

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

## Épisode 23 - Après 1821 : recherches en astrométrie

L'astrométrie tient une place importante dans les additions à la CDT après 1821. En effet, l'astrométrie, c'est-à-dire la mesure précise des positions des astres sur la sphère céleste, est indispensable à la fabrication des éphémérides et à la détermination des repères de référence. Dans ce domaine, de nombreux sujets sont étudiés : rotation de la Terre, précession-nutation, réfraction, parallaxe solaire, aberration. Nous allons les présenter dans cet épisode.

### 1 Rotation de la Terre et précession-nutation

La rotation de la Terre autour de son axe, le mouvement de cet axe (précession-nutation) doivent être bien connus pour repérer les positions des astres. De grands scientifiques, en particulier, Laplace, Poisson et Poinso, ont publié plusieurs articles relatifs à ces notions dans les additions à la CDT.

Les additions à la CDT pour 1821, p. 242-259, contiennent un important article de Laplace *sur la rotation de la Terre* dans lequel il étudie l'influence du Soleil et de la Lune sur les marées et sur le changement de la position de l'équateur terrestre. Il écrit « l'explication de ce changement observé sous les noms de précession et de nutation est, à mon sens, le résultat le plus frappant et le moins attendu de la découverte de la pesanteur universelle ». Plus loin, il affirme la nécessité d'expliquer scientifiquement les phénomènes naturels. Indiquant que les lois de la Mécanique céleste « sont les véritables causes qui contiennent [la mer] dans ses limites, et l'empêchent de se répandre sur les continents, condition nécessaire à la conservation des êtres organisés. La nécessité de cette condition pourrait paraître une raison suffisante de son existence ; mais on doit bannir de la philosophie naturelle, ce genre d'explications, qui en arrêteraient infailliblement les progrès ».

Dans ces mêmes additions, l'article de Laplace est suivi, p. 259-266, d'un mémoire de Poisson *Sur le problème de la précession des Équinoxes* où il donne « la solution la plus simple et la plus directe du problème de la précession », en s'appuyant sur la théorie de la variation des constantes arbitraires.

Laplace publie, dans les additions à la CDT pour 1827, p. 234-237, *Sur les variations de l'obliquité de l'écliptique et de la précession des Équinoxes*. Il démontre que « la considération de l'aplatissement du sphéroïde terrestre réduit considérablement l'étendue des variations de l'obliquité de l'écliptique qui existeraient sans cet aplatissement ».

Notons dans les additions à la CDT pour 1829, p. 310-315, un mémoire de Bessel *Sur les changements introduits dans la détermination des équinoxes, par les catalogues fondamentaux de Koenigsberg*. Suit, p. 316-321,

une note de Mathieu relative au précédent mémoire dans laquelle il compare les données de différents catalogues d'étoiles.

Les additions à la CDT pour 1830, p. 23-30, contiennent un extrait d'un mémoire de Poisson *Sur le Mouvement de la Terre autour de son centre de gravité* dans lequel il applique au mouvement de la rotation de la Terre les méthodes utilisées pour le mouvement des planètes autour du Soleil. Notons aussi dans ces mêmes additions, p. 3-18, un *Mémoire sur le Flux et le Reflux lunaire atmosphérique* par Laplace qui reprend la notion de marées atmosphériques qu'il avait déjà abordée.

Poisson présente, dans les additions à la CDT pour 1837, p. 3-27, un *Mémoire sur la précession des équinoxes, dans l'hypothèse d'une très petite obliquité de l'écliptique, et spécialement d'une vitesse initiale de rotation égale à zéro*. Il précise « Quoique le cas d'une très petite vitesse de rotation n'ait pas lieu dans la nature, j'ai pensé qu'il ne serait pas inutile de déterminer les mouvements de l'équateur, en latitude et en longitude, dans l'hypothèse d'une vitesse de rotation primitivement égale à zéro, et qui demeure constamment très petite. Mais cette question n'ayant pas d'application directe [...], j'ai supposé, pour la simplifier, que l'obliquité de l'écliptique soit aussi constamment très petite, ce qui a permis de ramener les équations différentielles du problème à la forme linéaire que Lagrange a employée le premier dans son second mémoire sur la Libration de la Lune ».

Dans les additions à la CDT pour 1834, Poinso présente, p. 3-134, une *Théorie nouvelle de la rotation des corps*. Son article est divisé en trois parties qu'il décrit ainsi : « dans la première, après avoir considéré le mouvement des corps en lui-même, je cherche les forces qui seraient capables de le produire, afin de voir réciproquement quel est le mouvement que doit prendre un corps en vertu de forces quelconques données, ce qui est le problème naturel de la dynamique ; dans la deuxième partie, je donne la solution du problème de la rotation des corps libres ; et dans la troisième, je développe les calculs qui se rapportent à cette solution ».

