

La Connaissance des temps : un journal scientifique publié depuis 1679

Épisode 27 (et dernier) - La Connaissance des temps, hier, aujourd'hui et demain.

Nous arrivons au terme de notre lecture de plus de 344 ans de CDT. Nous avons ainsi pu voir l'évolution de cet ouvrage et sa pérennisation jusqu'à nos jours. Quels enseignements tirer d'une publication qui a paru sans interruption depuis 1679 ? Comment a-t-elle fait pour durer ? Quel avenir a-t-elle encore ? La lecture que nous en avons faite nous a apporté les explications et informations utiles pour comprendre cette longévité.

1 La CDT de sa création à la fin du XXe siècle

1.1 Les éphémérides

Dès sa création, la CDT propose des éphémérides, c'est-à-dire des informations sur les positions des astres principaux dans le ciel et sur tout ce qui en découle tels les phénomènes astronomiques (éclipses, ...) et les données liées à la mesure du temps. La CDT prend la suite des **tables rudolphines**, publiées en 1627 mais devenues obsolètes, et rompt avec les habitudes des almanachs très populaires qui mélangeaient astrologie et autres superstitions à des données astronomiques. Les choses sont dites clairement dans la CDT pour 1679 (le premier volume), l'ouvrage a été « épuré de toutes ces choses ridicules dont ces sortes d'ouvrages ont été remplis jusqu'à présent ». Cela sera rappelé dans la CDT pour 1785 où un historique des éphémérides est fait, tournant en ridicule les fabricants des éphémérides antérieurs à la CDT qui, bien qu'assez savants pour calculer les positions des astres prétendaient aussi prédire l'avenir : « Les premiers Calculateurs d'Éphémérides, assez savans pour déterminer avec exactitude les positions, les distances, les révolutions des Astres, n'ont pas été assez éclairés pour apprécier les prétentions chimériques de l'Astrologie judiciaire ».

La publication de la CDT fait suite à plusieurs faits marquants de cette deuxième moitié du XVII^e siècle. Les dirigeants politiques de l'époque, Louis XIV et Colbert, ont compris l'intérêt de la science qui donne aux pays qui la développent un avantage certain. La mauvaise qualité des cartes géographiques, la difficulté de la navigation en haute mer, l'importance de la mesure du temps, ne s'amélioreront qu'avec un développement planifié des connaissances scientifiques. En 1666, l'Académie des sciences est créée et en 1667, l'Observatoire de Paris est construit. Créée avec l'autorisation exclusive (« **avec Privilège de sa Majesté** », une protection contre les plagiat), la CDT va s'inscrire dans cette dynamique. Elle sera publiée sous la responsabilité directe de l'Académie des sciences à partir de la CDT pour 1702, puis

sous celle du Bureau des longitudes à partir de la CDT pour 1796.

La CDT va commencer avec moins de cent pages et ce nombre va augmenter régulièrement (voir l'**épisode 1**, figure 2). D'abord pour fournir plus de données et ensuite pour augmenter leur précision. Des éphémérides de position précises exigent plus de place ! Dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, la CDT va approcher les mille pages. Devant un tel volume, des choix devront être faits, en particulier la publication à part de données très spécifiques comme celles des éphémérides nautiques destinées aux marins. La CDT va se stabiliser au XX^e siècle autour de 600 pages jusqu'à la révolution électronique qui va bouleverser la fourniture des éphémérides.

1.2 Les additions à la CDT

Mais l'augmentation du nombre de pages de la CDT est due aussi à l'introduction dans la publication d'une partie, les « additions ». C'est dans la CDT pour 1789 qu'apparaissent pour la première fois ces additions : « **Cet Ouvrage** est divisé en deux Parties ; la première qui se distribue séparément, est principalement destinée aux Navigateurs... L'Ouvrage entier est composé de la première Partie & d'Additions dans lesquelles on a réuni les choses qui ne sont point indispensables pour les navigateurs, & celles qui ne peuvent intéresser que les Astronomes ». Dans cette CDT, la première partie contient 200 pages et la seconde, 178.

