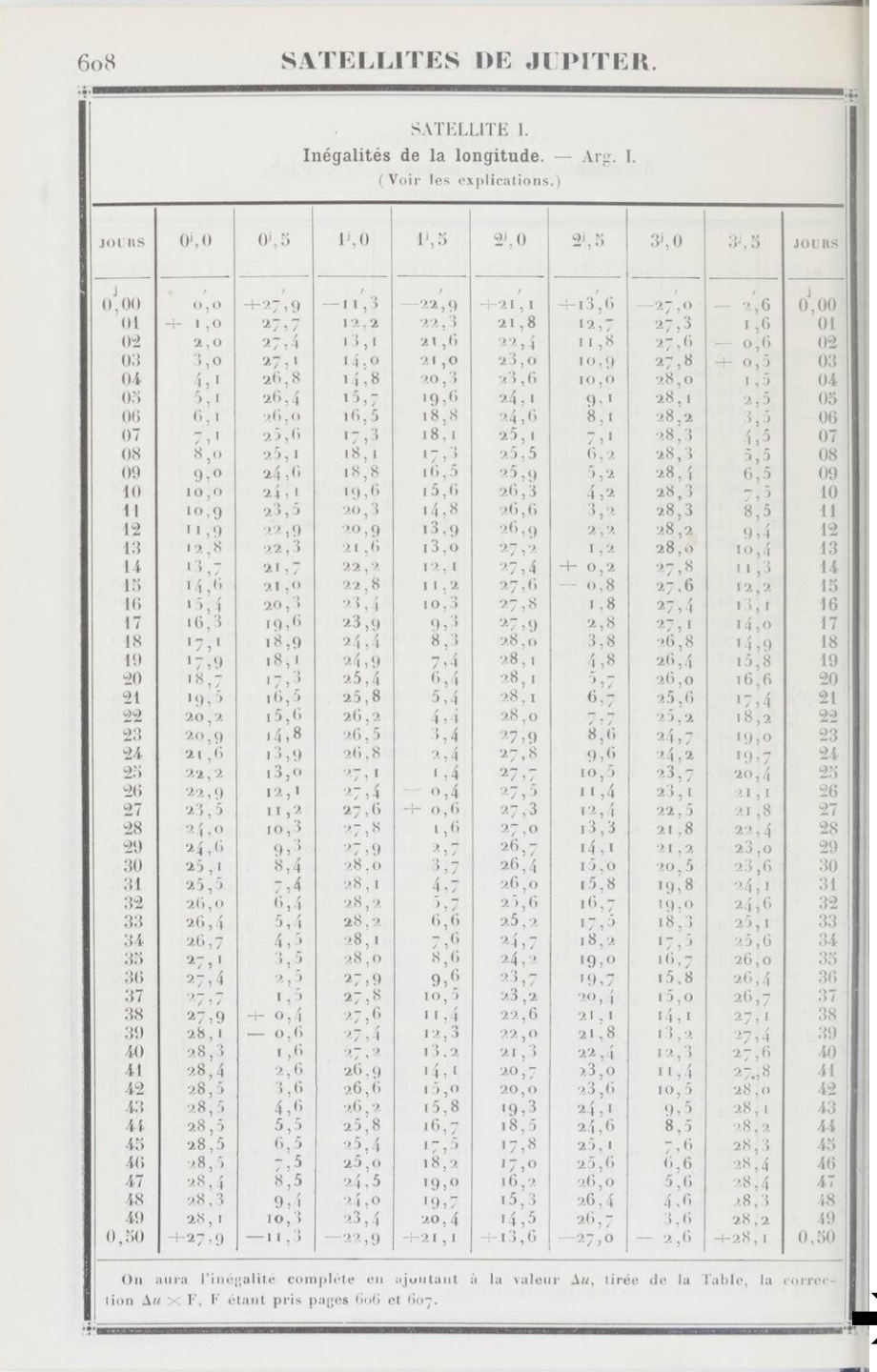
(Voir les explications.)

DATES	u	ARG. I (1)	FACT. (2)	DATES	u	ARG. I	FACT. (1)
	° ′	j			° ′	j	
Août 2	25.28,1	1,0643	—84	Oct. 17	10.39,1	6,5547	+ 70
4	72.26,8	3,0644	80	19	57.37,8	1,5037	73
6	119.25,5	5,0644	76	21	104.36,5	3,5037	76
8	166.24,2	0,0135	72	23	151.35,2	5,5036	79
10	213.22,9	2,0136	68	25	198.33,9	0,4526	82
12	260.21,7	4,0136	64	27	245.32,6	2,4525	85
14	307.20,4	6,0137	59	29	292.31,3	4,4524	88
16	354.19,1	0,9628	55	31	339.30,0	6,4523	90
18	41.17,8	2,9628	51	Nov. 2	26.28,7	1,4013	93
20	88.16,5	4,9628	46	4	73.27,4	3,4013	96
22	135.15,2	6,9628	42	6	120.26,1	5,4012	98
24	182.13,9	1,9119	38	8	167.24,8	0,3502	101
26	229.12,6	3,9119	33	10	214.23,5	2,3501	103
28	276.11,3	5,9119	29	12	261.22,2	4,3500	105
30	323.10,0	0,8611	25	14	308.20,9	6,3499	107
Sept. 1	10. 8,8	2,8611	20	16	355.19,6	1,2989	109
3	57. 7,5	4,8611	16	18	42.18,3	3,2988	110
5	104. 6,2	6,8611	12	20	89.17,0	5,2987	112
7	151. 4,9	1,8101	8	22	136.15,7	0,2476	113
9	198. 3,6	3,8101	— 3	24	183.14,4	2,2475	114
11	245. 2,3	5,8101	+ 1	26	230.13,1	4,2474	116
13	292. 1,0	0,7592	5	28	277.11,8	6,2473	117
15	338.59,7	2,7592	9	30	324.10,5	1,1963	118
17	25.58,4	4,7591	13	Déc. 2	11. 9,2	3,1962	119
19	72.57,1	6,7591	17	4	58. 7,9	5,1961	120
21	119.55,9	1,7081	21	6	105. 6,6	0,1451	121
23	166.54,6	3,7081	25	8	152. 5,3	2,1450	122
25	213.53,3	5,7081	29	10	199. 4,0	4,1449	122
27	260.52,0	0,6571	33	12	246. 2,7	6,1448	122
29	307.50,7	2,6571	37	14	293. 1,4	1,0937	123
Oct. 1	354.49,4	4,6570	41	16	340. 0,1	3,0936	123
3	41.48,1	6,6570	45	18	26.58,8	5,0935	123
5	88.46,8	1,6060	49	20	73.57,5	0,0425	123
7	135.45,5	3,6060	52	22	120.56,2	2,0424	123
9	182.44,2	5,6059	56	24	167.54,8	4,0423	123
11	229.42,9	0,5549	60	26	214.53,5	6,0422	123
13	276.41,6	2,5549	63	28	261.52,2	0,9912	123
15	323.40,3	4,5548	67	30	308.50,9	2,9911	122
17	10.39,1	6,5547	+70	32	355.49,6	4,9910	+121

(1) Période = 7j,0509.
(2) Exprimé en unités de la quatrième décimale.

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



608 SATELLITES DE JUPITER.

SATELLITE I.

Inégalités de la longitude. — Arg. I.

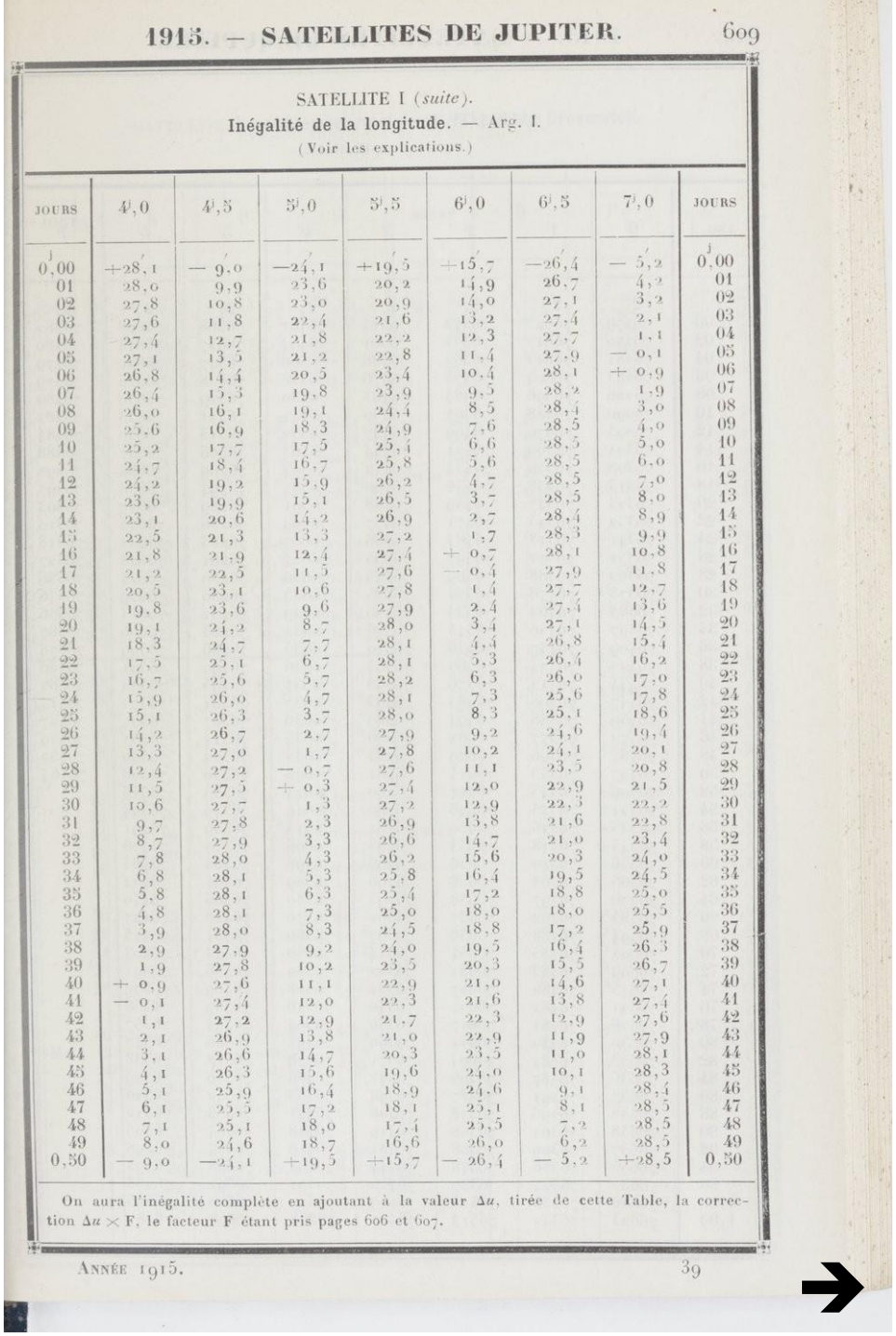
(Voir les explications.)

JOURS	0j,0	0j,5	1j,0	1j,5	2j,0	2j,5	3j,0	3j,5	JOURS
j	′	′	′	′	′	′	′	′	j
0,00	0,0	+27,9	−11,3	−22,9	+21,1	+13,6	−27,0	− 2,6	0,00
01	+ 1,0	27,7	12,2	22,3	21,8	12,7	27,3	1,6	01
02	2,0	27,4	13,1	21,6	22,4	11,8	27,6	− 0,6	02
03	3,0	27,1	14,0	21,0	23,0	10,9	27,8	+ 0,5	03
04	4,1	26,8	14,8	20,3	23,6	10,0	28,0	1,5	04
05	5,1	26,4	15,7	19,6	24,1	9,1	28,1	2,5	05
06	6,1	26,0	16,5	18,8	24,6	8,1	28,2	3,5	06
07	7,1	25,6	17,3	18,1	25,1	7,1	28,3	4,5	07
08	8,0	25,1	18,1	17,3	25,5	6,2	28,3	5,5	08
09	9,0	24,6	18,8	16,5	25,9	5,2	28,4	6,5	09
10	10,0	24,1	19,6	15,6	26,3	4,2	28,3	7,5	10
11	10,9	23,5	20,3	14,8	26,6	3,2	28,3	8,5	11
12	11,9	22,9	20,9	13,9	26,9	2,2	28,2	9,4	12
13	12,8	22,3	21,6	13,0	27,2	1,2	28,0	10,4	13
14	13,7	21,7	22,2	12,1	27,4	+ 0,2	27,8	11,3	14
15	14,6	21,0	22,8	11,2	27,6	− 0,8	27,6	12,2	15
16	15,4	20,3	23,4	10,3	27,8	1,8	27,4	13,1	16
17	16,3	19,6	23,9	9,3	27,9	2,8	27,1	14,0	17
18	17,1	18,9	24,4	8,3	28,0	3,8	26,8	14,9	18
19	17,9	18,1	24,9	7,4	28,1	4,8	26,4	15,8	19
20	18,7	17,3	25,4	6,4	28,1	5,7	26,0	16,6	20
21	19,5	16,5	25,8	5,4	28,1	6,7	25,6	17,4	21
22	20,2	15,6	26,2	4,4	28,0	7,7	25,2	18,2	22
23	20,9	14,8	26,5	3,4	27,9	8,6	24,7	19,0	23
24	21,6	13,9	26,8	2,4	27,8	9,6	24,2	19,7	24
25	22,2	13,0	27,1	1,4	27,7	10,5	23,7	20,4	25
26	22,9	12,1	27,4	− 0,4	27,5	11,4	23,1	21,1	26
27	23,5	11,2	27,6	+ 0,6	27,3	12,4	22,5	21,8	27
28	24,0	10,3	27,8	1,6	27,0	13,3	21,8	22,4	28
29	24,6	9,3	27,9	2,7	26,7	14,1	21,2	23,0	29
30	25,1	8,4	28,0	3,7	26,4	15,0	20,5	23,6	30
31	25,5	7,4	28,1	4,7	26,0	15,8	19,8	24,1	31
32	26,0	6,4	28,2	5,7	25,6	16,7	19,0	24,6	32
33	26,4	5,4	28,2	6,6	25,2	17,5	18,3	25,1	33
34	26,7	4,5	28,1	7,6	24,7	18,2	17,5	25,6	34
35	27,1	3,5	28,0	8,6	24,2	19,0	16,7	26,0	35
36	27,4	2,5	27,9	9,6	23,7	19,7	15,8	26,4	36
37	27,7	1,5	27,8	10,5	23,2	20,4	15,0	26,7	37
38	27,9	+ 0,4	27,6	11,4	22,6	21,1	14,1	27,1	38
39	28,1	− 0,6	27,4	12,3	22,0	21,8	13,2	27,4	39
40	28,3	1,6	27,2	13,2	21,3	22,4	12,3	27,6	40
41	28,4	2,6	26,9	14,1	20,7	23,0	11,4	27,8	41
42	28,5	3,6	26,6	15,0	20,0	23,6	10,5	28,0	42
43	28,5	4,6	26,2	15,8	19,3	24,1	9,5	28,1	43
44	28,5	5,5	25,8	16,7	18,5	24,6	8,5	28,2	44
45	28,5	6,5	25,4	17,5	17,8	25,1	7,6	28,3	45
46	28,5	7,5	25,0	18,2	17,0	25,6	6,6	28,4	46
47	28,4	8,5	24,5	19,0	16,2	26,0	5,6	28,4	47
48	28,3	9,4	24,0	19,7	15,3	26,4	4,6	28,3	48
49	28,1	10,3	23,4	20,4	14,5	26,7	3,6	28,2	49
0,50	+27,9	−11,3	−22,9	+21,1	+13,6	−27,0	− 2,6	+28,1	0,50

On aura l'inégalité complète en ajoutant à la valeur Δu, tirée de la Table, la correction $\Delta u \times F$, F étant pris pages 606 et 607.

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



1915. — SATELLITES DE JUPITER. 609

SATELLITE I (*suite*).

Inégalité de la longitude. — Arg. I.