Les additions à la CDT pour 1843 contiennent, p. 99-100, un article de Biot *Méthode simple pour déterminer directement la précession  $\psi$ , ou  $\gamma\gamma'$ , sur l'écliptique fixe, d'après des observations faites à deux époques dis-*

tantes  $T$ ,  $T + t$ , la première étant, par exemple, 1750. Il signale des inexactitudes numériques dans le mémoire de Poisson présenté dans les additions à la CDT pour 1830.

Poinsot publie, dans les additions à la CDT pour 1858, p. 1-56, *Précession des équinoxes*. Cet article comprend trois chapitres, les chapitres II et III étant divisés en plusieurs parties :

I. *Lemmes préliminaires* (p. 1-16) ;

II.I *De la force qui vient du Soleil regardé comme un point, pour attirer la Terre regardée comme un sphéroïde homogène, aplati aux pôles ou renflé vers l'équateur* (p. 17-26),

II.II *De l'action d'un centre attirant  $S$  sur un corps  $T$  de figure quelconque* (p. 26-30),

II.III *Examen de deux couples  $M$  et  $N$  qui agissent à chaque instant sur la Terre* (p. 30-36) ;

III.I *Quantité de la précession due à la seule action du Soleil* (p. 37-39),

III.II *Quantité de la précession due à l'action de la Lune* (p. 39-43),

III.III *Nutation de l'axe de la Terre due à la seule action du Soleil* (p. 43-50), avec un paragraphe « *Nutation de l'axe terrestre due à l'action de la Lune* » (p. 47-50),

III.IV *Sur la nature du mouvement de l'axe terrestre dans le phénomène de la nutation* (p. 50-56).

En résumé, tous ces travaux relatifs au mouvement de rotation de la Terre ont permis d'en déduire une théorie qui améliore grandement la mise en place d'un système de référence indispensable à la construction des éphémérides.

## 2 Réfraction astronomique

La réfraction de la lumière lors de la traversée de milieux différents est un phénomène bien connu des opticiens et aisément observable sur Terre. La réfraction astronomique est ce même phénomène appliqué à la lumière venant des astres célestes lors de sa traversée de l'atmosphère terrestre. Cette modification de la trajectoire des rayons lumineux provoque un déplacement apparent des astres et donc un écart aux calculs de positions proposés par les éphémérides. Il convient d'en établir la théorie afin d'en corriger les effets. Les articles concernant la réfraction astronomique, publiés dans les additions à la CDT sont essentiellement dus au physicien et astronome Jean-Baptiste Biot.

Dans les additions à la CDT pour 1839, p. 3-114, Biot publie un long mémoire *Sur les réfractions astronomiques*. Son mémoire est divisé en cinq parties.

- La première partie est l'étude des *Conditions d'équilibre de l'atmosphère* (p. 9-33) ;
- La deuxième concerne la *Détermination des réfractions astronomiques* (p. 34-75) ;
- La troisième traite du *Calcul des réfractions, par quadratures numériques à toute distance du zénith, et dans une constitution quelconque d'atmosphère* (p. 76-95) ;

- La quatrième est une étude *Sur la Table de Réfraction de Newton, publiée par Halley dans les Transactions philosophiques de 1721* (p. 95-108) ;
- La cinquième est une étude *Sur le rapport de la constitution atmosphérique adoptée dans la Mécanique céleste [de Laplace] avec celle que M. Ivory a employée* (p. 108-114). Biot admirait les travaux de Newton sur le sujet, écrivant, p. 9, « *Parmi les résultats du travail que je présente à l'Académie, celui qui m'a le plus satisfait, c'est d'avoir pu, ainsi, rendre à Newton cette gloire tout entière que nous ignorions lui appartenir* ».

Dans les additions à la CDT pour 1841, p. 3-112, Biot publie un mémoire *Sur la vraie constitution de l'atmosphère terrestre déduite de l'expérience, avec ses applications à la mesure des hauteurs par les observations barométriques, et au calcul des réfractions*.

Biot publie dans les additions à la CDT pour 1842, p. 3-80, un *Mémoire sur la mesure théorique expérimentale de la réfraction terrestre, avec son application à la détermination exacte des différences de niveau, d'après les observations zénithales simples ou réciproques*. Il écrit qu'avec la réunion de ses trois mémoires publiés dans les additions aux CDT pour 1839, 1841 et 1842, « *on aura je crois l'ensemble complet des réfractions atmosphériques tel que les conclure des phénomènes observables, sans aucun mélange des hypothèses qu'on a fait jusqu'à présent intervenir dans leur évaluation* ».