Ces additions vont, au fil du temps, devenir un véritable journal scientifique dépassant largement le cadre de l'astronomie et abordant la mécanique céleste, les mathématiques, la mécanique ou encore la physique. Les grands scientifiques de l'époque y publient articles ou mémoires : Laplace, bien sûr, omniprésent de 1770 à 1825, mais aussi Lagrange, Lalande, Poisson, Delaunay, Le Verrier, et bien d'autres astronomes et scientifiques plus ou moins célèbres. Les additions à la CDT pour 1849, par exemple, contiennent, l'article fondamental de Le Verrier, **Recherches sur les mouvements de la planète Herschel (dite Uranus)**, qui va conduire à la dé-

couverte de Neptune (cf. épisode 21). Dans cette CDT de 737 pages, les additions contiennent 260 pages.

2 La CDT de la fin du XIX^e siècle à aujourd'hui

2.1 De la fin du XIX^e siècle aux années 1980

Les additions à la CDT vont disparaître à partir de la CDT pour 1879, mais cela n'empêche pas la pagination d'augmenter : à la fin du XIX^e siècle, la CDT va approcher les mille pages. Devant un tel volume, des choix devront être faits. C'est ainsi qu'il sera décidé de publier à part certaines données très spécifiques comme l'explique l'avertissement de la CDT pour 1971 : « [Au cours du XIX^e siècle...] L'ouvrage était destiné à la fois aux astronomes et aux navigateurs. Mais leurs besoins s'étant différenciés, le Bureau des Longitudes a commencé la publication d'un extrait de la Connaissance des Temps à l'usage des astronomes et des navigateurs qui est devenu, en 1918, les Éphémérides Nautiques ». La CDT va se stabiliser dans la seconde moitié du XX^e siècle autour de 700 pages jusqu'à la révolution électronique qui va bouleverser la fourniture des éphémérides.

2.2 La révolution électronique

Avant l'apparition des calculateurs électroniques vers le milieu du XX^e siècle, le calcul des éphémérides reposait sur des calculs manuels. La fabrication des éphémérides nécessitait le travail d'une armée de techniciens, les « calculateurs du Bureau des longitudes » (cf. [épisode IX](#) et [épisode X](#)) équipés de tables de logarithmes. Les positions des astres étaient publiées sous une forme tabulée de jour en jour ou d'heure en heure, exigeant un grand nombre de pages imprimées. Pour obtenir une position précise, l'utilisateur devait interpoler les valeurs fournies pour la date exacte souhaitée.

L'arrivée des ordinateurs puissants permettait de s'affranchir du travail des « calculateurs » humains remplacés par du calcul électronique. Cependant, c'était toujours des positions tabulées qui étaient fournies à l'utilisateur qui ne disposait pas d'ordinateur permettant de calculer directement les positions des astres souhaitées. Par contre, les utilisateurs s'équipèrent rapidement de petites calculatrices de bureau pour réaliser les interpolations. Il apparut aux astronomes chargés de la CDT qu'il n'était pas très judicieux d'imposer un tel calcul aux utilisateurs. Les ordinateurs fabriquant la CDT pouvaient fournir d'autres données plus faciles à manipuler que des données tabulées. Sur un court intervalle de temps, les positions des planètes peuvent, par exemple, être décrites sous forme de polynômes du temps ou d'autres fonctions mieux adaptées. L'utilisateur n'a alors qu'à entrer la date souhaitée dans des équations simples pour

obtenir les positions recherchées. Cette nouvelle représentation des éphémérides se traduit donc par la publication de tableaux de nombres à entrer dans sa calculatrice pour ensuite obtenir facilement des positions avec une précision maximale. Diverses sortes de représentations ont été proposées selon le corps céleste considéré, sa vitesse de déplacement apparent sur la sphère céleste conditionnant la représentation choisie. La CDT passa ainsi de 700 pages à moins de 200 pour le [volume de 1980](#).