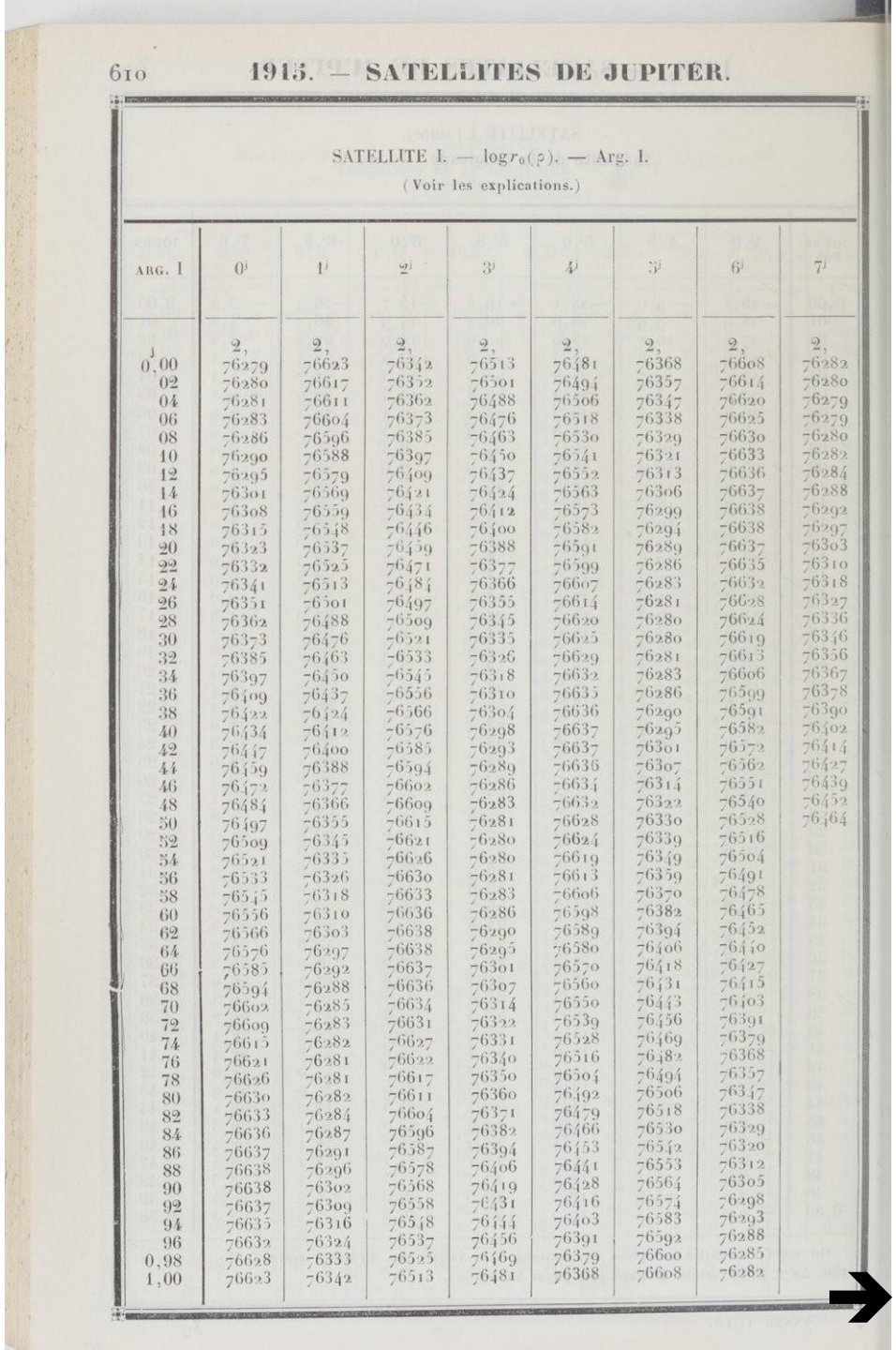
(Voir les explications.)

JOURS	4j,0	4j,5	5j,0	5j,5	6j,0	6j,5	7j,0	JOURS
0j,00	+28′,1	— 9′,0	—24′,1	+19′,5	+15′,7	—26′,4	— 5′,2	0j,00
01	28,0	9,9	23,6	20,2	14,9	26,7	4,2	01
02	27,8	10,8	23,0	20,9	14,0	27,1	3,2	02
03	27,6	11,8	22,4	21,6	13,2	27,4	2,1	03
04	27,4	12,7	21,8	22,2	12,3	27,7	1,1	04
05	27,1	13,5	21,2	22,8	11,4	27,9	— 0,1	05
06	26,8	14,4	20,5	23,4	10,4	28,1	+ 0,9	06
07	26,4	15,3	19,8	23,9	9,5	28,2	1,9	07
08	26,0	16,1	19,1	24,4	8,5	28,4	3,0	08
09	25,6	16,9	18,3	24,9	7,6	28,5	4,0	09
10	25,2	17,7	17,5	25,4	6,6	28,5	5,0	10
11	24,7	18,4	16,7	25,8	5,6	28,5	6,0	11
12	24,2	19,2	15,9	26,2	4,7	28,5	7,0	12
13	23,6	19,9	15,1	26,5	3,7	28,5	8,0	13
14	23,1	20,6	14,2	26,9	2,7	28,4	8,9	14
15	22,5	21,3	13,3	27,2	1,7	28,3	9,9	15
16	21,8	21,9	12,4	27,4	+ 0,7	28,1	10,8	16
17	21,2	22,5	11,5	27,6	— 0,4	27,9	11,8	17
18	20,5	23,1	10,6	27,8	1,4	27,7	12,7	18
19	19,8	23,6	9,6	27,9	2,4	27,4	13,6	19
20	19,1	24,2	8,7	28,0	3,4	27,1	14,5	20
21	18,3	24,7	7,7	28,1	4,4	26,8	15,4	21
22	17,5	25,1	6,7	28,1	5,3	26,4	16,2	22
23	16,7	25,6	5,7	28,2	6,3	26,0	17,0	23
24	15,9	26,0	4,7	28,1	7,3	25,6	17,8	24
25	15,1	26,3	3,7	28,0	8,3	25,1	18,6	25
26	14,2	26,7	2,7	27,9	9,2	24,6	19,4	26
27	13,3	27,0	1,7	27,8	10,2	24,1	20,1	27
28	12,4	27,2	— 0,7	27,6	11,1	23,5	20,8	28
29	11,5	27,5	+ 0,3	27,4	12,0	22,9	21,5	29
30	10,6	27,7	1,3	27,2	12,9	22,3	22,2	30
31	9,7	27,8	2,3	26,9	13,8	21,6	22,8	31
32	8,7	27,9	3,3	26,6	14,7	21,0	23,4	32
33	7,8	28,0	4,3	26,2	15,6	20,3	24,0	33
34	6,8	28,1	5,3	25,8	16,4	19,5	24,5	34
35	5,8	28,1	6,3	25,4	17,2	18,8	25,0	35
36	4,8	28,1	7,3	25,0	18,0	18,0	25,5	36
37	3,9	28,0	8,3	24,5	18,8	17,2	25,9	37
38	2,9	27,9	9,2	24,0	19,5	16,4	26,3	38
39	1,9	27,8	10,2	23,5	20,3	15,5	26,7	39
40	+ 0,9	27,6	11,1	22,9	21,0	14,6	27,1	40
41	— 0,1	27,4	12,0	22,3	21,6	13,8	27,4	41
42	1,1	27,2	12,9	21,7	22,3	12,9	27,6	42
43	2,1	26,9	13,8	21,0	22,9	11,9	27,9	43
44	3,1	26,6	14,7	20,3	23,5	11,0	28,1	44
45	4,1	26,3	15,6	19,6	24,0	10,1	28,3	45
46	5,1	25,9	16,4	18,9	24,6	9,1	28,4	46
47	6,1	25,5	17,2	18,1	25,1	8,1	28,5	47
48	7,1	25,1	18,0	17,4	25,5	7,2	28,5	48
49	8,0	24,6	18,7	16,6	26,0	6,2	28,5	49
0,50	— 9,0	—24′,1	+19′,5	+15′,7	— 26′,4	— 5′,2	+28,5	0,50

On aura l'inégalité complète en ajoutant à la valeur Δu, tirée de cette Table, la correction $\Delta u \times F$, le facteur F étant pris pages 606 et 607.

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



610 1915. — SATELLITES DE JUPITER.

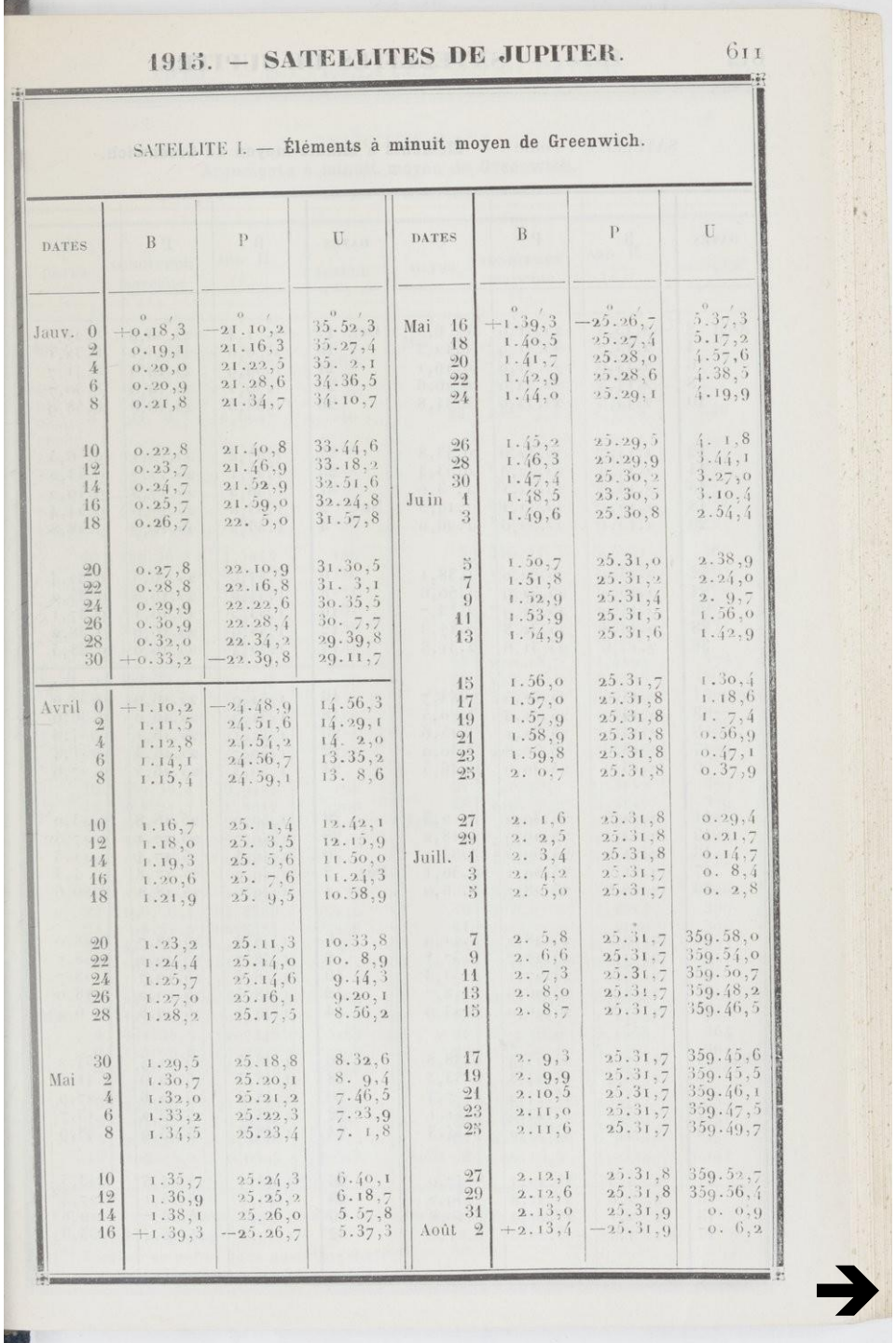
SATELLITE I. — $\log r_0(\rho)$. — Arg. I.

(Voir les explications.)

ARG. I	0j	1j	2j	3j	4j	5j	6j	7j
j	2,	2,	2,	2,	2,	2,	2,	2,
0,00	76279	76623	76342	76513	76481	76368	76608	76282
02	76280	76617	76352	76501	76494	76357	76614	76280
04	76281	76611	76362	76488	76506	76347	76620	76279
06	76283	76604	76373	76476	76518	76338	76625	76279
08	76286	76596	76385	76463	76530	76329	76630	76280
10	76290	76588	76397	76450	76541	76321	76633	76282
12	76295	76579	76409	76437	76552	76313	76636	76284
14	76301	76569	76421	76424	76563	76306	76637	76288
16	76308	76559	76434	76412	76573	76299	76638	76292
18	76315	76548	76446	76400	76582	76294	76638	76297
20	76323	76537	76459	76388	76591	76289	76637	76303
22	76332	76525	76471	76377	76599	76286	76635	76310
24	76341	76513	76484	76366	76607	76283	76632	76318
26	76351	76501	76497	76355	76614	76281	76628	76327
28	76362	76488	76509	76345	76620	76280	76624	76336
30	76373	76476	76521	76335	76625	76280	76619	76346
32	76385	76463	76533	76326	76629	76281	76613	76356
34	76397	76450	76545	76318	76632	76283	76606	76367
36	76409	76437	76556	76310	76635	76286	76599	76378
38	76422	76424	76566	76304	76636	76290	76591	76390
40	76434	76412	76576	76298	76637	76295	76582	76402
42	76447	76400	76585	76293	76637	76301	76572	76414
44	76459	76388	76594	76289	76636	76307	76562	76427
46	76472	76377	76602	76286	76634	76314	76551	76439
48	76484	76366	76609	76283	76632	76322	76540	76452
50	76497	76355	76615	76281	76628	76330	76528	76464
52	76509	76345	76621	76280	76624	76339	76516	
54	76521	76335	76626	76280	76619	76349	76504	
56	76533	76326	76630	76281	76613	76359	76491	
58	76545	76318	76633	76283	76606	76370	76478	
60	76556	76310	76636	76286	76598	76382	76465	
62	76566	76303	76638	76290	76589	76394	76452	
64	76576	76297	76638	76295	76580	76406	76440	
66	76585	76292	76637	76301	76570	76418	76427	
68	76594	76288	76636	76307	76560	76431	76415	
70	76602	76285	76634	76314	76550	76443	76403	
72	76609	76283	76631	76322	76539	76456	76391	
74	76615	76282	76627	76331	76528	76469	76379	
76	76621	76281	76622	76340	76516	76482	76368	
78	76626	76281	76617	76350	76504	76494	76357	
80	76630	76282	76611	76360	76492	76506	76347	
82	76633	76284	76604	76371	76479	76518	76338	
84	76636	76287	76596	76382	76466	76530	76329	
86	76637	76291	76587	76394	76453	76542	76320	
88	76638	76296	76578	76406	76441	76553	76312	
90	76638	76302	76568	76419	76428	76564	76305	
92	76637	76309	76558	76431	76416	76574	76298	
94	76635	76316	76548	76444	76403	76583	76293	
96	76632	76324	76537	76456	76391	76592	76288	
0,98	76628	76333	76525	76469	76379	76600	76285	
1,00	76623	76342	76513	76481	76368	76608	76282	

