

La Connaissance des temps : un journal scientifique publié depuis 1679

Épisode 7 : le problème de la longitude

Dans ce septième épisode, il sera abordé le problème de la détermination de la longitude pour des fins économiques et scientifiques.

Les longitudes en mer, pour des raisons économiques et scientifiques

L'un des principaux objectifs de la publication régulière des éphémérides dans la CDT était de fournir des outils pour la détermination des longitudes sur terre ou en mer pour favoriser le commerce maritime et la sécurité des équipages. Durant des siècles, la navigation et la cartographie ont été très difficiles en raison de l'impossibilité de déterminer facilement la longitude de n'importe quel point sur Terre. En fait, le principe était simple : partout, il est facile de connaître l'heure solaire locale avec les cadrans solaires et d'avoir une bonne précision en observant le passage du Soleil au méridien à midi afin de régler l'heure de l'horloge mécanique qui, avant le XIXe siècle, était très imprécise après seulement quelques heures de fonctionnement ! Si l'observateur connaissait l'heure locale en tout autre point de la Terre, la différence entre les deux heures locales fournissait la différence de longitude entre les deux points. Ce principe est bien expliqué dans la CDT pour 1682 (page 57), le problème étant dans le transport du temps du méridien origine. Comment connaître l'heure locale d'un autre point éloigné de la Terre ? Une solution applicable facilement a été demandée aux astronomes – et ce, bien avant le désastre de la flotte anglaise dans les îles Scilly en 1707 - ce qui explique la création de l'observatoire de Paris en 1667 et de l'observatoire de Greenwich en 1675. Si la solution était connue depuis Ptolémée et surtout depuis Galilée, les astronomes des années 1670 voient la possibilité de la rendre applicable. Le principe en est le suivant : si deux observateurs sont capables d'observer le même phénomène astronomique, en comparant leurs deux heures locales solaires au moment exact du phénomène, ils ont la différence de longitude entre leurs deux emplacements puisqu'on connaît le mouvement de la Terre autour de son axe. Mais quel phénomène prévisible observable avec précision par tous pouvait être utilisé ? On a d'abord pensé aux éclipses de Lune, visibles par tous ceux qui voient la Lune, mais ces éclipses sont rares et le moment de l'observation n'est pas très précis. On s'est tourné vers d'autres types de phénomènes plus fréquents :

- les éclipses des satellites de Jupiter, mais ces phénomènes n'étaient pas observables en mer (nécessité d'une lunette stable) et étaient utilisées pour la détermination des longitudes terrestres,

- les distances lunaires (instant de rapprochement minimal avec la Lune) qui vont remplacer les éclipses pour connaître en tout lieu une heure universelle (heure de Paris ou de Greenwich) ainsi que les occultations d'étoiles par la Lune à partir des années 1750,
- les méthodes chronométriques au XIXe siècle avec l'apparition des montres et chronomètres (les garde-temps) qui sont cependant très chères et nécessitent toujours l'observation des distances lunaires pour garantir leur fiabilité.

Outre la nécessité d'un tel temps universel nécessaire à la détermination de la longitude, les positions des étoiles, du Soleil, de la Lune et des planètes étaient également nécessaires pour déterminer la longitude et la latitude au sol ou en mer. Il fallait un minimum de précision, en particulier pour la Lune (une précision d'une minute de degré dans sa position correspondait à une erreur de 50km en mer au niveau de l'équateur). Ces données étaient publiées en permanence dans la Connaissance des temps dès le début (et renforcés par Maraldi dans la CDT pour 1735 puis par Lalande dans la CDT pour 1760). En 1887, un *Extrait de la CDT à l'usage des écoles d'hydrographie et des marins du commerce pour l'année 1889* est publié. En 1918, cet extrait deviendra les *éphémérides nautiques*.

Détermination des longitudes avec les satellites de Jupiter

L'intérêt des éclipses régulières des principaux satellites de Jupiter fut compris dès Galilée qui les observa en 1610. À une époque où les horloges n'étaient pas fiables, l'existence d'un phénomène visible par tous en même temps était essentielle. Cela déterminait une simultanéité entre deux lieux éloignés sans moyen de communication. La comparaison de l'heure solaire locale à une référence fixe a ainsi permis de déterminer des longitudes. Le problème de la longitude était alors un défi majeur tant pour la navigation que pour la cartographie. Le roi Louis XIV et son ministre Colbert ont d'abord demandé aux astronomes de faire une carte précise de la France. C'est l'une des causes de la publication des éphémérides annuelles nommées *Connaissance des temps* à partir de 1679. Le titre de cette nouvelle éphéméride est explicite : connaître les mouvements célestes et connaître le temps est

