

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

## Épisode 22 - Après 1821 : Astéroïdes, Étoiles

Cet épisode présente les articles sur les astéroïdes et les étoiles contenus dans les additions à la CDT d'après 1821.

Les articles sur les astéroïdes traitent principalement du calcul des perturbations sur ces corps et de la détermination de leurs orbites.

Les articles sur les étoiles sont nombreux et concernent l'étude des étoiles doubles, le calcul des distances de la Lune aux étoiles, la constitution de catalogues et de tables, les observations, le calcul des positions apparentes. La publication dans la CDT de catalogues d'étoiles suivait les besoins des utilisateurs et la conférence internationale de 1896 établit un catalogue d'étoiles fondamentales commun à toutes les éphémérides dans le monde.

### 1 Astéroïdes

La CDT va publier la liste des astéroïdes connus dès leur découverte. Au début, étant peu nombreux, ils seront comptés comme des planètes supplémentaires dénommées « planètes télescopiques » du fait de la nécessité d'utiliser un télescope pour les observer, contrairement aux planètes visibles à l'œil nu (Neptune n'a pas encore été découverte). La CDT publiera régulièrement des observations de ces corps ainsi que des articles sur leur mouvement. Elle publiera en 1915, dans un supplément qu'on ne nommera pas « additions », les éléments des orbites des 732 astéroïdes connus alors. Ce n'est qu'à partir de 1965 (Figure 1) que la CDT publiera les éphémérides des principaux astéroïdes, Cérès, Pallas, Vesta et Junon en coordonnées astrométriques comme Pluton alors que les positions des planètes sont données en coordonnées apparentes. Il faudra attendre 2022 pour que les planètes soient aussi publiées en coordonnées astrométriques. Cela s'explique du fait que les planètes étaient observées à l'aide d'instruments de passage en coordonnées apparentes alors que les positions des corps moins brillants ne pouvaient être observées que sur des plaques photographiques et étalonnées à l'aide d'un catalogue d'étoiles en coordonnées astrométriques. Les instruments de passage ne sont plus utilisés depuis peu et les coordonnées apparentes ne servent que pour le pointage des petits télescopes non automatisés. L'annuaire du Bureau des longitudes continue à publier des coordonnées apparentes dans ce but.

#### 1.1 Perturbations sur les astéroïdes

La découverte des astéroïdes va poser la question : comment obtenir leurs orbites ? Comme pour les planètes, on va appliquer les lois de Newton et on va devoir calculer

les perturbations provoquées par la présence des planètes.

Damoiseau publie, dans les additions à la CDT pour 1846, p. 32-43, une étude sur les *Perturbations de Junon et Cérès* où il propose de « déterminer directement les perturbations de la longitude, du rayon vecteur et de la latitude, comme on procède pour les anciennes planètes ». Il calcule, pour ces variables, les perturbations dues à Mars, Jupiter et Saturne.

#### 1.2 Détermination des orbites des astéroïdes

Le nombre d'astéroïdes allant en augmentant, on tente de déterminer des méthodes de calcul d'orbite applicables à tout nouvel astéroïde. Il ne sera pas possible de publier des positions tabulées de tous ces corps, mais on trouvera en 1915, dans la CDT la table des éléments orbitaux des astéroïdes connus.

Dans les additions à la CDT pour 1852, p. 159-190, Villarceau applique à Iris sa méthode pour calculer les éléments des planètes issue de la *méthode d'interpolation* de Cauchy, décrite p. 129-159 de ces mêmes additions. Il calcule les éléments de l'orbite de l'astéroïde pour le 17, 3 octobre 1847 (p. 191), recherche, à l'aide ces éléments « la planète vers la fin du mois d'août 1848 » (p.191-192), et trouve une discordance entre calcul et observation « très-peu considérable » (p. 192).

Leveau publie, dans les additions à la CDT pour 1876, p. 28-88, une *Détermination de l'orbite de la planète Héra*, astéroïde découvert « à l'Observatoire d'Ann-Arbor, dans la nuit du 7 Septembre 1868 » où les perturbations des planètes Mars, Jupiter et Saturne sont de mieux en mieux prises en compte.