Les progrès des ordinateurs et de la numérisation des services provoquèrent une nouvelle mutation des éphémérides et de la CDT. En effet, les coefficients publiés dans la CDT furent bientôt fournis sur des supports électroniques directement lisibles par les calculatrices individuelles puis par les ordinateurs personnels. Plusieurs interrogations se firent jour : pourquoi une publication annuelle alors que l'on pouvait fournir des données pour plusieurs années sans problème ? Pourquoi une publication pour des éphémérides que l'on pouvait obtenir à la demande lors de la mise en place du réseau Internet ? La publication imprimée de données que l'on ne rentrerait pas dans son ordinateur en les recopiant manuellement n'était plus justifiée. Il fallut revenir aux fondamentaux de la publication de la CDT : un ouvrage de référence sur les éphémérides disponibles au moment de la publication. En effet, l'obtention d'éphémérides via Internet pose des problèmes de fiabilité aux utilisateurs. Il est important que les utilisateurs puissent vérifier les calculs accessibles sur Internet. La CDT a d'abord [publié des coefficients](#) permettant le calcul des positions par chaque utilisateur, puis, lorsque les coefficients sont devenus téléchargeables, on est revenu à des positions tabulées faites non pas pour être interpolées, mais pour servir de base de vérification des programmations réalisées par les utilisateurs à l'aide des nombreuses données diffusées sur Internet. Pour les satellites au mouvement très rapide, la CDT publie les positions des satellites aux heures les plus proches de l'élongation.

2.3 L'utilisation des coordonnées astrométriques

En 2022, un autre changement d'importance a eu lieu. Jusqu'alors, les éphémérides des planètes étaient fournies en coordonnées apparentes alors que celles de Pluton, des astéroïdes et des satellites naturels l'étaient en coordonnées astrométriques. Pourquoi cette différence ? Il faut rappeler pourquoi on publie des éphémérides. La CDT se veut la référence proposant les meilleures éphémérides. Ainsi, chacun souhaitant construire ses propres éphémérides ou plutôt une représentation d'un mouvement sur une période donnée, va tester son travail sur les données de la CDT. Mais les éphémérides sont avant tout destinées aux observateurs. Ceux-ci pourront pointer leurs instruments vers la planète souhaitée et, les observations étant faites, ils voudront calculer la différence entre leur observation et l'éphéméride et comprendre si

cette différence provient d'une mauvaise qualité de l'observation ou de l'éphéméride. Les progrès de la modélisation dynamique et de l'observation découlent de ce travail permanent. Dans quel repère veut-on alors les coordonnées des planètes ? Si on veut se rattacher à la Terre, le repère sera apparent. Si on veut se rattacher à un repère céleste (les étoiles), le repère sera astrométrique, ce sera celui du catalogue d'étoiles. Il est évident que, pendant longtemps, on a eu peu confiance dans les catalogues d'étoiles qui étaient d'ailleurs peu fournis et le repère apparent vrai de la date était plus facilement accessible. Mais depuis l'arrêt des instruments méridiens et l'arrivée de catalogues fiables et fournis comme le catalogue GAIA, les coordonnées apparentes ne sont plus utilisées. Elles le sont peut-être encore seulement pour le pointage des télescopes d'amateurs, mais l'annuaire du Bureau des longitudes, qui leur est adapté, continue à publier des coordonnées apparentes de plus faible précision, suffisantes pour leur besoin. La CDT publie désormais toutes les positions en coordonnées astrométriques. Les deux ouvrages sont complémentaires.