équivalent. Comme on l'a vu dans l'épisode sur les satellites galiléens, malheureusement, les prédictions n'ont pas été aussi simples que leur observation et il faudra attendre le XVIII^e siècle pour que la méthode fonctionne bien. La CDT va donc publier des prédictions de ces éclipses dès 1690 et expliquer comment s'en servir (voir par exemple l'explication dans la CDT pour 1744). Les géographes pourront déterminer les longitudes en observant simultanément la même éclipse à partir de deux sites d'observation (figure 1A) et les voyageurs pourront déterminer leur position sur Terre en observant une éclipse et en consultant la CDT pour connaître l'heure de Paris de cette éclipse et calculer la différence de longitude avec Paris (figure 1B).

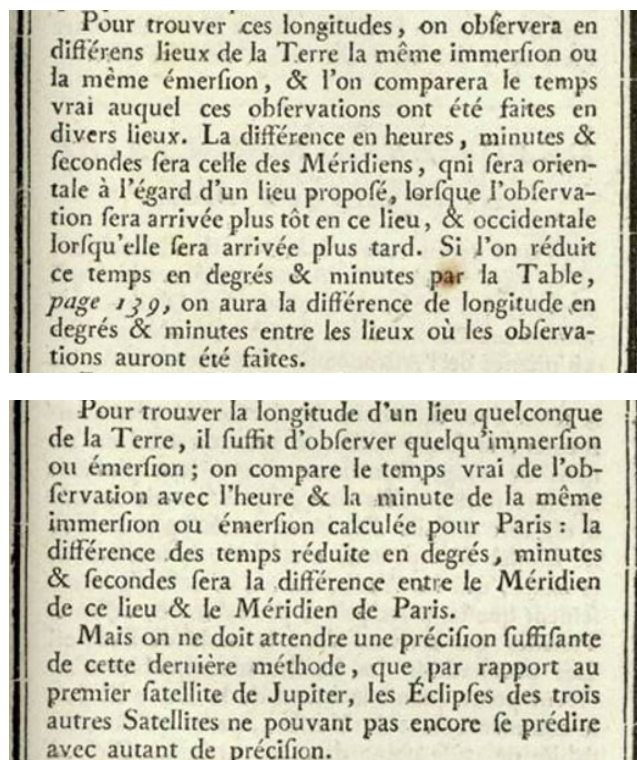


FIGURE 1 – Extraites de la CDT pour 1768 : détermination des longitudes, A (en haut) : pour géographes, B (en bas) : pour voyageurs

Ainsi les prédictions des éclipses des satellites galiléens ont été publiées de manière approfondie chaque année avec une précision croissante. Des horloges mécaniques précises ont diminué le besoin de ces éclipses au cours du XIX^e siècle mais la CDT a continué à publier les prédictions des éclipses afin d'aider et d'encourager les observateurs, sachant que ces observations étaient le seul moyen d'améliorer les éphémérides et la connaissance du système dynamique le plus complexe du système solaire. La publication des prédictions d'éclipses des satellites commence en 1690 par les éclipses de Io (figure 1 de l'épisode sur les satellites galiléens : éclipses de Io en 1690) basées sur les tables de Cassini publiés en 1668. Le satellite 1 (Io) a été préféré en raison de sa vitesse plus élevée rendant les observations plus précises. De 1691 à 1810, de nombreux volumes de la CDT contiennent des

observations d'éclipses joviennes et la détermination des longitudes des sites où les observations ont été faites. La CDT utilisera les travaux scientifiques qui améliorent la fiabilité des éphémérides publiées. Pendant des années, les éphémérides seront d'abord fondées sur des tables réalisées avec des modèles cinématiques. Un modèle dynamique utilisant pleinement les lois de la gravitation suivra au mieux les mouvements observés.

Détermination des longitudes grâce aux distances lunaires et aux occultations par la Lune

Les éclipses des satellites galiléens ne sont pas observables depuis le pont d'un navire en raison du mouvement du navire non compatible avec l'utilisation d'une lunette, de sorte qu'il a fallu trouver un autre phénomène pour le même but. Edmund Halley propose en 1731 une méthode qui utilise l'observation des minimums de distances de la Lune aux étoiles, au Soleil ou aux planètes brillantes (figure 2). Un tel phénomène est observable dès que la Lune se rapproche d'une étoile brillante, mais la détermination de l'instant de moindre distance entre une étoile et la Lune est plus incertain que pour une éclipse jovienne. Cette méthode a été testée en mer par l'Abbé Lacaille avec les officiers de la Cie des Indes entre 1752 et 1754, lue devant l'Académie en 1759. Nous trouvons quelques explications données par Lalande pour utiliser cette méthode dans la CDT à partir de 1759, en particulier dans le volume de la CDT pour 1760. La CDT pour 1761, page 174 et suivantes, donne la « méthode pour trouver facilement les Longitudes en mer par le moyen de la Lune » et explique comment construire un « châssis de réduction » (cf. figure 3, correspondant à la planche I de la CDT).