**Planètes.** — Les éphémérides des grosses planètes sont calculées d'après les tables de Le Verrier pour Mercure, Vénus et Mars, et d'après les tables rectifiées de Gaillot pour Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

L'éphéméride de Pluton est tirée de l'*Astronomical Ephemeris*. Elle résulte de l'intégration numérique du mouvement des cinq planètes extérieures par W. J. Eckert, D. Brouwer et G. M. Clemence (*Astronomical Papers of the American Ephemeris*, vol. XII, 1951).

Les éphémérides des petites planètes Cérés, Pallas, Junon, Vesta, données pour la première fois dans le présent volume, résultent de l'intégration numérique de leur mouvement par P. Herget (*Astronomical Papers of the American Ephemeris*, vol. XVI, Part. III, 1962).

FIGURE 1 – L'apparition des éphémérides des gros astéroïdes dans la CDT pour 1965.)

Les additions à la CDT pour 1878, contiennent, p. 146-176, un article de Schulof *Recherches sur l'orbite de la planète Maïa et éphémérides pour l'opposition de 1876*. Cet article montre que la découverte d'une nouvelle « petite planète » nécessite de la suivre et donc de la retrouver pour pouvoir en calculer l'orbite, ce qui est toujours un problème aujourd'hui, malgré les avancées technologiques et les facilités de calculs. Citons Schulhof : « La planète (66) Maïa a été découverte, le 9 avril 1861, par M. Tuttle, à Cambridge en Amérique. La faiblesse extrême de l'astre, qui ressemblait à une étoile de 13e grandeur, n'a pas permis de le poursuivre durant un intervalle de temps notable et il a été impossible d'effectuer de nombreuses observations. Ajoutons que Maïa n'a été trouvée qu'après l'opposition, à l'époque où le mouvement géocentrique était minime. De ces circonstances défavorables résulte nécessairement une grande incertitude dans la détermination de l'orbite. L'insuccès des efforts tentés par les astronomes pour retrouver Maïa doit être attribué d'une part à cette incertitude considérable des éléments et d'autre part au faible éclat de la planète dans les oppositions qui paraissaient être les plus favorables. Faut-il donc renoncer à tout espoir de la découvrir à l'aide des calculs ? Faut-il l'abandonner et attendre qu'un de nos observateurs infatigables la rencontre encore une fois accidentellement ? Je crois que non. Telle planète, vainement cherchée avec le plus grand soin pendant plusieurs oppositions, réapparaît quelquefois à une époque plus éloignée dans des conditions si avantageuses qu'elle peut être retrouvée presque sans peine, Clymène nous en offre un exemple saisissant. Perdue pendant 6 ans, elle fut reconnue dans la sixième apparition par MM. Luther et Palisa, dans une position qui ne s'écartait que de 45 minutes d'arc du lieu de l'éphéméride ».

Nous voyons à la lecture de ce texte la difficulté à retrouver un astéroïde après sa première observation. Si les méthodes de détermination des orbites ont bien évolué, cela reste toujours aujourd'hui un défi pour les observateurs.

## 2 Étoiles

### 2.1 Étude des étoiles doubles

Depuis les premières observations, les astronomes se sont demandé si les étoiles apparemment proches l'étaient aussi dans la réalité. C'est la découverte d'un mouvement des deux étoiles autour du centre de gravité commun qui tranchait. L'observation de ce mouvement donnait des informations sur ces étoiles, aussi observations et modélisations de ces duos se multiplient.

Dans les additions à la CDT pour 1830, p. 56-59, Savary publie « *Sur la Détermination des orbites* que décrivent autour de leur centre de gravité deux étoiles très rapprochées l'une de l'autre », article dans lequel il propose de « réunir les différentes formules applicables à la détermination des éléments elliptiques du mouvement des étoiles doubles ». Comme pour le mouvement des planètes et des astéroïdes, des méthodes de détermination des orbites furent recherchées. Les mouvements étaient cependant beaucoup plus lents.