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



1915. — SATELLITES DE JUPITER. 611

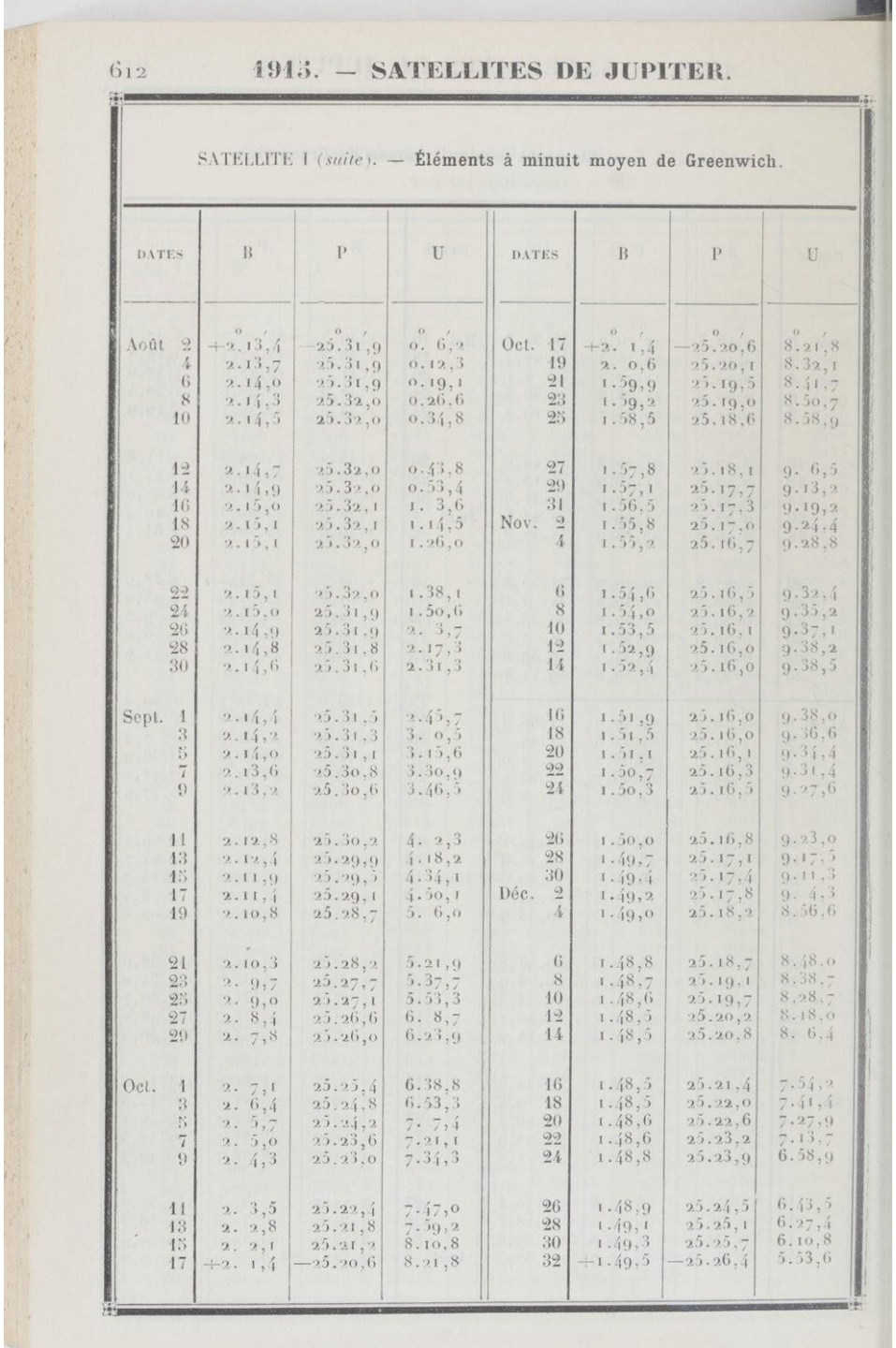
SATELLITE I. — Éléments à minuit moyen de Greenwich.

DATES	B	P	U
	° ′	° ′	° ′
Janv. 0	+0.18,3	−21.10,2	35.52,3
2	0.19,1	21.16,3	35.27,4
4	0.20,0	21.22,5	35. 2,1
6	0.20,9	21.28,6	34.36,5
8	0.21,8	21.34,7	34.10,7
10	0.22,8	21.40,8	33.44,6
12	0.23,7	21.46,9	33.18,2
14	0.24,7	21.52,9	32.51,6
16	0.25,7	21.59,0	32.24,8
18	0.26,7	22. 5,0	31.57,8
20	0.27,8	22.10,9	31.30,5
22	0.28,8	22.16,8	31. 3,1
24	0.29,9	22.22,6	30.35,5
26	0.30,9	22.28,4	30. 7,7
28	0.32,0	22.34,2	29.39,8
30	+0.33,2	−22.39,8	29.11,7
Avril 0	+1.10,2	−24.48,9	14.56,3
2	1.11,5	24.51,6	14.29,1
4	1.12,8	24.54,2	14. 2,0
6	1.14,1	24.56,7	13.35,2
8	1.15,4	24.59,1	13. 8,6
10	1.16,7	25. 1,4	12.42,1
12	1.18,0	25. 3,5	12.15,9
14	1.19,3	25. 5,6	11.50,0
16	1.20,6	25. 7,6	11.24,3
18	1.21,9	25. 9,5	10.58,9
20	1.23,2	25.11,3	10.33,8
22	1.24,4	25.14,0	10. 8,9
24	1.25,7	25.14,6	9.44,3
26	1.27,0	25.16,1	9.20,1
28	1.28,2	25.17,5	8.56,2
30	1.29,5	25.18,8	8.32,6
Mai 2	1.30,7	25.20,1	8. 9,4
4	1.32,0	25.21,2	7.46,5
6	1.33,2	25.22,3	7.23,9
8	1.34,5	25.23,4	7. 1,8
10	1.35,7	25.24,3	6.40,1
12	1.36,9	25.25,2	6.18,7
14	1.38,1	25.26,0	5.57,8
16	+1.39,3	−25.26,7	5.37,3

DATES	B	P	U
	° ′	° ′	° ′
Mai 16	+1.39,3	−25.26,7	5.37,3
18	1.40,5	25.27,4	5.17,2
20	1.41,7	25.28,0	4.57,6
22	1.42,9	25.28,6	4.38,5
24	1.44,0	25.29,1	4.19,9
26	1.45,2	25.29,5	4. 1,8
28	1.46,3	25.29,9	3.44,1
30	1.47,4	25.30,2	3.27,0
Juin 1	1.48,5	25.30,5	3.10,4
3	1.49,6	25.30,8	2.54,4
5	1.50,7	25.31,0	2.38,9
7	1.51,8	25.31,2	2.24,0
9	1.52,9	25.31,4	2. 9,7
11	1.53,9	25.31,5	1.56,0
13	1.54,9	25.31,6	1.42,9
15	1.56,0	25.31,7	1.30,4
17	1.57,0	25.31,8	1.18,6
19	1.57,9	25.31,8	1. 7,4
21	1.58,9	25.31,8	0.56,9
23	1.59,8	25.31,8	0.47,1
25	2. 0,7	25.31,8	0.37,9
27	2. 1,6	25.31,8	0.29,4
29	2. 2,5	25.31,8	0.21,7
Juill. 1	2. 3,4	25.31,8	0.14,7
3	2. 4,2	25.31,7	0. 8,4
5	2. 5,0	25.31,7	0. 2,8
7	2. 5,8	25.31,7	359.58,0
9	2. 6,6	25.31,7	359.54,0
11	2. 7,3	25.31,7	359.50,7
13	2. 8,0	25.31,7	359.48,2
15	2. 8,7	25.31,7	359.46,5
17	2. 9,3	25.31,7	359.45,6
19	2. 9,9	25.31,7	359.45,5
21	2.10,5	25.31,7	359.46,1
23	2.11,0	25.31,7	359.47,5
25	2.11,6	25.31,7	359.49,7
27	2.12,1	25.31,8	359.52,7
29	2.12,6	25.31,8	359.56,4
31	2.13,0	25.31,9	0. 0,9
Août 2	+2.13,4	−25.31,9	0. 6,2

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



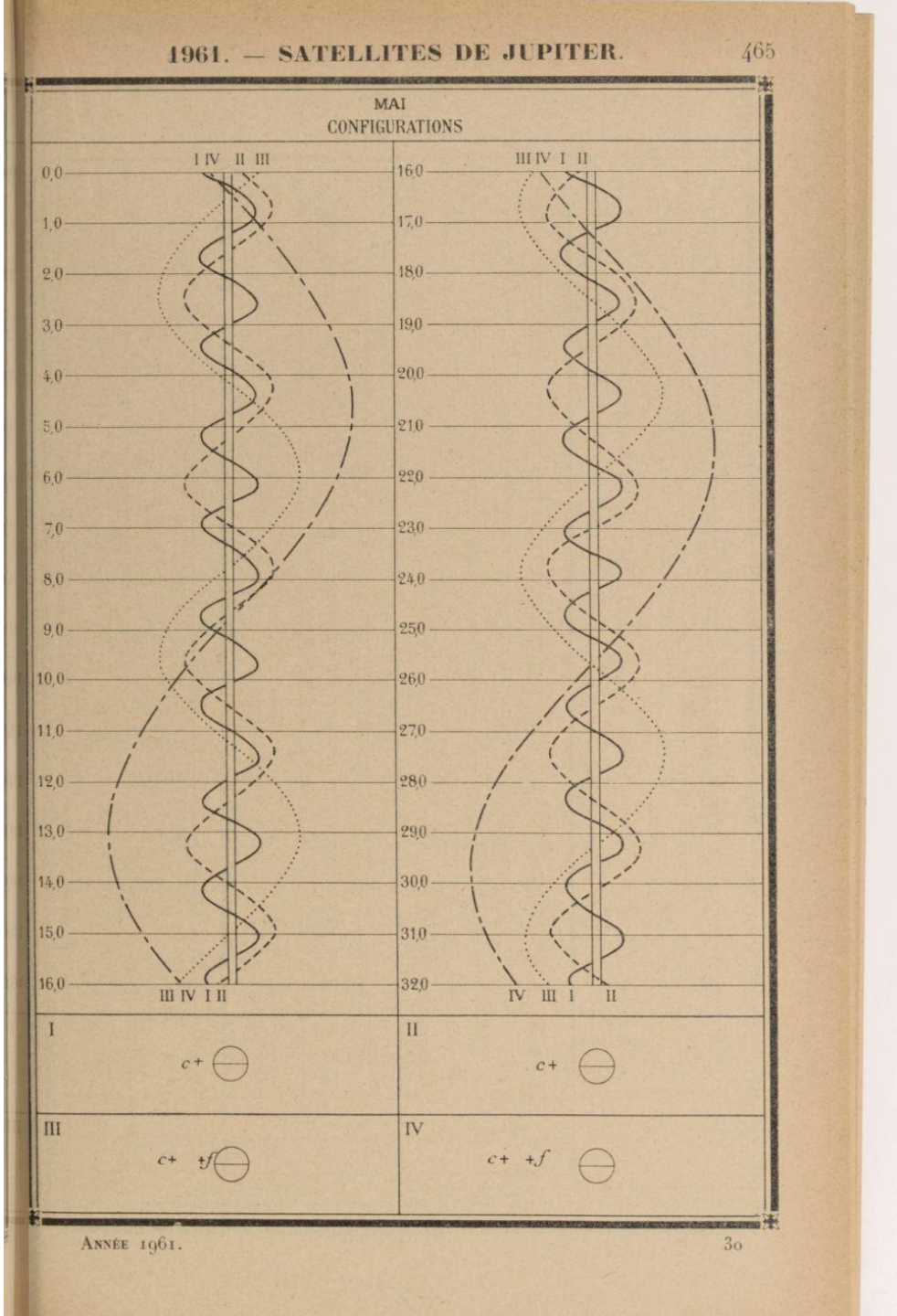
612 1915. — SATELLITES DE JUPITER.

SATELLITE I (*suite*). — Éléments à minuit moyen de Greenwich.

DATES	B	P	U	DATES	B	P	U
	° ′	° ′	° ′		° ′	° ′	° ′
Août 2	+2.13,4	−25.31,9	0. 6,2	Oct. 17	+2. 1,4	−25.20,6	8.21,8
4	2.13,7	25.31,9	0.12,3	19	2. 0,6	25.20,1	8.32,1
6	2.14,0	25.31,9	0.19,1	21	1.59,9	25.19,5	8.41,7
8	2.14,3	25.32,0	0.26,6	23	1.59,2	25.19,0	8.50,7
10	2.14,5	25.32,0	0.34,8	25	1.58,5	25.18,6	8.58,9
12	2.14,7	25.32,0	0.43,8	27	1.57,8	25.18,1	9. 6,5
14	2.14,9	25.32,0	0.53,4	29	1.57,1	25.17,7	9.13,2
16	2.15,0	25.32,1	1. 3,6	31	1.56,5	25.17,3	9.19,2
18	2.15,1	25.32,1	1.14,5	Nov. 2	1.55,8	25.17,0	9.24,4
20	2.15,1	25.32,0	1.26,0	4	1.55,2	25.16,7	9.28,8
22	2.15,1	25.32,0	1.38,1	6	1.54,6	25.16,5	9.32,4
24	2.15,0	25.31,9	1.50,6	8	1.54,0	25.16,2	9.35,2
26	2.14,9	25.31,9	2. 3,7	10	1.53,5	25.16,1	9.37,1
28	2.14,8	25.31,8	2.17,3	12	1.52,9	25.16,0	9.38,2
30	2.14,6	25.31,6	2.31,3	14	1.52,4	25.16,0	9.38,5
Sept. 1	2.14,4	25.31,5	2.45,7	16	1.51,9	25.16,0	9.38,0
3	2.14,2	25.31,3	3. 0,5	18	1.51,5	25.16,0	9.36,6
5	2.14,0	25.31,1	3.15,6	20	1.51,1	25.16,1	9.34,4
7	2.13,6	25.30,8	3.30,9	22	1.50,7	25.16,3	9.31,4
9	2.13,2	25.30,6	3.46,5	24	1.50,3	25.16,5	9.27,6
11	2.12,8	25.30,2	4. 2,3	26	1.50,0	25.16,8	9.23,0
13	2.12,4	25.29,9	4.18,2	28	1.49,7	25.17,1	9.17,5
15	2.11,9	25.29,5	4.34,1	30	1.49,4	25.17,4	9.11,3
17	2.11,4	25.29,1	4.50,1	Déc. 2	1.49,2	25.17,8	9. 4,3
19	2.10,8	25.28,7	5. 6,0	4	1.49,0	25.18,2	8.56,6
21	2.10,3	25.28,2	5.21,9	6	1.48,8	25.18,7	8.48,0
23	2. 9,7	25.27,7	5.37,7	8	1.48,7	25.19,1	8.38,7
25	2. 9,0	25.27,1	5.53,3	10	1.48,6	25.19,7	8.28,7
27	2. 8,4	25.26,6	6. 8,7	12	1.48,5	25.20,2	8.18,0
29	2. 7,8	25.26,0	6.23,9	14	1.48,5	25.20,8	8. 6,4
Oct. 1	2. 7,1	25.25,4	6.38,8	16	1.48,5	25.21,4	7.54,2
3	2. 6,4	25.24,8	6.53,3	18	1.48,5	25.22,0	7.41,4
5	2. 5,7	25.24,2	7. 7,4	20	1.48,6	25.22,6	7.27,9
7	2. 5,0	25.23,6	7.21,1	22	1.48,6	25.23,2	7.13,7
9	2. 4,3	25.23,0	7.34,3	24	1.48,8	25.23,9	6.58,9
11	2. 3,5	25.22,4	7.47,0	26	1.48,9	25.24,5	6.43,5
13	2. 2,8	25.21,8	7.59,2	28	1.49,1	25.25,1	6.27,4
15	2. 2,1	25.21,2	8.10,8	30	1.49,3	25.25,7	6.10,8
17	+2. 1,4	−25.20,6	8.21,8	32	+1.49,5	−25.26,4	5.53,6

1915

- En 1915, cette nouvelle répartition des éphémérides est aussi accompagnée du passage des tables de Damoiseau (qui avaient été améliorées par Souillart) aux tables de Sampson (adaptées par Schulhof) pour des éphémérides améliorées des satellites galiléens de Jupiter. Les configurations, qui avaient disparu de la CDT depuis 1911 reviennent mais restent construites à partir des tables de Damoiseau jusqu'en 1918. On utilisera ensuite directement les éphémérides de Sampson avec la méthode d'Andoyer publiées sous forme d'éléments qui garderont cette forme jusqu'en 1980.



1961

- Les configurations des satellites changeront d'aspect en 1961 : elles ne seront plus données sous forme d'alignements journaliers de points représentant les satellites mais sous forme de courbes continues.

d) Coordonnées rectangulaires.

Les pages 10 et 11 donnent les coefficients des développements en polynômes de Tchebychev des coordonnées rectangulaires géocentriques X, Y, Z, du Soleil. L'axe OX est dirigé vers l'équinoxe moyen 1950,0, l'axe OY est dans le plan de l'équateur moyen 1950,0.

2. Lune.

Les données relatives à la Lune occupent les pages 13 à 29. Elles sont calculées à partir de la théorie de Brown-Eckert (ILE, $j = 2$).

