

Précession et nutation, Volume I/7 des Œuvres complètes de d'Alembert
M. CHAPRONT-TOUZÉ, J. SOUCHAY
CNRS, 2006. 490 p. ISBN : 978-2-271-06456-1 . 60 €

Toutes sortes de lecteurs peuvent s'intéresser aux Œuvres complètes de d'Alembert et en particulier à leur volume I/7, *Précession et nutation*, publié sous la direction de Michelle Chapront-Touzé et Jean Souchay : historien-ne-s des sciences, mécanicien-ne-s célestes, astronomes, mathématicien-ne-s. Cette recension, écrite pour la *Gazette des mathématiciens*, s'adresse donc à ces derniers, sans présupposer chez eux de connaissances en astronomie ou en histoire.

Il est question ici de *précession* et de *nutation* – du mouvement de la Terre autour de son centre de gravité. Il y a le plan de l'écliptique, celui de l'orbite (elliptique, comme nous l'a appris Kepler) de la planète autour du Soleil. Il y a la direction perpendiculaire à ce plan, appelée ici, très improprement, « verticale¹ » (entre guillemets). On le sait, cette « verticale » n'est pas la direction de l'axe de rotation de la Terre, celui qui joint les pôles Sud et Nord : ces deux directions font entre elles un angle d'environ 23°, et cette inclinaison fait qu'il y a des saisons, et

¹ La verticale du point où vous êtes lorsque vous lisez cet article, c'est la direction de la droite joignant ce point au centre de la Terre, tous les astronomes vous le diront.

entre celles-ci des équinoxes². Voir la figure 1. Le mouvement de la Terre autour de son centre est assez compliqué. Principalement, c'est un mouvement de rotation : la Terre tourne autour de son axe. Plus caché mais bien réel est le mouvement de précession de l'axe : l'axe de la Terre décrit un cône de révolution autour de notre « verticale ». Avec quelques conséquences : la précession... des équinoxes

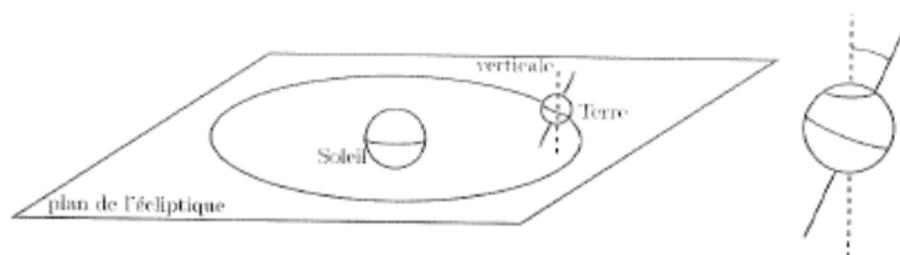


FIG. 1. La position de l'axe de la Terre par rapport au plan de l'écliptique

– fait bouger les saisons (dans 13 000 ans, le mois d'avril sera en automne³),
 – elle fait aussi bouger les étoiles, l'extrémité de l'axe décrit un petit cercle sur cette sphère idéale qu'est la voûte céleste⁴. Voir la figure 2. Aujourd'hui, le point de ce cercle où en est l'axe est près de l'étoile polaire (*Alpha Ursae Minoris*) mais il y a cinq mille ans, c'était α du Dragon (*Alpha Draconis*)... cinq mille ans, à l'échelle de l'histoire des observations astronomiques, c'est loin d'être l'éternité, et lorsqu'avril sera en automne, c'est Véga de la lyre qui nous (?) indiquera le nord. Avant de revenir à cette histoire, évoquons enfin la partie la plus cachée du mouvement de notre planète, la nutation. En réalité, ce n'est pas tout à fait un cône de révolution que décrit notre axe de rotation, il y a des petits festons, des oscillations, *nutare*⁵, écrit Newton dans les *Principia* en 1687, *nutation*, inventé en français Émilie du Châtelet, en 1759⁶, *nutation*, a déjà écrit en anglais Bradley, en 1728. Si la période de la précession (25 800 ans) est longue, la nutation est un phénomène ténu : la période n'est que de 18,6 ans, mais l'amplitude est minuscule, 17'' (secondes d'arc).

C'est donc de précession et de nutation que s'occupe d'Alembert dans son mémoire de 1749 – après Newton dans les *Principia* soixante-deux ans plus tôt. Ce mémoire représente la plus grande part du volume I/7, qui contient aussi, notamment, le rapport écrit sur ce mémoire par les académiciens qui l'ont examiné, Clairaut et de Montigny, et des observations faites par d'Alembert sur des mémoires d'Euler).

² Ou des solstices.

³ *April in Paris* ne verra plus les *chestnuts in blossom*, mais les marrons luisants tombés à terre... une prédiction très optimiste quant à l'avenir de la planète.