570

DISTANCES LUNAIRES.

AOUT 1880.

HEURE MOYENNE.	DISTANCE.	LOG 3 ^h différence.	ARG. Δ.	HEURE MOYENNE.	DISTANCE.	LOG 3 ^h différence.	ARG. Δ.	HEURE MOYENNE.	DISTANCE.	LOG 3 ^h différence.	ARG. Δ.
Jupiter O.				Jupiter E.				Saturne O.			
0	31.51.30	0,3039	0	0	60.53.11	0,3016	0	0	34.13.28	0,3128	0
3	33.20.54	0,3041	0	3	59.23.25	0,3028	0	3	35.41.5	0,3127	0
6	34.50.15	0,3043	0	6	57.53.54	0,3039	0	6	37.8.43	0,3125	0
9	36.19.32	0,3045	0	9	56.24.37	0,3050	0	9	38.36.22	0,3124	0
12	37.48.47	0,3048	0	12	54.55.33	0,3061	0	12	40.4.3	0,3123	0
15	39.17.58	0,3051	0	15	53.26.43	0,3072	0	15	41.31.46	0,3122	0
18	40.47.4	0,3055	0	18	51.58.5	0,3083	0	18	42.59.29	0,3121	0
21	42.16.7	0,3058	0	21	50.29.41	0,3093	0	21	44.27.12	0,3121	0
24	43.45.6	0,3062	0	24	49.1.29	0,3103	0	24	45.54.57	0,3120	0

FIGURE 2 – Les distances lunaires dans la CDT pour 1880

À partir de 1774, la CDT a publié les distances lunaires fournies par le Nautical Almanac britannique. À la demande des officiers de marine, les distances lunaires des planètes seront ajoutées, leurs éphémérides ayant fait de grands progrès. La publication de ces distances s'arrêtera en 1903 alors que cette méthode n'était plus

utilisée depuis longtemps, la méthode des droites de hauteur l'ayant supplantée. Plus tard, les chronomètres seront plus couramment utilisés du fait de leur meilleure fiabilité mais pendant longtemps au cours du XIX^e siècle ils seront réglés grâce aux observations des distances lunaires. Un cas particulier de distances lunaires, ce sont les occultations d'étoiles par la Lune (la distance devient nulle) et qui, à l'instar des phénomènes des satellites de Jupiter, peuvent servir de point temporel de repère. Il faut cependant des étoiles brillantes dont on connaît bien la

position (un catalogue sera fourni par Maskelyne fondé sur les observations de Flamsteed et Bradley, catalogue corrigé par Lalande et collègues à partir de 1803). Il faut de plus disposer d'un instrument stable (difficile pour les marins) ce qui limite l'emploi de cette technique. Des calculs seront aussi nécessaires (en particulier du fait de la parallaxe de la Lune qui fait que les occultations ne sont pas vues au même instant depuis deux lieux éloignés) comme expliqué dans la CDT pour 1880 (page 729 et suivantes).