Les pages 14 à 29 donnent les coefficients des développements en polynômes de Tchebychev des coordonnées suivantes : longitude, latitude, distance à la Terre, ascension droite, déclinaison et parallaxe. La longitude, la latitude, l'ascension droite et la déclinaison sont des coordonnées apparentes. La parallaxe et la distance géocentrique ne sont pas affectées de l'aberration.

L'argument t est le temps des éphémérides (TE).

L'exemple 2, chapitre IV, donne, pour l'ascension droite, une illustration du calcul d'une coordonnée de la Lune pour une date donnée.

3. Planètes.

Les données relatives aux planètes occupent les pages 31 à 59. Elles sont calculées à partir des tables de Le Verrier pour Mercure, Vénus, Mars, à partir des tables rectifiées de Gaillot pour Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. Les programmes de calcul concernant Saturne ont été améliorés par rapport à l'ancienne *Connaissance des Temps*. Les données relatives à Pluton sont issues d'une intégration numérique, à partir de conditions initiales proposées par Oesterwinter et Cohen (1972, *Celestial Mechanics*, 5, p. 317-395). Les données relatives aux petites planètes Cérès, Pallas, Junon et Vesta sont issues de l'intégration numérique effectuée par Duncombe (*Astronomical Papers*, Volume XX, Part. II).

a) Coordonnées héliocentriques.

Les pages 32 à 35 donnent les coefficients des développements en polynômes de Tchebychev des coordonnées héliocentriques (longitude héliocentrique, latitude héliocentrique, rayon vecteur) des sept grosses planètes : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.

Les longitudes et latitudes sont des coordonnées moyennes rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe moyen 1950,0.

L'argument t est le temps uniforme de Le Verrier.

b) Coordonnées géocentriques.

Les pages 36 à 59 donnent les coefficients des développements en polynômes de Tchebychev des coordonnées géocentriques (ascension droite, déclinaison, distance géocentrique) des sept grosses planètes, de Pluton et des petites planètes. Pour les grosses planètes, il s'agit de coordonnées apparentes, donc rapportées à l'équinoxe vrai de la date et affectées de l'aberration. Pour Pluton et les petites planètes, il s'agit des coordonnées astrométriques 1950,0.

L'argument t est le temps uniforme de Le Verrier pour les grosses planètes, le temps des éphémérides (TE) pour Pluton et les petites planètes.

4. Satellites galiléens de Jupiter.

Les données relatives aux satellites galiléens de Jupiter occupent les pages 61 à 87. Elles sont calculées à partir de la théorie de Sampson.

Les pages 62 à 87 donnent les coefficients des développements en polynômes de Tchebychev des coordonnées différentielles, $X = \Delta\alpha \cos\delta$ et $Y = \Delta\delta$, des quatre satellites par rapport au centre de Jupiter ($\Delta\alpha$ est la différence entre l'ascension droite du satellite et celle de Jupiter, $\Delta\delta$ la différence des déclinaisons, δ la déclinaison de Jupiter). L'axe des Y est dirigé vers le pôle moyen de la date, l'axe des X est orienté dans le sens des ascensions droites croissantes.

1979-1980

- Une révolution pour la CDT : en 1980 (avec une prépublication en 1979), toutes les tables de positions disparaissent au profit de tables de coefficients de Chebychev permettant le calcul direct des positions avec des calculatrices électroniques. C'est un changement fondamental dû à l'arrivée des ordinateurs et des calculatrices personnelles.

A. DÉVELOPPEMENTS EN POLYNÔMES DE TCHEBYCHEV .

1. Polynômes de Tchebychev.

Si l'on pose $x = \cos\theta$ $\{0 \leqslant \theta \leqslant \pi\}$, $\cos n\theta$ est un polynôme en x de degré n, appelé polynôme de Tchebychev d'ordre n, et désigné par $T_n(x)$. Autrement dit,

$$T_n(x) = \cos(n \arccos x). \qquad (I, 1)$$

On a évidemment : $T_0(x) = 1$, $T_1(x) = x$, puis comme : $\cos 2\theta = 2\cos^2\theta - 1$, $T_2(x) = 2x^2 - 1$, etc...

On démontre facilement la relation de récurrence suivante, entre trois polynômes de Tchebychev successifs :

$$T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x). \qquad (I, 2)$$

Cette relation permet de trouver n'importe quel $T_n(x)$ connaissant T_0 et T_1.

2. Représentation d'une fonction.

Supposons que l'on veuille calculer la valeur d'une fonction $f(x)$, dont l'expression algébrique est longue et compliquée, pour des valeurs de x comprises entre -1 et $+1$. Deux méthodes sont possibles :

a) On donne une table des valeurs que prend $f(x)$ pour des valeurs équidistantes de x, situées entre -1 et $+1$. Pour calculer $f(x)$ pour une valeur de x non située dans la table il faut faire une interpolation, et, pour cela, établir le tableau des différences premières, secondes, etc... C'est ce qui se faisait jusqu'à présent dans toutes les éphémérides, et, en particulier, dans la *Connaissance des Temps*.

b) On représente $f(x)$ dans l'intervalle $(-1, +1)$ par un développement en polynômes de Tchebychev de la forme suivante :

$$f(x) = a_0 + a_1T_1(x) + a_2T_2(x) + \ldots + a_{n-1}T_{n-1}(x) \qquad (I, 3)$$

où les a_0, a_1 etc... sont des constantes. On démontre, ce que nous ne ferons pas ici, que l'on obtient une convergence très rapide, et, que pour une valeur donnée de n l'erreur maximale commise sur $f(x)$ dans tout l'intervalle $(-1, +1)$ est la plus petite de toutes celles que l'on obtient en développant $f(x)$ au moyen d'autres polynômes que les polynômes de Tchebychev.

C'est ce type de développement que nous avons employé ici.

3. Représentation des éphémérides.

Soit y une certaine coordonnée d'un certain astre. C'est une fonction $y(t)$ du temps t dans un certain intervalle de temps $(t_0, t_0 + DT)$. Pour représenter les variations de $y(t)$ dans l'intervalle considéré, on fait d'abord le changement de variable :

$$x = -1 + \frac{2(t - t_0)}{DT} \qquad (I, 4)$$

de telle sorte que, lorsque t varie de t_0 à $t_0 + DT$, x varie de -1 à $+1$. $y(t)$ devient alors une fonction de x, soit $z(x)$, que l'on représente par un développement en un certain nombre de polynômes de Tchebychev de la forme :

$$z(x) = a_0 + a_1T_1(x) + a_2T_2(x) + \ldots + a_{n-1}T_{n-1}(x), \qquad (I, 5)$$

et l'on publie les valeurs numériques des coefficients.

Pour calculer $y(t)$, pour une valeur donnée de t, on procède de la façon suivante : on cherche dans les tables l'intervalle de temps dans lequel se trouve t; il lui correspond un ensemble de coefficients a_0, a_1 etc... On calcule x par la formule (I, 4), (DT figure en haut et à droite de la table), puis $z(x)$, donc $y(t)$, en appliquant la formule (I, 5). On peut calculer $T_1(x)$, $T_2(x)$ etc... en utilisant la formule de récurrence (I, 2) ou bien, en calculant l'angle θ tel que : $\cos\theta = x$, $\{0 \leqslant \theta \leqslant \pi\}$. On a alors, compte-tenu de la définition des polynômes de Tchebychev :

$$y = a_0 + a_1\cos\theta + a_2\cos 2\theta + \ldots + a_{n-1}\cos(n-1)\theta. \qquad (I, 6)$$

Il est indispensable d'utiliser les coefficients correspondant à l'intervalle de temps qui contient la valeur de t considérée. Toute autre façon de faire conduit à un résultat inexact.

1979-1980

- Une révolution pour la CDT : en 1980 (avec une prépublication en 1979), toutes les tables de positions disparaissent au profit de tables de coefficients de Chebychev permettant le calcul direct des positions avec des calculatrices électroniques. C'est un changement fondamental dû à l'arrivée des ordinateurs et des calculatrices personnelles.

1979-1980

1979 **SATELLITE 1 DE JUPITER** DT = 1 JOUR

X

	0	1	2	3	4	5	6	7	
					JANVIER				
0	−39525	−69318	67853	11338	−5090	−464	152	8	*81,83*
1	45182	11263	−76375	−2094	5584	128	−149	−6	*−35,05*
2	−42528	49065	72405	−8238	−5279	383	139	−10	*−16,46*
3	33148	−101214	−56686	16571	4281	−689	−131	12	*65,93*
4	−17982	136594	30564	−22328	−2166	920	49	−16	*−104,71*
5	−27	−149308	54	24778	17	−1089	−3	25	*125,64*
6	18521	136785	−30872	−22333	2198	913	−52	−15	*−125,56*
7	−33272	−101451	57168	16713	−4314	−709	132	14	*105,15*
8	43293	48977	−73070	−8238	5299	378	−137	−10	*−65,72*
9	−45405	11984	77368	−2177	−5688	133	156	−6	*16,50*
10	40252	−70902	−68742	11499	5147	−458	−152	7	*36,36*
11	−28295	118189	47878	−19394	−3420	813	82	−15	*−83,35*
12	11496	−145795	−19797	24165	1522	−1057	−50	24	*115,83*
13	7321	148797	−12143	−24256	863	985	−21	−16	*−129,49*
14	−24629	−127064	42338	21017	−3212	−909	101	19	*121,54*
15	38379	83854	−64702	−13881	4657	601	−116	−13	*−92,34*
16	−45176	−26452	77072	4151	−5714	−137	162	−1	*48,78*
17	44689	−35304	−76197	5586	5656	−197	−161	1	*3,90*
18	−36765	91411	62154	−15094	−4471	650	111	−14	*−55,92*
19	22378	−132198	−38505	21856	2932	−946	−93	20	*97,98*
20	−4512	150719	7623	−24565	−542	997	12	−16	*−124,55*
21	−14208	−144209	24407	23910	−1862	−1045	59	23	*129,72*
22	30761	113313	−51841	−18618	3706	782	−89	−15	*−112,93*
23	−41838	−63439	71470	10283	−5343	−406	157	5	*78,00*
24	46097	3018	−78472	−731	5775	74	−159	−5	*−29,12*
25	−42757	58140	72315	−9717	−5242	439	135	−11	*−24,40*
26	31813	−109422	−54679	18017	4136	−765	−128	15	*73,30*
27	−16110	142317	27004	−23224	−1922	948	45	−16	*−111,01*
28	−2757	−151552	4676	25156	−366	−1106	13	25	*129,04*
29	20971	135150	−35396	−22107	2512	912	−58	−16	*−125,91*
30	−35619	−96244	60916	15759	−4591	−653	140	12	*101,97*
31	44338	41270	−75375	−6990	5500	333	−146	−10	*−60,29*

- Une révolution pour la CDT : en 1980 (avec une prépublication en 1979), toutes les tables de positions disparaissent au profit de tables de coefficients de Chebychev permettant le calcul direct des positions avec des calculatrices électroniques. C’est un changement fondamental dû à l’arrivée des ordinateurs et des calculatrices personnelles.

AVERTISSEMENT

A partir de 1980, La Connaissance Des Temps est présentée d'une façon nouvelle qui fait appel aux développements en polynômes de Tchébychev des coordonnées des astres du système solaire. Ce procé-dé se montre particulièrement efficace pour les coordonnées différentielles des satellites galiléens de Jupiter puisque, pour l'année, 26 pages de coefficients suffisent pour obtenir les coordonnées de l'un quelconque de ces satellites avec une précision de 0",01 (0",02 pour Ganymède). Pour permettre, en revanche, de préserver à la nouvelle Connaissance Des Temps le caractère de publication peu volumineuse et peu couteûse qu'autorise la nouvelle présentation, on n'y donne plus ni la liste des phénomènes ni les schémas des configurations des satellites galiléens qui figurent d'ailleurs dans l'Annuaire Du Bureau Des Longitudes.

Cependant certains utilisateurs souhaitent disposer d'une précision supérieure à celle qu'entraînent les dimensions et la présentation de l'Annuaire Du Bureau Des Longitudes. Le présent supplément permet de satisfaire à ces besoins puisqu'il donne à la seconde près les différents instants de chaque phénomène alors que l'Annuaire donne à la minute près, l'instant du milieu de chaque phénomène. Par ailleurs les schémas des configurations ont été améliorés et permettent en particulier d'avoir la déclinaison des satellites au-dessus du plan équatorial de Jupiter si bien qu'on peut espérer obtenir la position d'un satellite par rapport au disque de Jupiter avec une précision d'environ 10" de degrés grâce à la grande précision du tracé.

A tous ces renseignements annuels on a joint des données générales sur les satellites galiléens et sur leurs orbites, des explications sur le contenu de l'ouvrage, en particulier sur les hypothèses faites dans les calculs, et sur l'utilisation des données.

B. MORANDO
Correspondant du Bureau des Longitudes
Chef du Service des Calculs

Supplément à la Connaissance des Temps pour 1979

Rédaction et calculs: J.-E. ARLOT, Y. JANNOT, W. THUILLOT, D.T. VU.

1979-1980

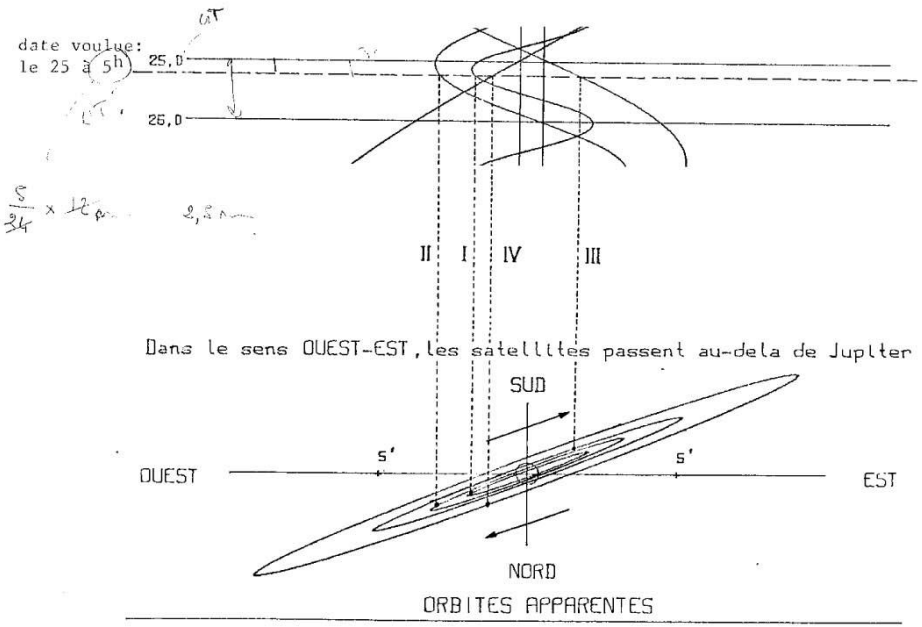
En 1980, toutes les tables de positions ont disparu au profit de tables de coefficients permettant le calcul direct des positions avec des calculatrices électroniques. Les satellites galiléens disparaissent aussi de la CDT : la rapidité de mouvement des satellites galiléens a empêché de fournir des coefficients de Chebychev pour le calcul des positions du fait d'un volume trop important de données. Les phénomènes et configurations sont, eux, toujours disponibles dans l'annuaire du Bureau des longitudes. Un supplément à la CDT verra le jour : il donnera des configurations et des phénomènes plus précis.