2.4 Les éphémérides concurrentes

La CDT a-t-elle des concurrents ? En France, l'annuaire du Bureau des longitudes publie aussi des éphémérides pour les astronomes amateurs et pour le public désireux de connaître les principaux phénomènes astronomiques à venir. Des particuliers et des associations d'amateurs publient aussi des éphémérides encore mieux adaptées aux amateurs. Dans le passé, des éphémérides concurrentes apparurent, mais pour une clientèle plus spécialisée, en particulier des éphémérides nautiques adaptées aux navigateurs. Qu'en est-il à l'étranger ? Chaque pays possède ses propres éphémérides adaptées à sa population, mais ce ne sont pas des éphémérides originales. La base des calculs provient d'éphémérides originales comme la CDT. Jusqu'à la fin du XX^e siècle, des pays comme la Grande-Bretagne, les USA, la Russie, la Chine et le Japon participaient à l'élaboration d'éphémérides originales et échangeaient des données avec leurs partenaires. Il est apparu ensuite qu'il n'était pas nécessaire que tous fassent les mêmes éphémérides et aujourd'hui, seuls les USA (Jet Propulsion Laboratory/NASA) et la France (BDL/IMCCE) sont en mesure de fabriquer des éphémérides originales indépendantes des autres éphémérides. Ces deux sources indépendantes sont indispensables, permettant des vérifications mutuelles en permanence. Ainsi, toutes les éphémérides publiées dans le monde reposent plus ou moins sur l'une ou l'autre de ces éphémérides originales. La Russie et la Chine tentent de conserver leurs propres éphémérides mais sont obligées, lors de la construction des modèles, d'utiliser certaines ressources externes.

2.5 La CDT aujourd'hui

La CDT a maintenant trouvé sa forme de publication optimale pour notre époque : une publication annuelle pour

des professionnels **sous forme électronique**, cependant imprimable à la demande. Cette publication annuelle permet d'avoir un rendez-vous régulier pour la mise à jour des éphémérides qui évoluent sans cesse. La CDT ne contient plus d'additifs. Outre le fait que les publications scientifiques se font dans des revues internationales adaptées, les explications détaillées sur les éphémérides ont fait l'objet en 1997 de la publication d'un ouvrage très spécialisé, *l'Introduction aux éphémérides astronomiques* donnant, tel un cours de mécanique céleste, toutes les informations nécessaires à qui souhaiterait se lancer dans la production d'éphémérides. Pour chacun des corps principaux du Système solaire, on trouvera des données indispensables sur les systèmes de référence, sur les meilleures méthodes de modélisation de leur mouvement, sur les techniques d'observation et d'ajustement des constantes. L'évolution naturelle de nos connaissances rend rapidement obsolètes certaines données. Aussi, en 2021, il est devenu indispensable de publier un nouvel ouvrage *l'Introduction aux éphémérides et aux phénomènes astronomiques* qui est une réécriture complète de l'ouvrage de 1997 avec de nombreux ajouts sur des thèmes souhaités par les lecteurs. La CDT est là maintenant pour fournir la mise à jour de ces données et tenir les utilisateurs au courant de l'évolution des éphémérides.

3 La CDT demain

La pérennité de la CDT vient du fait que l'on a toujours besoin d'éphémérides de référence et des éléments nécessaires pour fabriquer ses propres éphémérides. Le besoin en précision, demandé par les missions spatiales est permanent. La CDT, qui intéresse surtout les chercheurs en mécanique céleste et quelques amateurs de calculs, sera toujours là pour faire le point sur les éphémérides de l'année, donner « l'état de l'art ». C'est dans la CDT que l'on trouvera les informations sur l'état des éphémérides à la date de l'ouvrage, complétant ou mettant à jour les données publiées dans *l'Introduction aux éphémérides*. C'est peut-être là sa plus grande utilité. Les progrès des éphémérides font rarement l'objet de publications dans les revues scientifiques et c'est dans les publications des éphémérides elles-mêmes que l'on saura à partir de quels travaux scientifiques ces éphémérides ont été élaborées. Ainsi, dans l'avenir, des articles scientifiques spécialisés dans le domaine des éphémérides et de la mécanique céleste associée pourraient y être publiés, comme ce fut le cas jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Une autre information utile serait la précision de l'éphéméride selon l'époque du calcul. La précision de l'éphéméride donnée actuellement ne reflète qu'imparfaitement la précision réelle qui varie et se dégrade dans le temps.

Depuis quelques années, **la CDT est proposée gratuitement sous forme électronique** sur le site Internet de l'IMCCE. Pour ceux qui le souhaitent, en particulier les bibliothèques qui veulent garder la mémoire des éphé-

méridés d'année en année, il est possible de faire imprimer l'ouvrage à la demande pour un prix modique. Cette solution est certes moins onéreuse qu'une publication normale avec vente au public, mais le petit nombre d'exemplaires publiés ne permettra jamais un équilibre économique, ce qui n'est d'ailleurs pas l'objectif de la publication. Ainsi, la publication annuelle est maintenant un ouvrage qui contient des valeurs numériques permettant des vérifications aux utilisateurs d'éphémérides, des textes faisant le point sur les éphémérides disponibles (sous tout support) et des articles scientifiques présentant les derniers travaux réalisés pour l'amélioration des éphémérides et des constantes utilisées.