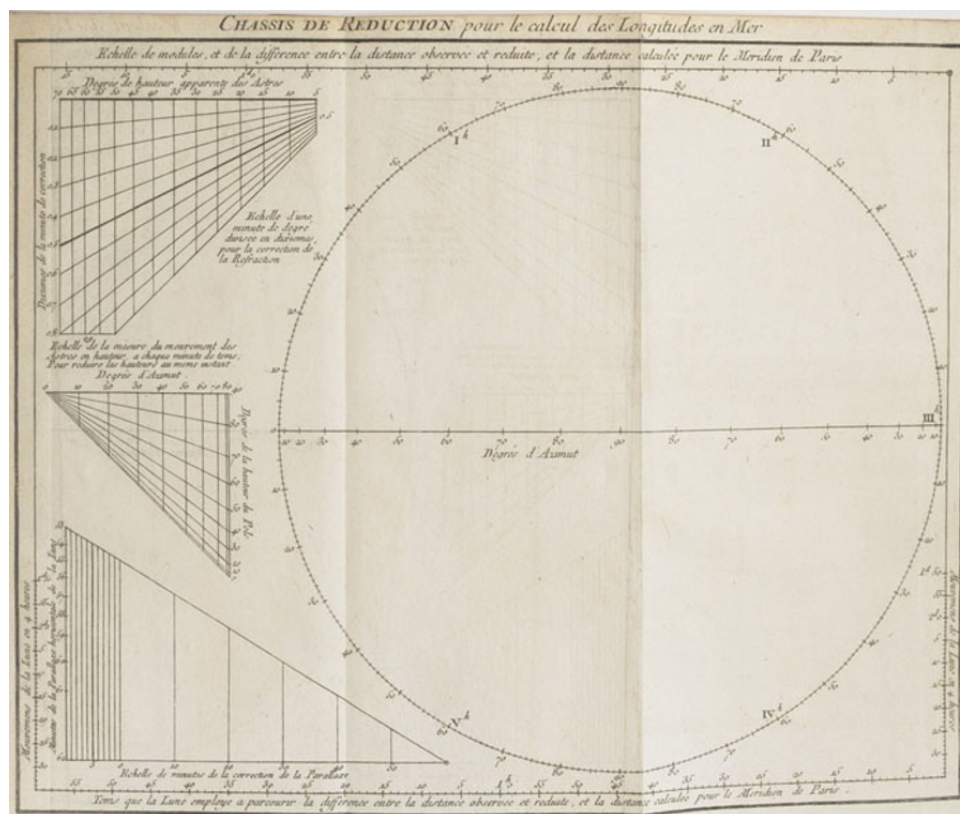


FIGURE 3 – châssis de réduction pour le calcul des longitudes en mer : planche I de la CDT pour 1761, d'après la méthode de l'abbé Lacaille (mémoires de l'Académie royale des sciences, année 1759, Paris, 1765).

Les éphémérides nautiques

L'abandon des distances lunaires pour déterminer le temps n'était pas l'abandon de l'astronomie pour la détermination de la longitude. Il était nécessaire de mesurer la hauteur ou le point culminant des étoiles brillantes, du Soleil, de la Lune ou des planètes pour pouvoir connaître la longitude et la latitude de l'observateur. En mer, l'utilisation du sextant permet de mesurer la hauteur de ces corps fournissant des données utilisées pour le calcul de la position. La CDT a été conçue pour fournir les positions théoriques de ces objets. Des catalogues d'étoiles ont été publiés de temps à autre, ajoutant régulièrement de nouvelles étoiles. Connaissant le temps universel, plusieurs méthodes ont été proposées pour déterminer la longitude et la latitude à l'aide des éphémérides publiées par la CDT. Cependant, afin de satisfaire la Marine, des éphémérides extraites de la CDT ont été publiées séparément à partir de la CDT pour 1889.

Dans l'**avertissement de cette CDT**, on lit : « Cet Ouvrage est divisé en deux Parties ; la première qui se distribue séparément, est principalement destinée aux Navigateurs ; elle ne contient que le Calendrier, quelques tables auxiliaires, avec une Explication. ». Un peu plus loin, on précise : « L'Académie a arrêté cette nouvelle division, sur la demande qui lui en a été faite par M. le Maréchal de Castries, afin de rendre l'acquisition de la Connaissance des Temps, moins dispendieuse pour les Capitaines de Navire. ». Les tables donnent les distances lunaires pour le méridien de Paris. Les calculs sont effectués par des calculateurs payés par la Marine ; « **M. L'Emery**, habile Calculateur, s'est chargé de calculer huit mois des distances ; Mrs Carouge et Martin, professeurs de Mathématiques, ont calculé celles des quatre autres mois. ». La CDT est donc vendue en deux parties : la petite CDT qui préfigure l'extrait de 1889 (Paris, 1887), vendue à bas prix, et la grande CDT, complète (qui a compté jusqu'à plus de 700 pages) vendue plus chère. Cet extrait est devenu les

Éphémérides Nautiques – extrait de la *Connaissance des temps* en 1889 spécialement conçu pour le calcul des positions en mer mais proche de la CDT. Il est toujours publié chaque année de nos jours mais a pris le nom d' *Éphémérides nautiques* en 1954 (éphémérides pour l'année 1956). Des éphémérides quotidiennes y

sont fournies pour le Soleil, la Lune, les planètes et les étoiles brillantes.

Pour en savoir plus, on consultera l'article suivant : *De quelle précision a-t-on réellement besoin en mer ?* par Guy Boistel dans *Histoire & Mesure*, 2006, XXI-2, pp. 121-156.