Les configurations :

Les configurations permettent d'identifier les satellites lors de leur observation, et également de déterminer leur position en coordonnées tangentielles équatoriales relatives à Jupiter avec la précision suivante (pour une lecture des courbes à 0,5 millimètre près) :

satellite 1 : de 5" à 20" selon la vitesse apparente
satellite 2 : de 5" à 10" selon la vitesse apparente
satellite 3 : 5"
satellite 4 : 5"

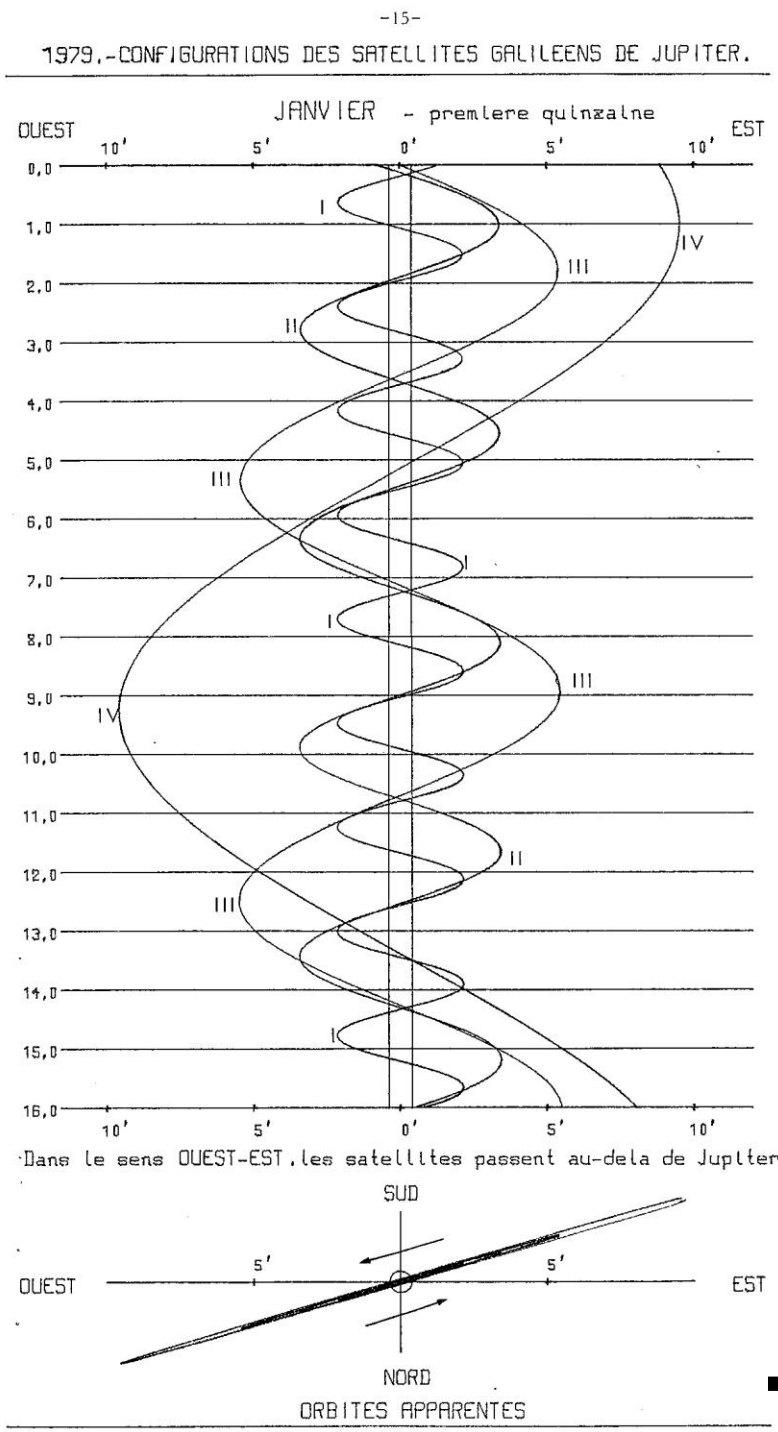
L'exemple suivant montre comment déterminer les positions des satellites:



On reporte en abscisse sur l'axe ouest-est les distances $\Delta\alpha \cos\delta$ mesurées pour une date voulue, sur les courbes. L'ordonnée est donnée par les orbites apparentes. L'indétermination avant/arrière est levée grâce au sens de rotation des satellites.

1979-1980

En 1980, toutes les tables de positions ont disparu au profit de tables de coefficients permettant le calcul direct des positions avec des calculatrices électroniques. Les satellites galiléens disparaissent aussi de la CDT : la rapidité de mouvement des satellites galiléens a empêché de fournir des coefficients de Chebychev pour le calcul des positions du fait d'un volume trop important de données. Les phénomènes et configurations sont, eux, toujours disponibles dans l'annuaire du Bureau des longitudes. Un supplément à la CDT verra le jour : il donnera des configurations et des phénomènes plus précis.



1979-1980

- En 1980, toutes les tables de positions ont disparu au profit de tables de coefficients permettant le calcul direct des positions avec des calculatrices électroniques. Les satellites galiléens disparaissent aussi de la CDT : la rapidité de mouvement des satellites galiléens a empêché de fournir des coefficients de Chebychev pour le calcul des positions du fait d'un volume trop important de données. Les phénomènes et configurations sont, eux, toujours disponibles dans l'annuaire du Bureau des longitudes. Un supplément à la CDT verra le jour : il donnera des configurations et des phénomènes plus précis.

1979 - SATELLITES DE JUPITER -

PHENOMENES MOIS : JANVIER - PREMIERE QUINZAINE -

JOUR	H	M	S	SAT	TYPE
1	0	10	50	I	EC.D.PEN
	0	11	34	I	EC.D.EXT
	0	12	44	I	EC.D.INT
	3	2	57	I	OC.F.INT
	3	6	13	I	OC.F.EXT
	19	7	41	II	OM.D.EXT
	19	8	30	II	OM.D.INT
	20	14	9	II	PA.D.EXT
	20	17	48	II	PA.D.INT
	21	27	55	I	OM.D.EXT
	21	29	5	I	OM.D.INT
	21	59	43	I	PA.D.EXT
	22	0	9	II	OM.F.INT
	22	0	59	II	OM.F.EXT
	22	2	58	I	PA.D.INT
	23	6	10	II	PA.F.INT
	23	9	49	II	PA.F.EXT
	23	45	13	I	OM.F.INT
	23	46	23	I	OM.F.EXT
2	0	16	30	I	PA.F.INT
	0	19	45	I	PA.F.EXT
	18	39	27	I	EC.D.PEN
	18	40	11	I	EC.D.EXT
	18	41	20	I	EC.D.INT
	21	29	9	I	OC.F.INT
	21	32	26	I	OC.F.EXT
3	9	47	57	III	OM.D.EXT
	9	49	6	III	OM.D.INT
	11	50	4	III	PA.D.EXT
	11	57	59	III	PA.D.INT
	13	24	17	III	OM.F.INT
	13	25	27	III	OM.F.EXT
	13	56	11	II	EC.D.PEN
	13	57	39	II	EC.D.EXT
	13	58	27	II	EC.D.INT
	15	25	11	III	PA.F.INT
	15	33	6	III	PA.F.EXT
	15	56	16	I	OM.D.EXT
	15	57	25	I	OM.D.INT
	16	25	43	I	PA.D.EXT
	16	28	58	I	PA.D.INT
	17	45	23	II	OC.F.INT
	17	48	58	II	OC.F.EXT
	18	13	37	I	OM.F.INT
	18	14	45	I	OM.F.EXT
	18	42	31	I	PA.F.INT
	18	45	46	I	PA.F.EXT
4	13	7	59	I	EC.D.PEN
	13	8	43	I	EC.D.EXT
	13	9	50	I	EC.D.INT
	15	55	14	I	OC.F.INT
	15	58	30	I	OC.F.EXT
	20	56	37	IV	OM.D.EXT
	20	57	27	IV	OM.D.INT
5	1	17	5	IV	PA.D.EXT
	1	26	55	IV	PA.D.INT
	1	29	16	IV	OM.F.INT
	1	30	7	IV	OM.F.EXT
	5	53	28	IV	PA.F.INT
	6	3	18	IV	PA.F.EXT
	8	25	27	II	OM.D.EXT
	8	26	15	II	OM.D.INT
	9	22	5	II	PA.D.EXT
	9	25	44	II	PA.D.INT
	10	24	38	I	OM.D.EXT
	10	25	46	I	OM.D.INT
	10	51	41	I	PA.D.EXT
	10	54	56	I	PA.D.INT
	11	18	6	II	OM.F.INT
	11	18	55	II	OM.F.EXT
	12	14	10	II	PA.F.INT
	12	17	49	II	PA.F.EXT
	12	42	1	I	OM.F.INT
	12	43	8	I	OM.F.EXT
	13	8	30	I	PA.F.INT
	13	11	45	I	PA.F.EXT
6	7	36	36	I	EC.D.PEN
	7	37	20	I	EC.D.EXT
	7	38	27	I	EC.D.INT
	10	21	22	I	OC.F.INT
	10	24	39	I	OC.F.EXT
	23	52	27	III	EC.D.PEN
	23	55	27	III	EC.D.EXT
	23	56	33	III	EC.D.INT
7	3	13	4	II	EC.D.PEN
	3	14	31	II	EC.D.EXT
	3	15	19	II	EC.D.INT
	4	53	2	I	OM.D.EXT
	4	54	9	I	OM.D.INT
	5	11	20	III	OC.F.INT
	5	17	38	I	PA.D.EXT
	5	19	15	III	OC.F.EXT
	5	20	53	I	PA.D.INT
	6	52	29	II	OC.F.INT
	6	56	4	II	OC.F.EXT
	7	10	27	I	OM.F.INT
	7	11	34	I	OM.F.EXT
	7	34	29	I	PA.F.INT
	7	37	44	I	PA.F.EXT
8	2	5	7	I	EC.D.PEN
	2	5	50	I	EC.D.EXT
	2	6	56	I	EC.D.INT
	4	47	21	I	OC.F.INT
	4	50	37	I	OC.F.EXT
	21	44	10	II	OM.D.EXT
	21	44	57	II	OM.D.INT
	22	30	40	II	PA.D.EXT
	22	34	19	II	PA.D.INT
	23	21	26	I	OM.D.EXT
	23	22	32	I	OM.D.INT
	23	43	34	I	PA.D.EXT
	23	46	49	I	PA.D.INT
9	0	37	0	II	OM.F.INT
	0	37	48	II	OM.F.EXT
	1	22	48	II	PA.F.INT
	1	26	27	II	PA.F.EXT
	1	38	53	I	OM.F.INT
	1	39	59	I	OM.F.EXT
	2	0	26	I	PA.F.INT
	2	3	41	I	PA.F.EXT
	20	33	45	I	EC.D.PEN
	20	34	29	I	EC.D.EXT
	20	35	34	I	EC.D.INT
	23	13	26	I	OC.F.INT
	23	16	42	I	OC.F.EXT
10	13	46	7	III	OM.D.EXT
	13	47	11	III	OM.D.INT
	15	7	45	III	PA.D.EXT
	15	15	40	III	PA.D.INT
	16	29	54	II	EC.D.PEN
	16	31	21	II	EC.D.EXT
	16	32	7	II	EC.D.INT
	17	22	59	III	OM.F.INT
	17	24	6	III	OM.F.EXT
	17	49	49	I	OM.D.EXT
	17	50	55	I	OM.D.INT
	18	9	26	I	PA.D.EXT
	18	12	41	I	PA.D.INT
	18	42	58	III	PA.F.INT
	18	50	53	III	PA.F.EXT
	19	59	18	II	OC.F.INT
	20	2	53	II	OC.F.EXT
	20	7	18	I	OM.F.INT
	20	8	23	I	OM.F.EXT
	20	26	20	I	PA.F.INT
	20	29	35	I	PA.F.EXT
11	15	2	18	I	EC.D.PEN
	15	3	2	I	EC.D.EXT
	15	4	6	I	EC.D.INT
	17	39	23	I	OC.F.INT
	17	42	40	I	OC.F.EXT
12	11	2	3	II	OM.D.EXT
	11	2	48	II	OM.D.INT
	11	38	5	II	PA.D.EXT
	11	41	44	II	PA.D.INT
	12	18	13	I	OM.D.EXT
	12	19	18	I	OM.D.INT
	12	35	18	I	PA.D.EXT
	12	38	33	I	PA.D.INT
	13	55	1	II	OM.F.INT
	13	55	47	II	OM.F.EXT
	14	30	15	II	PA.F.INT
	14	33	54	II	PA.F.EXT
	14	35	44	I	OM.F.INT
	14	36	48	I	OM.F.EXT
	14	52	12	I	PA.F.INT
	14	55	27	I	PA.F.EXT
13	4	43	19	IV	EC.D.PEN
	4	50	43	IV	EC.D.EXT
	4	51	29	IV	EC.D.INT
	9	30	58	I	EC.D.PEN
	9	31	41	I	EC.D.EXT
	9	32	45	I	EC.D.INT
	12	2	58	IV	OC.F.INT
	12	5	26	I	OC.F.INT
	12	8	42	I	OC.F.EXT
	12	12	56	IV	OC.F.EXT
14	3	51	9	III	EC.D.PEN
	3	54	9	III	EC.D.EXT
	3	55	11	III	EC.D.INT
	5	46	47	II	EC.D.PEN
	5	48	14	II	EC.D.EXT
	5	49	0	II	EC.D.INT
	6	46	39	I	OM.D.EXT
	6	47	43	I	OM.D.INT
	7	1	10	I	PA.D.EXT
	7	4	25	I	PA.D.INT
	8	28	8	III	OC.F.INT
	8	36	3	III	OC.F.EXT
	9	4	11	I	OM.F.INT
	9	5	15	I	OM.F.EXT
	9	5	55	II	OC.F.INT
	9	9	30	II	OC.F.EXT
	9	18	5	I	PA.F.INT
	9	21	20	I	PA.F.EXT
15	3	59	30	I	EC.D.PEN
	4	0	14	I	EC.D.EXT
	4	1	17	I	EC.D.INT
	6	31	19	I	OC.F.INT
	6	34	36	I	OC.F.EXT

1979-1980

- En 1980, toutes les tables de positions ont disparu au profit de tables de coefficients permettant le calcul direct des positions avec des calculatrices électroniques. Les satellites galiléens disparaissent aussi de la CDT : la rapidité de mouvement des satellites galiléens a empêché de fournir des coefficients de Chebychev pour le calcul des positions du fait d'un volume trop important de données. Les phénomènes et configurations sont, eux, toujours disponibles dans l'annuaire du Bureau des longitudes. Un supplément à la CDT verra le jour : il donnera des configurations et des phénomènes plus précis.

1984

AVERTISSEMENT

Le présent volume est le 306e d'une éphéméride qui a paru tous les ans sans interruption depuis sa création en 1679 et qui, à différentes époques, a subi dans sa composition et sa présentation d'utiles modifications.

Longtemps attribuée par erreur à Picard, la création de la Connaissance des Temps est due à Joachim Dalencé à qui le privilège fut donné le 16 mars 1679. A partir de 1702 la Connaissance des Temps fut éditée par ordre de l'Académie Royale des Sciences qui chargea l'un de ses membres de faire les calculs. Après la suppression des Académies et la publication du volume de 1795 par la Commission Temporaire des Poids et Mesures, la Convention Nationale créa en 1795 le Bureau des Longitudes qui fut désormais chargé de la rédaction et de la publication de la Connaissance des Temps.

Au cours du XIXe siècle la composition de l'ouvrage a évolué en fonction de l'amélioration des théories du mouvement des différents astres. C'est ainsi que l'on trouve dans la Connaissance des Temps de l'époque, des éphémérides tirées des tables de Lalande, Delambre, Burckhardt, Damoiseau, Bouvard, Le Verrier, Hansen, Gaillot, etc. Outre les éphémérides astronomiques la Connaissance des Temps contenait alors des notices scientifiques.

L'ouvrage était destiné à la fois aux astronomes et aux navigateurs mais, leurs besoins s'étant différenciés, le Bureau des Longitudes a commencé en 1889 la publication, à l'usage des navigateurs, d'un extrait de la Connaissance des Temps qui est devenu en 1918 les Éphémérides Nautiques. Des Éphémérides Aéronautiques sont également publiées depuis 1935.

A la suite du Congrès International des Éphémérides Astronomiques (Paris 23-26 octobre 1911) un programme de collaboration s'est établi entre le Bureau des Longitudes et les instituts qui, à l'étranger, remplissent le même office; l'Union Astronomique Internationale assure à présent la liaison entre les services nationaux par l'intermédiaire de sa commission des Éphémérides (Commission 4). Une certaine répartition des tâches s'est alors établie. C'est ainsi, par exemple, que les coordonnées apparentes des étoiles du catalogue FK5 figurent dans le volume annuel Apparent Places of Fundamental Stars publié par l'Astronomisches Rechen Institut de Heidelberg.