⁴ Le cône coupe cette sphère en deux cercles, bien sûr, mais il y a une bonne raison (autre que géopolitique) de s'intéresser ici de préférence au ciel boréal : les étoiles proches de la direction du sud sont beaucoup moins brillantes que celles citées ici.

⁵ chanceler, vaciller, osciller, dit le *Gaffiot*.

⁶ Lorsque l'on dit qu'Émilie du Châtelet a traduit les *Principia* en français, ce qui est vrai, on oublie peut-être de penser qu'il s'agit d'une traduction du latin, et donc aussi de la toute première traduction en langue vulgaire.

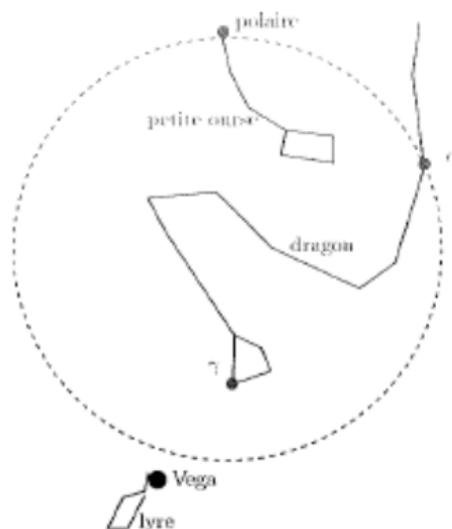


FIG. 2. Les différentes étoiles « polaires » au cours du temps

Tout le monde est d'accord, la Terre est un sphéroïde aplati (de combien ? tout le monde n'est pas d'accord). Tout le monde est d'accord, si l'on coupe ce sphéroïde (incliné, comme on l'a dit plus haut) en deux par le plan de l'écliptique, les deux moitiés, n'étant pas à la même distance du Soleil, ne sont pas attirées par lui de la même manière (ici, nouveau désaccord, pour quantifier cette différence : considérer la Terre comme homogène ou pas ?). Tout le monde est encore d'accord, l'attraction de la Lune doit jouer son rôle elle aussi (mais en quelle proportion de celle du Soleil ?).

Très schématiquement, Newton considérait la Terre comme un sphéroïde aplati, la différence entre le grand axe et le petit étant de $1/230$, et aussi comme un milieu homogène. Partant de ces modèles, il a fait des calculs et obtenu des résultats numériques.

Et puis, il est mort, en 1727, au moment où un astronome britannique, James Bradley, équipé d'un « secteur zénithal », appareil permettant de déterminer très précisément la position des étoiles proches du zénith, et qui observe donc γ du Dragon (*Gamma Draconis*, au zénith de Londres)... et ce qu'il observe, c'est la nutation, avec ses $17''$ d'amplitude pour sa période de 18,6 ans, beaucoup moins apparente que ce que Newton avait prévu (une période de quinze jours), il attend d'avoir observé une période entière pour rendre ses observations publiques (1747–48). Entre temps, l'Académie des sciences de Paris a envoyé deux équipes⁷ mesurer un degré du méridien terrestre, l'une en Laponie (un peu au-dessus du cercle polaire, vers 66° de latitude), l'autre près de l'équateur (en Équateur, justement), leurs observations fournissant une différence de $1/178$ entre les axes – la Terre devenait beaucoup plus aplatie que ne l'avait cru Newton.

⁷ En ce temps-là, la science était une activité dangereuse, romanesque et aventureuse. Maupertuis et Clairaut (pour ne citer que les noms qui ont des chances d'être connus des lecteurs) ont vraiment passé plus d'un an à trianguler et mesurer le méridien terrestre près du pôle.

Et d'Alembert reprend tout ça, plus le fait que la Terre n'est pas homogène, avec beaucoup de difficultés, le problème « m'a coûté beaucoup plus qu'aucun de ceux que j'ai jamais résolus », écrira-t-il et, si vous voulez savoir la suite, eh bien lisez son mémoire...

... et les excellentes notes qui l'accompagnent, et surtout l'introduction qui le précède, à la fois savante, documentée, rigoureuse, et aussi passionnante qu'un bon roman, de la découverte de la précession des équinoxes par Hipparque, astronome grec^B du II^e siècle avant JC, à ce dont il a été question plus haut, en passant par Newton, Bradley, Maupertuis, les « vraies » mesures de la Terre, l'effet de la guerre de succession d'Autriche sur la communication entre les scientifiques, les différents modèles que d'Alembert a essayés, l'utilisation du « principe de d'Alembert » (conservation de la quantité de mouvement), l'invention de l'axe instantané de rotation, la discussion de la théorie de Newton, la polémique avec Clairaut, et j'en passe.

Quelques mots (pour terminer) sur la présentation matérielle du volume. Comme pour les autres volumes parus des Œuvres complètes, elle est parfaite, et en particulier d'une lisibilité très agréable.

Michèle Audin,
Université de Strasbourg et CNRS