Les additions à la CDT pour 1852 contiennent plusieurs articles de Villarceau sur les étoiles doubles. Il publie d'abord deux mémoires :

- **premier mémoire** : *Méthode pour calculer les orbites relatives des étoiles doubles* (p. 3-25) qu'il termine en donnant un « **Résumé** des formules propres à la détermination des éléments des orbites relatives des étoiles doubles » (p. 21-25) ;
- **deuxième mémoire** : *Méthode pour le calcul des orbites relatives dont le plan coïncide, ou à peu près, avec le rayon visuel* (p. 26-48) dans lequel il établit des formules pour un cas où la méthode présentée dans son premier mémoire « tombe en défaut ».

Il applique ensuite ses méthodes à plusieurs systèmes d'étoiles doubles dans trois notes :

- **première note** :  $\zeta$  d'Hercule (p. 49-55) ;
- **deuxième note** :  $\eta$  de la Couronne boréale (p. 56-64) ;
- **troisième note**  $\xi$  de la grande Ourse (p. 65-70) ; la **figure 2** décrit l'orbite de cette étoile.

Vient ensuite une **quatrième** note intitulée *Du mouvement des étoiles doubles, considéré comme propre à*

fournir la preuve de l'universalité des lois de la gravitation planétaire (p. 71-85).

Il publie plus loin, deux autres notes :

- La première, p. 195-197, *Note relative à l'application des formules du premier Mémoire sur les étoiles doubles, au cas des orbites dont le plan coïncide, ou à peu près, avec le rayon visuel* explique pour quelles raisons ces formules ne peuvent, « dans ce cas, donner des résultats précis » ce qui l'a conduit à « présenter les formules du deuxième Mémoire » ;

- La deuxième, p. 197, est une *Note sur les différentes constantes des distances d'étoiles doubles mesurées par MM. W. Struve et Otto Struve.*

Villargeau présente, dans les additions à la CDT pour 1877, p. 4-106, une *Méthode pour calculer les orbites des étoiles doubles déduite de considérations géométriques*. L'idée de base de cette méthode « consiste dans l'emploi des coordonnées rectangulaires apparentes de l'étoile satellite, abstraction faite du temps, dans le but de déduire les cinq coefficients de l'équation de la trajectoire apparente ».