De même, les éphémérides pour les observations physiques du Soleil, de la Lune et des planètes, ainsi que les éphémérides des satellites V, VI et VII de Jupiter, de l'anneau et des neuf principaux satellites de Saturne, des quatre satellites d'Uranus et de Triton, satellite de Neptune, figurent dans l'Astronomical Ephemeris publié conjointement par Her Majesty's Nautical Almanac Office et le Nautical Almanac Office de l'Observatoire Naval de Washington.

En revanche, la Connaissance des Temps est seule à publier les coordonnées des quatre satellites galiléens de Jupiter. Les configurations et les phénomènes de ces satellites, publiés dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes et qui figuraient jusqu'en 1979 dans la Connaissance des Temps, sont calculés par le Bureau des Longitudes et adressés par lui aux offices d'éphémérides étrangers qui les publient tels quels. Un supplément à la Connaissance des Temps, contenant des données plus précises et plus abondantes sur ces configurations et ces phénomènes, peut être obtenu sur demande au Bureau des Longitudes.

Un autre principe, retenu par la Conférence de 1911, était que les différentes éphémérides conservaient le libre choix de leurs sources; c'est en accord avec ce vœu que la Connaissance des Temps, qui a publié jusqu'en 1983 les éphémérides du Soleil et des planètes d'après les théories de Le Verrier et Gaillot et celles de la Lune d'après l'Improved Lunar Ephemeris ($j - 2$), utilise depuis 1984 des théories beaucoup plus précises établies au Service des Calculs et de Mécanique Céleste du Bureau des Longitudes.

Pendant trois siècles les éphémérides publiées dans la Connaissance des Temps étaient présentées sous forme de tableaux des valeurs des coordonnées pour des valeurs équidistantes du temps, tableaux qu'il fallait interpoler pour calculer les coordonnées pour un instant quelconque. Ce procédé était alors le seul possible du point de vue pratique, dans la mesure où les utilisateurs disposaient de moyens de calcul réduits, mais il entraînait, du fait de la grande précision atteinte par les théories, la publication d'un nombre de pages élevé. Il était même pratiquement impossible de publier des tables interpolables des coordonnées des corps rapides comme les satellites de Jupiter.

L'emploi de plus en plus répandu d'ordinateurs dans les centres de calcul des observatoires et des laboratoires de recherche et la présence maintenant courante de petits calculateurs peu coûteux sur la table

- Une réforme importante qui touche tous les corps est celle de l'argument temps des éphémérides. Depuis 1679, pour le calcul des positions et des phénomènes, on est passé du temps solaire vrai au temps solaire moyen de Paris puis au temps moyen de Greenwich et enfin au temps civil de Greenwich ou temps universel. A partir de 1960, une meilleure connaissance du ralentissement de la Terre dans son mouvement autour de son axe a amené à remplacer le temps universel par un temps des éphémérides (construit à partir de la durée de l'année tropique) supposé plus uniforme. Ce temps sera déduit du temps atomique international à partir de 1976 et introduit dans le calcul des éphémérides dans la CDT de 1984.
- Une autre réforme en 1984, les tables de Sampson –comme d'ailleurs celles de Le Verrier et Gaillot pour les planètes – auront une très longue durée de vie : elles sont remplacées cette année par des tables rénovées.

➔

de travail du chercheur, sous la coupole de l'astronome ou même dans la poche de l'amateur, rendent possible la représentation des coordonnées des astres par les développements en polynômes de Tchebychev adoptés ici. Cette présentation réduit considérablement le volume des données publiées tout en leur conservant la précision maximale; l'utilisateur doit, à partir d'un tableau de coefficients, obtenir les coordonnées de l'astre considéré à un instant donné au moyen de calculs assez simples.

La Connaissance des Temps contient les coefficients des développements en polynômes de Tchebychev des coordonnées du Soleil, de la Lune, des planètes principales, des quatre petites planètes les plus importantes (Cérès, Pallas, Junon, Vesta) et des satellites galiléens de Jupiter. Depuis 1984 la Connaissance des Temps fait usage des théories élaborées au Bureau des Longitudes, comme il a été dit plus haut, et également du système de constantes astronomiques adoptées par l'Union Astronomique Internationale en 1976. L'époque origine est l'époque J2000.0 et l'échelle de temps adoptée est conforme aux décisions de l'Union Astronomique Internationale.

En dehors des éphémérides proprement dites, la Connaissance des Temps contient de nombreuses explications, des données astronomiques, des formulaires de calculs courants et des exemples. Ces textes ont été rédigés de telle sorte qu'ils conservent toute la rigueur qu'exige l'astronomie professionnelle mais aussi qu'ils soient accessibles à des personnes peu familiarisées avec certaines notions mathématiques, dans la mesure où le Bureau des Longitudes souhaite que l'ouvrage se répande, non seulement dans les observatoires, mais chez tous les amateurs intéressés par l'observation astronomique ou par les mouvements des astres du système solaire.

Certains renseignements que l'utilisateur pourrait s'attendre à trouver dans la Connaissance des Temps n'y figurent pas, ou n'y figurent plus, pour la raison que le Bureau des Longitudes ou des organismes étrangers publient d'autres ouvrages qui contiennent toutes les données dont on pourrait avoir besoin.

Ainsi, on trouve dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année en cours, les renseignements concernant les éclipses, les phénomènes et les configurations des satellites de Jupiter, les occultations d'étoiles; dans les Apparent Places of Fundamental Stars publiés par l'Astronomisches Rechen Institut de Heidelberg, les positions moyennes (et aussi, bien entendu, apparentes) des étoiles du FK5, dans les Éphémérides Nautiques publiées par le Bureau des Longitudes, les tables de réfraction à l'horizon peu utilisées par les astronomes.

D'ailleurs, le Service des Calculs et de Mécanique Céleste du Bureau des Longitudes est prêt à fournir à ceux qui en feraient la demande, des éphémérides ou des données particulières, sous forme de bandes magnétiques, de cartes perforées, de listings ou de photocopies de documents.

La Connaissance des Temps bénéficie pour l'impression de l'aide essentielle du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. La réalisation scientifique, les calculs et la présentation ont été assurés par tous les chercheurs et les techniciens du Service des Calculs et de Mécanique Céleste du Bureau des Longitudes et en particulier par ceux dont les noms figurent ci-dessous.

B. MORANDO

Correspondant du Bureau des Longitudes
Directeur du Service des Calculs et de Mécanique Céleste.

Connaissance des Temps 1984.
Rédacteurs : J. L. Simon, L. Bergeal.
Collaborateurs scientifiques et techniques : P. Bretagnon, M. Catoire, J. Chapront, M. Chapront, G. Francou, P. Rocher, D. T. Vu.

1984

- Une réforme importante qui touche tous les corps est celle de l'argument temps des éphémérides. Depuis 1679, pour le calcul des positions et des phénomènes, on est passé du temps solaire vrai au temps solaire moyen de Paris puis au temps moyen de Greenwich et enfin au temps civil de Greenwich ou temps universel. A partir de 1960, une meilleure connaissance du ralentissement de la Terre dans son mouvement autour de son axe a amené à remplacer le temps universel par un temps des éphémérides (construit à partir de la durée de l'année tropique) supposé plus uniforme. Ce temps sera déduit du temps atomique international à partir de 1976 et introduit dans le calcul des éphémérides dans la CDT de 1984.
- Une autre réforme en 1984, les tables de Sampson –comme d'ailleurs celles de Le Verrier et Gaillot pour les planètes – auront une très longue durée de vie : elles sont remplacées cette année par des tables rénovées.

L'expression du temps sidéral moyen à 0^h est (Aoki, S., Guinot, B., Kaplan, G. H., Kinoshita, H., McCarthy, D. D., Seidelman, P. K., 1982, *Astron. Astrophys.*, 105, 359) :

$$\theta = 6^h41^m50^s,548\,41 + 8\,640\,184^s,812\,866\,T + 0^s,093\,104\,T^2 - 6^s,2 \times 10^{-6}\,T^3;$$

où T est compté en siècles de 36 525 jours à partir de J2000.0 (jour julien 2 451 545,0). θ représente aussi bien le temps sidéral moyen de Greenwich à 0^hUT1 que le temps sidéral moyen du méridien de l'éphéméride à 0^h argument de l'éphéméride (*voir* paragraphe II C6 et II D3).

Cette expression diffère de celle de Newcomb publiée jusqu'alors par suite du changement d'époque origine et de la prise en compte de la correction d'équinoxe introduite dans le FK5.

On obtient le temps sidéral vrai en ajoutant au temps sidéral moyen la quantité $\Delta\psi \cos(\varepsilon_A + \Delta\varepsilon)$ où ε_A désigne l'obliquité moyenne (*voir* paragraphe II E) et où $\Delta\psi$ et $\Delta\varepsilon$ désignent les nutations en longitude et en obliquité (*voir* paragraphe II F).

A un instant quelconque, en un lieu donné, la somme de l'ascension droite d'un astre et de son angle horaire est toujours égale au temps sidéral en ce lieu, à cet instant. En particulier, au moment du passage supérieur d'un astre au méridien, son ascension droite est égale au temps sidéral.

2. Temps solaire vrai. Temps solaire moyen. Temps civil.

Le temps solaire vrai, en un lieu donné, à un instant donné, est l'angle horaire du Soleil, en ce lieu, à cet instant. C'est donc, compte tenu de ce qui a été dit plus haut, la différence entre le temps sidéral local et l'ascension droite du Soleil. On appelle temps solaire moyen la partie linéaire du temps solaire vrai. On appelle temps civil le temps solaire moyen augmenté de 12^h.

3. Temps universel (UT).

Le temps universel que l'on désigne par UT est le temps civil du méridien de Greenwich. Pour les applications où l'approximation d'une seconde ne suffit pas, il faut préciser la forme du UT qu'on utilise.

UT1 est le temps universel rapporté à la position instantanée de l'axe de rotation terrestre. Il est proportionnel à la rotation sidérale de la terre. C'est UT1 qui doit être utilisé dans tous les cas où l'on a besoin de connaître l'orientation de la Terre dans l'espace.

UTC est une approximation de UT1 diffusée par les signaux horaires et utilisée comme base des temps légaux. C'est, en fait, le temps atomique international (TAI) décalé d'un nombre entier de secondes, afin que la différence entre UTC et UT1 n'excède pas 0,9s en valeur absolue (voir l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour l'année en cours, chapitre 2). Les valeurs de UT1 – UTC, déduites des observations, sont connues à 1 ms près; elles sont publiées par le *Bureau International de l'Heure*.

4. Temps atomique international (TAI).

Ce temps est réalisé à partir des phénomènes quantiques. Son intervalle unitaire est maintenu en accord avec les meilleures réalisations de la seconde du Système International d'unités (prise au niveau de la mer, pour tenir compte du décalage gravitationnel des fréquences des théories relativistes). Le TAI, établi par le *Bureau International de l'Heure (BIH)*, est disponible depuis 1955. Il coïncidait approximativement avec le temps universel le 1er janvier 1958. L'uniformité du TAI surpasse de beaucoup celle des échelles de temps astronomiques. De plus, le TAI peut être lu avec des incertitudes inférieures à une microseconde.

5. Temps des éphémérides (TE).

Cette échelle de temps était, jusqu'en 1984, utilisée pour les théories dynamiques et les éphémérides des corps du système solaire. Elle est définie à partir du mouvement orbital de la Terre autour du Soleil (selon Newcomb) et est donc affranchie des irrégularités du temps universel. Le TE reste donc utile pour interpréter les observations antérieures à l'apparition du temps atomique.

1984

- Une réforme importante qui touche tous les corps est celle de l'argument temps des éphémérides. Depuis 1679, pour le calcul des positions et des phénomènes, on est passé du temps solaire vrai au temps solaire moyen de Paris puis au temps moyen de Greenwich et enfin au temps civil de Greenwich ou temps universel. A partir de 1960, une meilleure connaissance du ralentissement de la Terre dans son mouvement autour de son axe a amené à remplacer le temps universel par un temps des éphémérides (construit à partir de la durée de l'année tropique) supposé plus uniforme. Ce temps sera déduit du temps atomique international à partir de 1976 et introduit dans le calcul des éphémérides dans la CDT de 1984.
- Une autre réforme en 1984, les tables de Sampson –comme d'ailleurs celles de Le Verrier et Gaillot pour les planètes – auront une très longue durée de vie : elles sont remplacées cette année par des tables rénovées.

6. Argument des éphémérides astronomiques.

En 1976, l'Union Astronomique Internationale a recommandé de remplacer, à partir de 1984, l'échelle TE par une échelle proche de TE dont l'unité fondamentale est la seconde SI et qui s'obtient, pratiquement, en ajoutant 32ˢ,184 au TAI.

C'est cette échelle de temps qui est utilisée dans la Connaissance des Temps (*voir* paragraphe IV C).

7. Réduction des échelles de temps.

L'échelle du TAI a été introduite officiellement le 1ᵉʳ janvier 1972, mais elle est établie (sous d'autres désignations) depuis 1955. Les deux tableaux ci-dessous donnent, entre 1962 et 1982, :

– la relation entre l'argument des éphémérides astronomiques (TAI + 32ˢ,184) et UTC, déduite de la relation entre TAI et UTC publiée par le *BIH*. Jusqu'au 1ᵉʳ janvier 1972, c'est une fonction linéaire de la date julienne notée JJ ;

– les valeurs de UT1 – UTC, pour plusieurs dates par an, avec une précision de 0ˢ,01 ; pour connaître UT1 avec une précision meilleure on utilisera les *Annual Reports* du *BIH*.

Relation entre l'argument des éphémérides astronomiques (TAI + 32ˢ, 184) et UTC.

Limites de validité (à 0ʰ UTC).				TAI + 32ˢ,184 – UTC
1962 Janv. 1	-	1963 Nov. 1		34ˢ,029 858 0 + (*JJ* – 2 437 665.5) × 0ˢ, 001 123 2
1963 Nov. 1	-	1964 Janv. 1		34ˢ,129 858 0 + » »
1964 Janv. 1	-	Avril 1		35ˢ,424 130 0 + (*JJ* – 2 438 761.5) × 0ˢ,001 296
Avril 1	-	Sept. 1		35ˢ,524 130 0 + » »
Sept. 1	-	1965 Janv. 1		35ˢ,624 130 0 + » »
1965 Janv. 1	-	Mars 1		35ˢ,724 130 0 + » »
Mars 1	-	Juill. 1		35ˢ,824 130 0 + » »
Juill. 1	-	Sept. 1		35ˢ,924 130 0 + » »
Sept. 1	-	1966 Janv. 1		36ˢ,024 130 0 + » »
1966 Janv. 1	-	1968 Févr. 1		36ˢ,497 170 0 + (*JJ* – 2 439 126.5) × 0ˢ,002 592
1968 Févr. 1	-	1972 Janv. 1		36ˢ,397 170 0 + » »
1972 Janv. 1	-	Juill. 1		42ˢ,184 000 0
Juill. 1	-	1973 Janv. 1		43ˢ,184 000 0
1973 Janv. 1	-	1974 Janv. 1		44ˢ,184 000 0
1974 Janv. 1	-	1975 Janv. 1		45ˢ,184 000 0
1975 Janv. 1	-	1976 Janv. 1		46ˢ,184 000 0
1976 Janv. 1	-	1977 Janv. 1		47ˢ,184 000 0
1977 Janv. 1	-	1978 Janv. 1		48ˢ,184 000 0
1978 Janv. 1	-	1979 Janv. 1		49ˢ,184 000 0
1979 Janv. 1	-	1980 Janv. 1		50ˢ,184 000 0
1980 Janv. 1	-	1981 Juill. 1		51ˢ,184 000 0
1981 Juill. 1	-	1982 Juill. 1		52ˢ,184 000 0
1982 Juill. 1	-			53ˢ,184 000 0

1984

- Une réforme importante qui touche tous les corps est celle de l'argument temps des éphémérides. Depuis 1679, pour le calcul des positions et des phénomènes, on est passé du temps solaire vrai au temps solaire moyen de Paris puis au temps moyen de Greenwich et enfin au temps civil de Greenwich ou temps universel. A partir de 1960, une meilleure connaissance du ralentissement de la Terre dans son mouvement autour de son axe a amené à remplacer le temps universel par un temps des éphémérides (construit à partir de la durée de l'année tropique) supposé plus uniforme. Ce temps sera déduit du temps atomique international à partir de 1976 et introduit dans le calcul des éphémérides dans la CDT de 1984.
- Une autre réforme en 1984, les tables de Sampson –comme d'ailleurs celles de Le Verrier et Gaillot pour les planètes – auront une très longue durée de vie : elles sont remplacées cette année par des tables rénovées.