La CDT a bien changé depuis sa création en 1679, mais elle reste l'ouvrage annuel fournissant les informa-

tions nécessaires pour utiliser les meilleures éphémérides du moment.

4 Conclusion

Nous sommes donc au dernier épisode de cette lecture de 344 ans de publication de la Connaissance des temps et nous espérons avoir montré que la CDT n'est pas une simple publication de tables annuelles vite oubliées. C'est aussi l'histoire des éphémérides. Des études plus poussées sur certaines thématiques transversales de la CDT sont disponibles à l'adresse : <https://cdt.imcce.fr>

Tous les épisodes publiés dans la lettre d'information de l'IMCCE ont été réunis dans un ouvrage numérique unique qui sera bientôt disponible et sera annoncé dans notre lettre d'information.

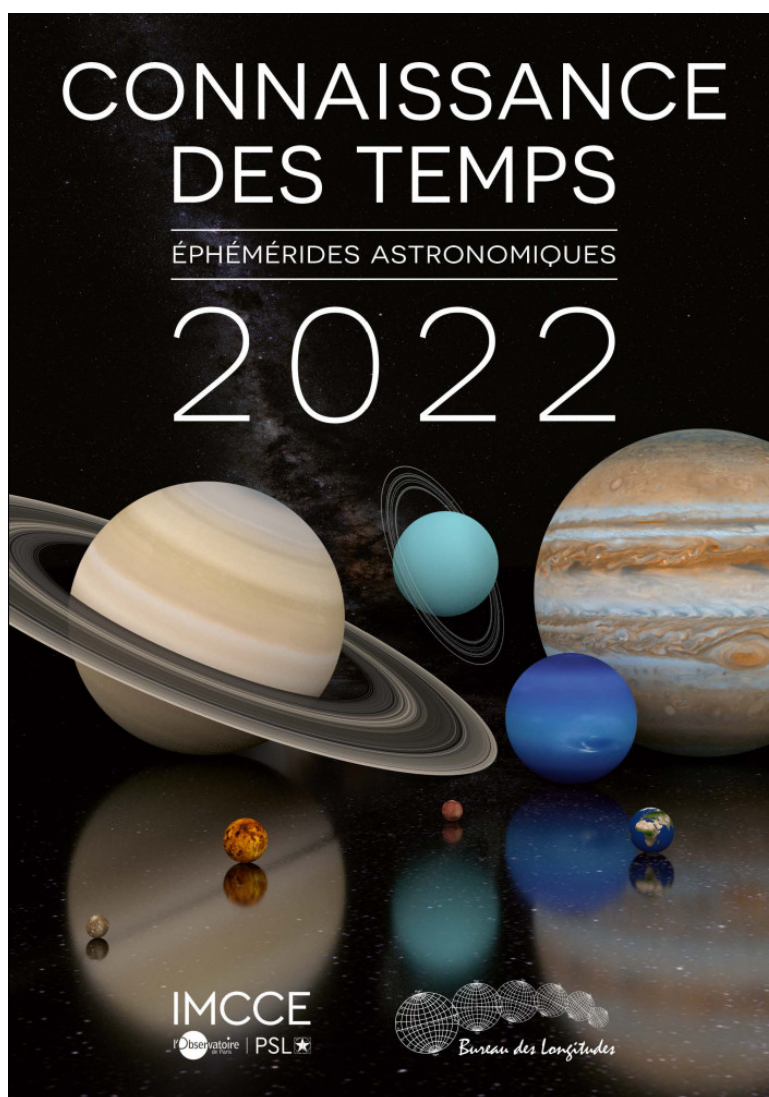


FIGURE 1 – Couverture de la Connaissance des temps 2022.