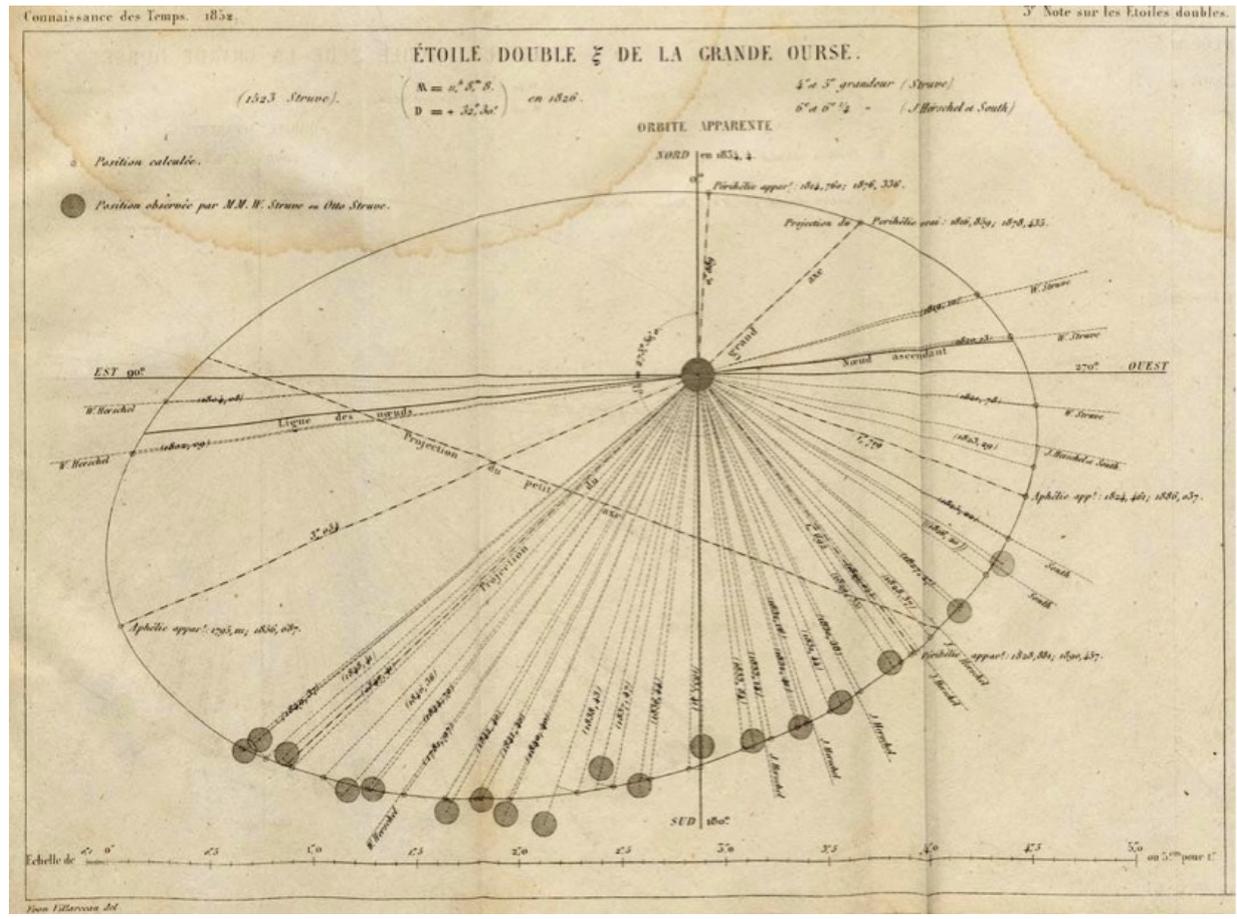


FIGURE 2 – L'orbite de l'étoile double de la Grande Ourse (CDT pour 1852).

### 2.2 Distance de la Lune aux étoiles

Le calcul de la distance de la Lune aux étoiles est important pour la détermination de la longitude en mer. Deux articles de la CDT traitent de ce sujet.

Dans les additions à la CDT pour 1821, p. 290-292, Bouvard publie une *Note sur le Catalogue des étoiles servant de fondement au calcul des distances à la Lune*, dans laquelle il redétermine les distances à la Lune de « neuf des principales étoiles du ciel » publiées dans la CDT, « en y faisant concourir les nombreuses observations dont l'Astronomie s'enrichit chaque jour ».

Largeteau publie dans les additions à la CDT, p. 87-89, une *Note sur le Calcul des distances de la Lune aux étoiles*, dans laquelle il donne « une petite table servant à trouver, pour un jour quelconque de l'année, les positions

apparentes de neuf étoiles dont on calcule la distance à la Lune ».

### 2.3 Catalogues d'étoiles et tables

Plusieurs articles de la CDT concernent la publication de catalogues d'étoiles, de tables et la comparaison de différents catalogues.

La position des étoiles était essentielle pour de nombreuses applications comme repères pour la réduction des observations et aussi pour la navigation. Très tôt la CDT publie les positions des étoiles fondamentales de référence. Leur nombre et la précision de leur position augmentèrent d'année en année. La conférence internationale de 1896 proposera une liste d'étoiles de référence commune à toutes les éphémérides. La CDT a pu-

Lettre d'information de l'IMCCE <https://www.imcce.fr/lettre-information/> : Le feuilleton

blié un catalogue d'étoiles fondamentales jusqu'en 1979.

Les additions à la CDT pour 1828 publient, p. 235-239, un *Catalogue d'étoiles australes* dû à Fallows (orthographié Fallow dans la CDT), directeur de l'observatoire du Cap.

Largeteau publie, dans les additions à la CDT pour 1833, p. 114-147, des *Tables de précession, d'aberration et de nutation, pour 65 étoiles principales*.