1985

AVERTISSEMENT

Depuis 1980, la *Connaissance des Temps* publie les éphémérides du Soleil, de la Lune, des planètes et des satellites Galiléens de Jupiter sous forme de coefficients de Tchébycheff. A partir de 1981, des éphémérides des huit premiers satellites de Saturne ont été publiées sous la même forme dans un supplément à la *Connaissance des Temps*. Ces éphémérides ayant été appréciées par les utilisateurs, nous avons décidé d'étendre ces publications à d'autres satellites naturels du Système Solaire.

Depuis 1985, nous publions dans un même recueil des éphémérides des satellites Galiléens de Jupiter, des huit premiers satellites de Saturne et des cinq satellites d'Uranus. Les éphémérides ne sont plus représentées à l'aide de coefficients de Tchébycheff, mais à l'aide de fonctions mixtes du paramètre « temps » comprenant des termes séculaires et des termes périodiques. Cette représentation permet de garder une bonne précision tout en diminuant notablement le nombre de valeurs numériques à publier et en autorisant une plus grande facilité d'emploi.

La liste des satellites dont nous publions les éphémérides n'est pas limitative et nous envisageons de l'étendre en fonction des données dont nous disposerons.

En dehors des éphémérides proprement dites cet ouvrage contient des données diverses sur les satellites de Jupiter, Saturne et Uranus et présente un formulaire permettant de calculer les phénomènes des satellites Galiléens de Jupiter

FOREWORD

Since 1980, Connaissance des Temps has published ephemerides of the Sun, the Moon, the Planets and the Galilean Satellites of Jupiter as tables of Chebychev polynomials. From 1981, ephemerides of the First Eight Satellites of Saturn have been published under the same form in a supplement to the Connaissance des Temps. These ephemerides have been well received by the users ; hence, we now intend to enlarge the publication to incorporate other natural satellites of the planets.

Starting from 1985, we have gathered in this booklet, the ephemerides of the Galilean Satellites of Jupiter, the First Eight Satellites of Saturn and the Five Satellites of Uranus. The representation does not use Chebychev polynomials. It appears that a mixed form of representation, involving secular and periodic terms and depending directly on time, allows sufficient accuracy and reduces the amount of numerical data to be published. Furthermore, it is very easy to use these tables.

The list of the satellites, the ephemerides of which are published, is not limited and will be extended as soon as it is possible.

Beside the tables, the present publication contains various data concerning the satellites of Jupiter, Saturn and Uranus. We will also present, a formula which permits the calculation of the phenomena of the Galilean Satellites.

J. CHAPRONT

Directeur du Service des Calculs et de Mécanique Céleste du Bureau des Longitudes, Unité Associée au CNRS

J.-E. ARLOT

Responsable de la publication

Collaboration scientifique et technique : Ch. RUATTI, W. THUILLOT, D. T. VU

Bureau des Longitudes, 77, avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris, FRANCE

- La théorie de Sampson sera alors informatisée, corrigée et réajustée sur de nouvelles observations ; cette nouvelle version sera introduite dans le suppléments à la CDT en 1985 sous forme de coefficients de fonctions mixtes plus succincts que ceux de Chebychev pour tous les satellites principaux des planètes.

ÉPHÉMÉRIDES DES SATELLITES GALILÉENS

EPHEMERIDES OF THE GALILEAN SATELLITES

Coordonnées différentielles tangentielles données en secondes de degré dans le repère équatorial moyen de la date.

Differential tangential coordinates given in arcsecond in the mean equatorial frame of the date.

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

$$\left.\begin{matrix} X \\ Y \end{matrix}\right\} = A0 + A1 \cdot t + B0 \sin(Nt + F0) + B1 \cdot t \sin(Nt + F1) + B2 \cdot t^2 \sin(Nt + F2) + C0 \sin(2Nt + P0)$$

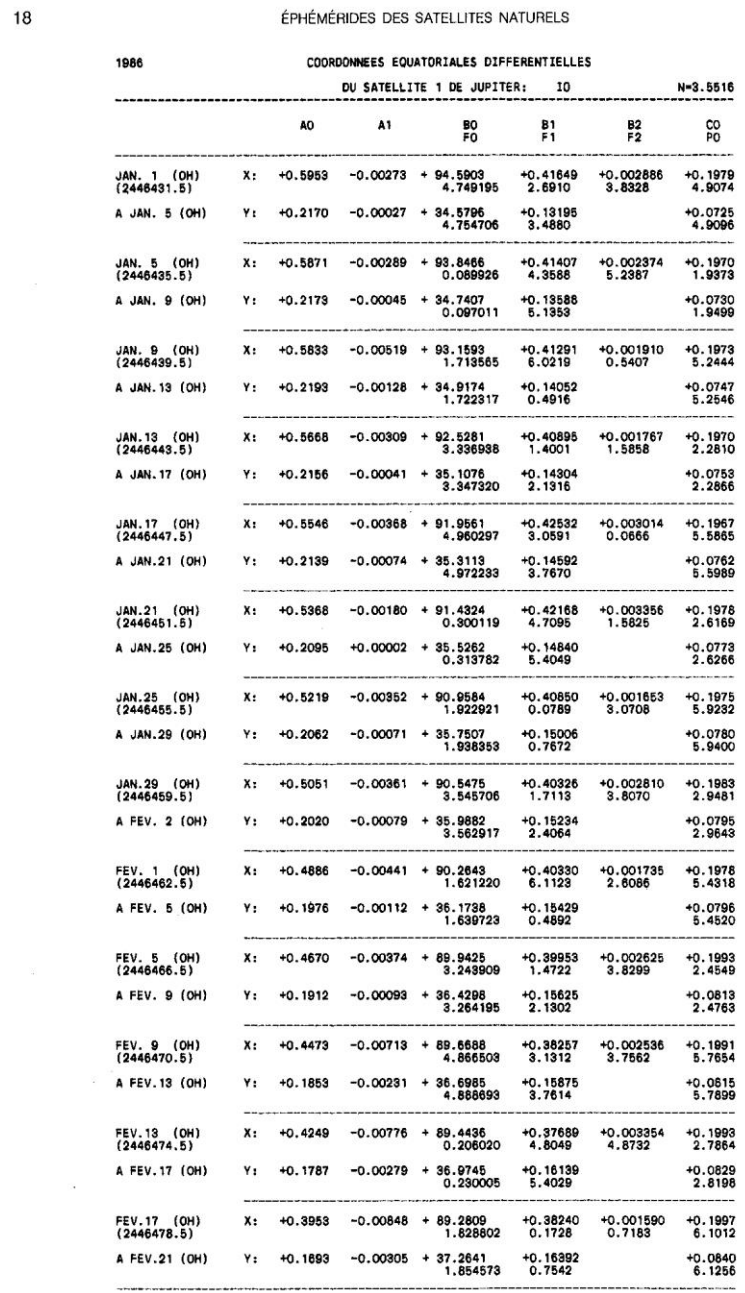
où $t = T - T0$ avec $T0$ date du début de l'intervalle et T date du calcul

where $t = T - T0$ with $T0$ date of beginning of the interval and T the date for the calculation

satellite	intervalle Δt (jours)	N (rad/j)	page
Io	4	3.551 6	18
Europe	4	1.769 3	26
Ganymède	8	0.878 2	34
Callisto	8	0.376 5	38
	(days)	*(rad/d)*	

1985

- La théorie de Sampson sera alors informatisée, corrigée et réajustée sur de nouvelles observations ; cette nouvelle version sera introduite dans le suppléments à la CDT en 1985 sous forme de coefficients de fonctions mixtes plus succincts que ceux de Chebychev pour tous les satellites principaux des planètes.



18 ÉPHÉMÉRIDES DES SATELLITES NATURELS

1986 COORDONNEES EQUATORIALES DIFFERENTIELLES

DU SATELLITE 1 DE JUPITER: IO N=3.5516

		A0	A1	B0 F0	B1 F1	B2 F2	C0 P0
JAN. 1 (OH) (2446431.5)	X:	+0.5953	-0.00273	+ 94.5903 4.749195	+0.41649 2.6910	+0.002886 3.8328	+0.1979 4.9074
A JAN. 5 (OH)	Y:	+0.2170	-0.00027	+ 34.5796 4.754706	+0.13195 3.4880		+0.0725 4.9096
JAN. 5 (OH) (2446435.5)	X:	+0.5871	-0.00289	+ 93.8466 0.089926	+0.41407 4.3568	+0.002374 5.2387	+0.1970 1.9373
A JAN. 9 (OH)	Y:	+0.2173	-0.00045	+ 34.7407 0.097011	+0.13588 5.1353		+0.0730 1.9499
JAN. 9 (OH) (2446439.5)	X:	+0.5833	-0.00519	+ 93.1593 1.713565	+0.41291 6.0219	+0.001910 0.5407	+0.1973 5.2444
A JAN.13 (OH)	Y:	+0.2193	-0.00128	+ 34.9174 1.722317	+0.14052 0.4916		+0.0747 5.2546
JAN.13 (OH) (2446443.5)	X:	+0.5668	-0.00309	+ 92.5281 3.336938	+0.40895 1.4001	+0.001767 1.5858	+0.1970 2.2810
A JAN.17 (OH)	Y:	+0.2156	-0.00041	+ 35.1076 3.347320	+0.14304 2.1916		+0.0753 2.2866
JAN.17 (OH) (2446447.5)	X:	+0.5546	-0.00368	+ 91.9561 4.960297	+0.42532 3.0591	+0.003014 0.0666	+0.1967 5.5865
A JAN.21 (OH)	Y:	+0.2139	-0.00074	+ 35.3113 4.972233	+0.14592 3.7670		+0.0762 5.5989
JAN.21 (OH) (2446451.5)	X:	+0.5368	-0.00180	+ 91.4324 0.300119	+0.42168 4.7095	+0.003356 1.5825	+0.1978 2.6169
A JAN.25 (OH)	Y:	+0.2095	+0.00002	+ 35.5262 0.313782	+0.14840 5.4049		+0.0773 2.6266
JAN.25 (OH) (2446455.5)	X:	+0.5219	-0.00352	+ 90.9584 1.922921	+0.40850 0.0789	+0.001653 3.0708	+0.1975 5.9232
A JAN.29 (OH)	Y:	+0.2062	-0.00071	+ 35.7507 1.938353	+0.15006 0.7672		+0.0780 5.9400
JAN.29 (OH) (2446459.5)	X:	+0.5051	-0.00361	+ 90.5475 3.545706	+0.40326 1.7113	+0.002810 3.8070	+0.1983 2.9481
A FEV. 2 (OH)	Y:	+0.2020	-0.00079	+ 35.9882 3.562917	+0.15234 2.4064		+0.0795 2.9643
FEV. 1 (OH) (2446462.5)	X:	+0.4886	-0.00441	+ 90.2643 1.621220	+0.40330 6.1123	+0.001735 2.6086	+0.1978 5.4318
A FEV. 5 (OH)	Y:	+0.1976	-0.00112	+ 36.1738 1.639723	+0.15429 0.4892		+0.0796 5.4520
FEV. 5 (OH) (2446466.5)	X:	+0.4670	-0.00374	+ 89.9425 3.243909	+0.39953 1.4722	+0.002625 3.8299	+0.1993 2.4549
A FEV. 9 (OH)	Y:	+0.1912	-0.00093	+ 36.4298 3.264195	+0.15625 2.1302		+0.0813 2.4763
FEV. 9 (OH) (2446470.5)	X:	+0.4473	-0.00713	+ 89.6588 4.866503	+0.38257 3.1312	+0.002536 3.7562	+0.1991 5.7654
A FEV.13 (OH)	Y:	+0.1853	-0.00231	+ 36.6985 4.888693	+0.15875 3.7614		+0.0815 5.7899
FEV.13 (OH) (2446474.5)	X:	+0.4249	-0.00776	+ 89.4436 0.206020	+0.37689 4.8049	+0.003354 4.8732	+0.1993 2.7664
A FEV.17 (OH)	Y:	+0.1787	-0.00279	+ 36.9745 0.230005	+0.16139 5.4029		+0.0829 2.8198
FEV.17 (OH) (2446478.5)	X:	+0.3953	-0.00848	+ 89.2809 1.828802	+0.38240 0.1728	+0.001590 0.7183	+0.1997 6.1012
A FEV.21 (OH)	Y:	+0.1693	-0.00305	+ 37.2641 1.854573	+0.16392 0.7542		+0.0840 6.1256

1985

- La théorie de Sampson sera alors informatisée, corrigée et réajustée sur de nouvelles observations ; cette nouvelle version sera introduite dans le suppléments à la CDT en 1985 sous forme de coefficients de fonctions mixtes plus succincts que ceux de Chebychev pour tous les satellites principaux des planètes.

SATELLITES DE JUPITER

Coordonnées différentielles tangentielles (X, Y)

IO B78
EUROPE B89
GANYMÈDE B97
CALLISTO B101

Calcul d'une coordonnée pour la date t appartenant à l'intervalle $t_0, t_0 + DT$:

$$A0 + A1\,u + B0\sin(Nu + F0) + B1\,u\sin(Nu + F1) + B2\,u^2\sin(Nu + F2) + C0\sin(2Nu + P0),$$

où : $u = t - t_0$ (compté en jours).

1996

- En 1996, tous les satellites intègrent la CDT. Afin de limiter la quantité de données publiées et en conservant la même précision les éphémérides des satellites galiléens sont données , comme pour les autres satellites sous forme de fonctions mixtes.

IO 1996 N = 3.5516 rad/jour

COORDONNÉES DIFFÉRENTIELLES TANGENTIELLES

Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

	du 0 janvier 0h au 3 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.341 200	−0.019 900
A1	−0.015 720	−0.000 020
B0	93.258 100	3.831 000
F0	3.820 963	2.455 766
B1	0.374 270	0.158 450
F1	2.261 200	3.822 600
B2	0.013 392	0.000 000
F2	4.263 700	0.000 000
C0	0.209 200	0.008 500
P0	5.165 500	3.877 700

	du 3 janvier 0h au 6 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.401 700	−0.018 800
A1	−0.016 600	−0.001 620
B0	93.386 500	3.954 700
F0	1.897 543	0.662 352
B1	0.326 660	0.158 540
F1	0.405 600	1.883 500
B2	0.014 160	0.000 000
F2	1.211 100	0.000 000
C0	0.209 200	0.008 900
P0	1.362 500	0.172 600

	du 6 janvier 0h au 9 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.455 600	−0.024 300
A1	0.003 140	−0.000 530
B0	93.534 700	4.141 700
F0	6.257 937	5.142 248
B1	0.362 130	0.158 730
F1	4.925 600	6.230 300
B2	0.007 286	0.000 000
F2	3.450 600	0.000 000
C0	0.208 700	0.009 500
P0	3.845 800	2.779 900

	du 9 janvier 0h au 12 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.434 100	−0.026 000
A1	−0.008 250	−0.000 240
B0	93.751 900	4.382 900
F0	4.334 958	3.327 246
B1	0.364 570	0.158 810
F1	2.954 300	4.292 500
B2	0.001 933	0.000 000
F2	5.815 500	0.000 000
C0	0.209 100	0.010 100
P0	0.044 300	5.380 900

	du 12 janvier 0h au 15 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.472 400	−0.026 800
A1	0.006 950	−0.001 220
B0	93.975 000	4.671 200
F0	2.411 965	1.499 861
B1	0.346 350	0.158 580
F1	1.048 100	2.359 600
B2	0.004 635	0.000 000
F2	1.856 100	0.000 000
C0	0.208 300	0.010 600
P0	2.532 100	1.663 300

	du 15 janvier 0h au 18 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.431 900	−0.028 900
A1	−0.012 950	0.000 160
B0	94.199 900	4.995 400
F0	0.489 287	5.943 710
B1	0.354 440	0.159 730
F1	5.526 700	0.424 200
B2	0.005 887	0.000 000
F2	4.395 800	0.000 000
C0	0.209 400	0.011 500
P0	5.020 000	4.220 600

	du 18 janvier 0h au 21 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.492 300	−0.030 000
A1	−0.014 280	−0.001 330
B0	94.492 800	5.351 600
F0	4.850 193	4.094 159
B1	0.395 410	0.159 220
F1	3.576 200	4.767 100
B2	0.009 654	0.000 000
F2	0.667 800	0.000 000
C0	0.208 300	0.012 200
P0	1.215 700	0.494 700

	du 21 janvier 0h au 24 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.532 300	−0.034 000
A1	0.000 040	−0.001 300
B0	94.822 500	5.734 000
F0	2.927 457	2.234 760
B1	0.356 030	0.158 660
F1	1.602 300	2.838 100
B2	0.006 711	0.000 000
F2	3.022 500	0.000 000
C0	0.207 500	0.012 800
P0	3.702 400	3.040 000

	du 24 janvier 0h au 27 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.535 000	−0.036 600
A1	−0.011 880	−0.001 210
B0	95.147 700	6.133 700
F0	1.004 993	0.367 236
B1	0.340 820	0.159 580
F1	6.044 100	0.905 100
B2	0.005 337	0.000 000
F2	6.148 400	0.000 000
C0	0.208 300	0.013 700
P0	6.182 200	5.557 200

	du 27 janvier 0h au 30 janvier 0h	
	X	Y
A0	−0.580 300	−0.042 000
A1	0.019 830	0.000 240
B0	95.499 600	6.549 800
F0	5.366 257	4.776 306
B1	0.381 420	0.159 690
F1	4.174 000	5.249 800
B2	0.008 252	0.000 000
F2	1.386 400	0.000 000
C0	0.208 500	0.014 700
P0	2.385 200	1.811 900

	du 30 janvier 0h au 2 février 0h	
	X	Y
A0	−0.514 400	−0.039 500
A1	−0.007 970	−0.000 690
B0	95.899 200	6.980 200
F0	3.444 174	2.896 109
B1	0.369 780	0.158 930
F1	2.256 400	3.319 300
B2	0.004 386	0.000 000
F2	5.504 300	0.000 000
C0	0.208 900	0.015 700
P0	4.872 900	4.347 400

	du 2 février 0h au 5 février 0h	
	X	Y
A0	−0.560 000	−0.042 000
A1	−0.007 020	−0.001 560
B0	96.319 600	7.418 500
F0	1.522 133	1.010 920
B1	0.342 180	0.159 410
F1	0.342 300	1.389 300
B2	0.005 005	0.000 000
F2	1.359 500	0.000 000
C0	0.208 100	0.016 300
P0	1.078 800	0.583 000