Une addition au mémoire précédent est publiée dans les additions à la CDT pour 1843, p. 67-68, sous le titre *Addition au Mémoire sur les Réfractions terrestres, inséré dans la Connaissance des Temps pour 1842* dans laquelle Biot confirme des erreurs commises pour des observations de distances zénithales faites à Clermont-Ferrand, qu'il avait pressenties dans son mémoire de 1842.

Les additions à la CDT pour 1851, publient d'abord un *Rapport fait au Bureau des longitudes sur les tables de réfractions astronomique calculées, d'après la théorie de Laplace, par M. Caillet, examinateur de la Marine* rédigé par Arago, Biot et Largeteau (p. 3-8). Les rapporteurs concluent « *En résumé, nous vous proposons de donner votre approbation au travail de M. Caillet, et de décider que ses tables de Réfraction et la Note qui les précède seront imprimées dans les Additions à la Connaissance des Temps pour 1851* ». Les *Tables de réfractions astronomiques* de Caillet sont ensuite publiées, p. 9-40.

Tous ces travaux ont permis de publier des tables de réfraction utilisables par les observateurs pour corriger leurs observations. La connaissance de l'atmosphère terrestre est évidemment indispensable et ira s'améliorant au cours des décennies suivantes.

## 3 Parallaxe solaire

La parallaxe solaire est aussi un point important pour la construction des éphémérides. La parallaxe correspond au déplacement angulaire d'un astre vu de la Terre

lorsque l'observateur se déplace. Cette parallaxe est donc d'autant plus grande que l'astre est proche. C'est donc un moyen efficace pour l'astronome de mesurer les distances aux planètes et au Soleil. La parallaxe solaire correspond donc à la distance Terre-Soleil. Grâce aux lois de Kepler, on sait qu'il suffit de mesurer une distance dans le Système solaire pour pouvoir calculer toutes les autres. La parallaxe solaire étant difficile à déterminer (le Soleil n'est pas un bon objet d'observation), les astronomes ont choisi Mars et Vénus. Dans le cas de Vénus, le passage de cette planète devant le disque solaire (rare) est l'occasion de mesurer cette parallaxe. Ainsi, les passages de Vénus ont permis aux astronomes de recalculer la parallaxe solaire.

Celui de 1769 est l'objet de deux articles de l'astronome allemand Powalky.

- Le premier, publié dans les additions à la CDT pour 1867, est un rapport, traduit de l'allemand par Radau, *Discussion nouvelle du passage de Vénus de 1769 en vue de la détermination de la parallaxe solaire*. Powalky examine 49 observations faites dans 19 stations et n'en conserve que 27 correspondant à 13 stations. Il calcule ensuite la parallaxe solaire en reprenant les calculs de Encke. ;
- Le second, publié dans les additions à la CDT pour 1870, p. 64-68, est une *Réponse aux critiques de M. Le Verrier*. Powalky y défend sa sélection des observations du passage de Vénus de 1769 que Le Verrier (dont il dénonce les « mesquineries » !) ne trouvait pas justifiée.

Le passage de Vénus de 1774 est l'objet de plusieurs articles de Puiseux.

- Dans les additions à la CDT pour 1871, p. 7-16, il publie une *Note sur la détermination de la parallaxe du Soleil par l'observation du passage de Vénus sur cet astre en 1774*. Il y montre que la méthode de Halley pourra parfaitement s'appliquer ;

- Une *Note relative au passage de Vénus sur le disque du Soleil en 1774* est publiée dans les additions à la CDT pour 1872, p. 67-68. Puiseux y rectifie une erreur commise dans sa note publiée dans la CDT précédente.
- Dans l'article *Recueil de nombres pouvant servir à la discussion des observations du passage de Vénus du 8 décembre 1774*, publié dans les additions à la CDT pour 1878, p. 106-145, Puiseux « se propose de réunir diverses données numériques obtenues en attribuant à la parallaxe solaire la valeur  $8''{,}86$  et en faisant usage des Tables du Soleil et de Vénus de M. Le Verrier ».

## 4 Aberration

L'aberration est, comme la parallaxe, un effet de déplacement de l'objet observé pour l'observateur. Contrairement à la parallaxe, il ne dépend pas de la distance de l'objet observé mais du mouvement (de la vitesse) de l'observateur. Il affecte donc tous les corps de la même manière. On ne trouve qu'un seul article de fond sur ce sujet dans la CDT : Villarceau publie dans les additions à la CDT pour 1878, p. 3-105, sa *Théorie de l'aberration dans laquelle il est tenu compte du mouvement du système solaire*.

## 5 Conclusion

Les additions à la CDT du XIX<sup>e</sup> siècle montrent comment les grands scientifiques de l'époque ont fait progresser l'astrométrie. On notera, en particulier, l'importance de Laplace dont les travaux sur la rotation de la Terre, la précession-nutation ou la réfraction atmosphérique sont des références pour les astronomes travaillant sur ces thèmes.