Les additions à la CDT pour 1846 contiennent, p. 60-68, un *Catalogue des Étoiles extraordinaires observées en Chine depuis les temps anciens jusqu'à l'an 1203 de notre ère*. Il s'agit d'un « extrait du livre 294 de la grande collection de Ma-touan-lin » traduit par Biot.

L'astronome allemand Auwers publie deux articles dans les additions à la CDT pour 1868. Dans le premier, *Tables pour réduire les déclinaisons de différents catalogues d'étoiles à un système fondamental* (p. 3-86), il explique que « le besoin de valeurs aussi approchées que possible pour les étoiles fondamentales m'a conduit à comparer un plus grand nombre de systèmes de déclinaison les uns avec les autres d'une manière plus rigoureuse qu'on ne l'a fait jusqu'à présent ». Dans le second, *Sur les déclinaisons des étoiles fondamentales* (p. 87-128), il rassemble toutes les déclinaisons des étoiles fondamentales « depuis Bradley jusqu'à l'époque la plus récente » afin de trouver « des valeurs aussi approchées que possible » de ces déclinaisons.

## 2.4 Observations

Plusieurs articles des additions à la CDT concernent des observations d'étoiles. Ces observations permettent de calculer des données propres aux étoiles (parallaxe, mouvement propre, coordonnées) ou de corriger les catalogues.

D'Assas- Montdardier publie dans les additions à la CDT pour 1831, p. 120-148, un *Mémoire sur la détermination de la parallaxe et du mouvement propre en déclinaison des étoiles, au moyen d'une nouvelle méthode d'occultations artificielles*. Ce mémoire fait l'objet, p.149-151, d'un *rapport* élogieux de Delambre fait au « Bureau des Longitudes, le 10 avril 1822 ». On y lit : « D'après

la nouveauté de ces résultats, nous ne nous hasarderons à tirer qu'une seule conclusion ; c'est que, les observations étant faites de part et d'autre avec des soins infinis et par des moyens extraordinaires et si différents, ces conséquences sont dignes de l'attention de tous les astronomes ; et qu'il est fort à désirer que les deux auteurs, en continuant ces recherches, en les dirigeant sur un plus grand nombre d'étoiles, puissent parvenir à dissiper tous les doutes et à décider enfin une question que jusqu'ici l'on s'accordait assez généralement à regarder comme insoluble ».

Laugier présente dans les additions à la CDT, p. 3-19, un *Mémoire sur les distances polaires de 140 étoiles fondamentales. Comparaison de ces distances polaires avec les positions normales déduites des distances polaires empruntées aux principaux Catalogues*. Il y explique comment, à partir de 3 000 observations faites à l'observatoire de Paris avec le cercle mural de Gambey, du 29 décembre 1851 au 26 janvier 1854, il calcule les distances polaires des étoiles fondamentales.

Kulczycky, directeur de l'observatoire de Port-de-France (Nouvelle-Calédonie) publie, dans les additions à la CDT pour 1867, p. 42-46, *Observations sur quelques étoiles circumpolaires du ciel austral*. Ses observations, faites entre 1860 et 1865, lui permettent de trouver quelques erreurs dans le Catalogue de l'Association Britannique.

Puiseux publie, dans les additions à la CDT pour 1875, p. 6- 18, une *Note sur le calcul des positions apparentes de l'étoile  $\lambda$  de la Petite Ourse* dont l'objet est « d'indiquer sur quelles bases ont été calculées pour les années 1872, 1873, 1874 et 1875 les positions apparentes de l'étoile  $\lambda$  de la Petite Ourse données dans la Connaissance des Temps ».

## 3 Conclusion

Les articles de la CDT que nous avons voulu mettre en lumière dans cet article illustrent à quel point la mécanique céleste a fait progresser aussi bien l'étude du mouvement des astéroïdes que celle des étoiles doubles. Ils montrent aussi comment les observations ont amélioré en permanence les catalogues d'étoiles et la précision de leurs coordonnées.