Unité : seconde de degré

Échelle de temps : TAI + 32.184 s

1996

- En 1996, les satellites galiléens réintègrent la CDT en conservant cette forme de fonctions mixtes.

1996

PHÉNOMÈNES DES SATELLITES GALILÉENS DE JUPITER

IO B106
EUROPE B106
GANYMÈDE B107
CALLISTO B107

Calcul de la date d'un phénomène proche d'une date t donnée:

$$t_1 = kP + \tau/24 + t_0$$

avec : $k =$ partie entière de $(t - t_0)/P$

$$\tau = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \cdots + c_n x^n$$

$$x = 2(t - t_0)/DT - 1$$

On réitère le calcul en remplaçant t par t_1.

➔

- Une nouveauté en 1996: les phénomènes des satellites galiléens réintègrent la CDT sous forme de coefficients: des phénomènes précis pour un volume moindre.

PHÉNOMÈNES DES SATELLITES GALILÉENS DE JUPITER 1996

IO P = 1.769 860 5 jour $t_0 = 0$ DT = 366 jours

	EC.D	EC.F	OM.P	OM.F
0	14.996 010	17.243 820	36.244 980	38.507 629
1	−0.201 571	−0.165 229	0.072 747	0.110 770
2	0.722 995	0.747 817	0.828 383	0.548 069
3	0.234 477	0.230 021	−0.216 825	−0.290 532
4	−0.796 412	−0.784 132	−1.443 095	−0.367 344
5	−0.183 266	−0.182 360	0.638 663	0.844 947
6	0.768 269	0.659 383	2.325 791	0.169 964
7	0.235 590	0.235 602	−1.170 493	−1.447 377
8	−0.686 718	−0.486 276	−2.763 284	−0.233 326
9	−0.244 421	−0.244 992	0.987 687	1.174 758
10	0.398 438	0.229 463	1.856 469	0.237 225
11	0.101 610	0.101 948	−0.314 434	−0.365 164
12	−0.101 927	−0.047 770	−0.516 131	−0.086 072

	OC.D	OC.F	PA.D	PA.F
0	15.080 934	17.330 374	36.330 317	38.594 022
1	−4.682 642	−4.684 099	−4.449 703	−4.448 659
2	0.046 077	0.057 099	0.126 504	−0.138 148
3	10.524 016	10.596 079	10.723 504	10.733 816
4	0.939 894	0.962 245	0.552 360	1.567 241
5	−14.276 392	−14.373 828	−15.678 943	−15.609 583
6	−2.394 351	−2.461 074	−1.709 427	−3.770 717
7	15.223 287	15.330 167	17.365 068	17.265 081
8	3.009 899	3.110 711	2.311 750	4.762 535
9	−9.828 398	−9.901 164	−11.378 208	−11.321 209
10	−1.981 470	−2.063 031	−1.574 517	−3.157 779
11	2.707 388	2.728 090	3.145 617	3.133 503
12	0.533 034	0.558 941	0.430 112	0.853 385

EUROPE P = 3.554 094 2 jours $t_0 = -1$ DT = 367 jours

	EC.D	EC.F	OM.P	OM.F
0	22.043 203	24.876 826	64.649 131	67.430 529
1	0.513 429	0.602 807	−0.801 784	−0.687 433
2	0.589 350	0.467 877	0.992 408	0.756 207
3	−0.420 965	−0.409 589	0.636 428	0.531 994
4	−0.201 152	−0.043 746	−1.505 751	−0.360 444
5	−0.926 347	−0.985 559	1.073 280	1.304 123
6	−0.923 467	−1.285 055	1.901 741	−0.265 339
7	2.236 210	2.362 502	−3.179 810	−3.386 667
8	1.888 618	2.453 274	−1.362 804	0.850 564
9	−2.048 004	−2.168 393	3.339 220	3.390 731
10	−1.528 411	−1.963 181	0.223 628	−0.982 703
11	0.693 277	0.735 576	−1.264 694	−1.252 658
12	0.459 961	0.588 802	0.136 748	0.408 570

	OC.D	OC.F	PA.D	PA.F
0	22.242 899	25.081 339	64.840 357	67.625 276
1	−8.715 744	−8.739 729	−9.666 159	−9.663 800
2	−0.973 613	−1.065 360	−0.591 547	−0.861 632
3	21.496 643	21.711 028	21.285 206	21.397 409
4	3.920 441	4.123 794	2.745 052	4.100 274
5	−31.473 331	−31.679 851	−28.577 255	−28.569 488
6	−8.708 525	−9.584 427	−6.154 518	−8.985 655
7	34.479 481	34.645 782	30.066 716	30.022 611
8	11.248 365	12.871 627	8.235 648	11.578 153
9	−22.487 631	−22.589 372	−18.727 566	−18.743 191
10	−7.668 291	−9.014 069	−5.978 516	−8.124 752
11	6.227 276	6.256 938	4.884 601	4.907 205
12	2.118 186	2.536 479	1.762 861	2.353 284

$t_0 = 0$ correspond au 0 janvier 1996 à 0h (DJ=2 450 082.5)

1996

- Une nouveauté en 1996: les phénomènes des satellites galiléens réintègrent la CDT sous forme de coefficients: des phénomènes précis pour un volume moindre.

IO 2006

X, Y aux heures (TT) les plus proches des plus grandes élongations
Équateur moyen J2000 (jour julien 2 451 545.0).

Date		X	Y	Date		X	Y	Date		X	Y
Mois	j h	″	″	Mois	j h	″	″	Mois	j h	″	″
Janv.	1 4	93.275	−31.126	Févr.	10 21	105.517	−32.133	Mars	23 14	119.389	−35.650
	2 2	−93.529	30.587		11 19	−105.443	31.408		24 11	−118.665	35.785
	2 23	93.828	−30.719		12 16	106.268	−31.761		25 8	119.726	−36.337
	3 20	−94.065	31.022		13 13	−106.132	32.001		26 6	−118.991	35.324
	4 17	94.198	−31.100		14 10	106.815	−32.318		27 3	120.273	−35.951
	5 15	−94.392	30.535		15 8	−106.504	31.510		28 0	−119.722	36.145
	6 12	94.709	−30.672		16 5	107.538	−31.936		28 21	120.720	−36.693
	7 9	−95.003	30.999		17 2	−107.278	32.150		29 18	−119.866	36.796
	8 6	95.118	−31.076		17 23	108.112	−32.513		30 16	121.134	−36.272
	9 4	−95.282	30.491		18 21	−107.639	31.656		31 13	−120.586	36.462
	10 1	95.683	−30.663		19 18	108.686	−32.088	Avril	1 10	121.684	−37.058
	10 22	−95.876	30.955		20 15	−108.524	32.340		2 7	−120.864	37.172
	11 19	96.170	−31.096		21 12	109.357	−32.713		3 5	121.851	−36.569
	12 17	−96.148	30.445		22 9	−108.861	32.872		4 2	−121.376	36.779
	13 14	96.677	−30.658		23 7	109.875	−32.272		4 23	122.538	−37.414
	14 11	−96.843	30.950		24 4	−109.715	32.532		5 20	−121.696	37.515
	15 8	97.177	−31.102		25 1	110.599	−32.929		6 17	122.711	−38.110
	16 6	−97.097	30.428		25 22	−110.182	33.120		7 15	−121.950	37.052
	17 3	97.690	−30.664		26 20	110.984	−32.454		8 12	123.309	−37.756
	18 0	−97.813	30.948		27 17	−110.922	32.743		9 9	−122.451	37.860
	18 21	98.249	−31.134		28 14	111.848	−33.172		10 6	123.499	−38.470
	19 18	−98.086	31.335	Mars	1 11	−111.401	33.352		11 4	−122.528	37.343
	20 16	98.684	−30.668		2 8	112.210	−33.750		12 1	123.855	−38.049
	21 13	−98.896	30.987		3 6	−111.999	32.939		12 22	−123.102	38.183
	22 10	99.273	−31.159		4 3	113.114	−33.432		13 19	124.195	−38.823
	23 7	−99.202	31.390		5 0	−112.626	33.612		14 16	−123.157	38.870
	24 5	99.736	−30.700		5 21	113.505	−34.040		15 14	124.297	−38.327
	25 2	−99.915	31.008		6 19	−113.129	33.172		16 11	−123.631	38.485
	25 23	100.433	−31.234		7 16	114.294	−33.694		17 8	124.694	−39.128
	26 20	−100.268	31.440		8 13	−113.814	33.879		18 5	−123.812	39.217
	27 18	100.833	−30.752		9 10	114.805	−34.352		19 2	124.606	−39.783
	28 15	−100.985	31.057		10 8	−114.180	33.406		20 0	−123.953	38.729
	29 12	101.567	−31.308		11 5	115.415	−33.955		20 21	125.170	−39.441
	30 9	−101.393	31.516		12 2	−115.030	34.179		21 18	−124.184	39.487
	31 7	101.960	−30.822		12 23	115.962	−34.643		22 15	125.188	−40.130
Févr.	1 4	−102.028	31.106		13 20	−115.342	34.802		23 13	−124.117	38.942
	2 1	102.774	−31.409		14 18	116.463	−34.225		24 10	125.426	−39.689
	2 22	−102.525	31.608		15 15	−116.129	34.459		25 7	−124.510	39.756
	3 20	103.055	−30.889		16 12	117.182	−34.982		26 4	125.532	−40.412
	4 17	−103.185	31.202		17 9	−116.495	35.119		27 1	−124.319	40.387
	5 14	103.884	−31.496		18 7	117.520	−34.516		27 23	125.552	−39.903
	6 11	−103.757	31.736		19 4	−117.158	34.747		28 20	−124.636	39.966
	7 8	104.260	−31.976		20 1	118.293	−35.307		29 17	125.736	−40.653
	8 6	−104.301	31.295		20 22	−117.641	35.458		30 14	−124.616	40.654
	9 3	105.092	−31.626		21 19	118.578	−35.965	Mai	1 12	125.423	−40.040
	10 0	−104.931	31.859		22 17	−118.079	35.023		2 9	−124.708	40.159

2006

- La CDT 2006 renoue avec les éphémérides sous forme de positions tabulées pour tous les corps y compris les satellites galiléens. Pour ceux-ci la tabulation ne se fait pas sur des intervalles de temps mais au moment des élongations. Les coefficients de Chebychev (pour tous les corps) sont disponibles sous forme de fichiers électroniques mais les tables de positions permettent de vérifier les programmations réalisées avec les coefficients. Un logiciel « e-cdt » permet d'obtenir les positions via une interface conviviale.

2008

PRÉFACE

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

– des données numériques qui permettent de calculer les positions de nombreux objets du système solaire ;

– des textes scientifiques qui donnent les bases d'astronomie fondamentale et de mécanique céleste nécessaires à la compréhension et l'utilisation des éphémérides.

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

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

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

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

– Les nouvelles résolutions de l'UAI adoptées en 2000 et impliquant l'utilisation de la nouvelle théorie de précession-nutation de la Terre, UAI2000, et l'utilisation de l'origine non-tournante sont appliquées. Les valeurs des variables liées aux nouveaux concepts sont données pour l'année en cours.

– La représentation des coordonnées en développements polynomiaux est maintenant abandonnée

- A partir de la CDT 2008, les éphémérides des satellites naturels seront fondées sur des théories entièrement nouvelles.

dans les pages de l'ouvrage, au profit d'une représentation tabulée, mais reste en usage sous forme de fichiers électroniques accessibles à l'utilisateur.

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

Créée en 1679 par Joachim Dalancé, la *Connaissance des Temps* est publiée sous la responsabilité du Bureau des longitudes depuis 1795. Ce volume est le 330^{e} d'une éphéméride qui a paru sans interruption depuis sa création.

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

W. Thuillot
Directeur de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides

A. Fienga, M. Birlan
Responsables de la publication

Comité de rédaction

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

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

Collaboration technique : S. Lemaître-Pottier, J. Normand, V. Raoult, Ch. Ruatti.

Remerciements. Nous remercions vivement M. Chapront-Touzé qui nous a autorisé à reproduire de larges extraits du chapitre 4 qu'elle avait rédigé pour l'*Introduction aux éphémérides astronomiques* P. Teyssandier qui nous a aidé dans la traduction de la section 3.2 et G. Francou pour ses conseils lors de l'élaboration des éphémérides.

2008

A partir de la CDT 2008, les éphémérides des satellites naturels seront fondées sur des théories entièrement nouvelles.

NOUVEAUTÉS DE L'ÉDITION 2008

Nouveaux modèles orbitaux des satellites naturels

Dans l'édition 2008 de la Connaissance des temps, les éphémérides utilisées pour le calcul des positions des satellites des planètes Mars, Jupiter et Uranus sont désormais calculées à partir d'une nouvelle approche complètement numérique, basée sur le modèle numérique NOE (Numerical Orbit and Ephemerides) développé à l'IMCCE. NOE intègre les équations du mouvement et effectue un ajustement aux observations de chaque système de satellites des planètes. La présentation de ce nouveau modèle dynamique et des éphémérides associées fait l'objet du chapitre 7.

Le logiciel *eCDT*, accompagnant cet ouvrage, a également évolué en ce qui concerne le calcul des positions des satellites. L'édition 2008 du logiciel présente les éphémérides des satellites à partir des coefficients de Tchebychev. Cette nouvelle approche permet une approximation des éphémérides très proche de celle présentée dans le chapitre 8.

2008

- A partir de la CDT 2008, les éphémérides des satellites naturels seront fondées sur des théories entièrement nouvelles.

2016

BUREAU DES LONGITUDES

INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE
ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

OBSERVATOIRE DE PARIS

ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES
2016

CONNAISSANCE DES TEMPS

edp sciences

17, avenue du Hoggar
Parc d'activités de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

- La Connaissance des temps continue à évoluer. La numérisation de la plupart des ouvrages scientifiques va amener la CDT à être publiée sous forme numérique mais un ouvrage imprimé est toujours disponible pour les lecteurs qui en font la demande.