

ORIGINES DU BUREAU DES LONGITUDE (suite et fin)

IV-LES GEOMETRES

Le Bureau des Longitudes avait ainsi un rôle très utilitaire. Mais l'astronomie pratique ne se perfectionnerait que si l'astronomie théorique se développait. C'est pourquoi Lagrange et Laplace furent nommés géomètres.

1-Le plus grand géomètre de l'Europe

Joseph-Louis Lagrange naquit à Turin en 1736 d'un petit-fils de Français au service du Duc de Savoie. Il commença par des études de philosophie classique puis s'intéressa aux géomètres anciens. La lecture d'un mémoire de Halley sur la supériorité de la méthode analytique sur la méthode géométrique décida de son avenir. A 17 ans, sans fortune, il travailla seul; il parvint en deux ans à dominer jusqu'aux plus récentes découvertes mathématiques. A 19 ans, il enseignait les mathématiques à l'école de l'artillerie tout en entretenant des relations avec les géomètres les plus illustres auxquels il envoyait des travaux sur les différentielles et les intégrales. Une *Méthode des variations* lui acquit l'amitié d'Euler. Grâce à d'Alembert, il séjourna brièvement en France où il remporta successivement le prix de l'Académie sur la *Théorie de la libration de la Lune* en 1764 (dans cette pièce, il jette la base de sa future mécanique analytique) et le prix sur la *Théorie des satellites de Jupiter* en 1766.

Soutenu par d'Alembert, Euler le désigna comme son successeur à la direction de la classe de mathématiques de l'Académie de Berlin où il vécut de 1766 à 1787. La mort du roi Frédéric II provoqua quelques modifications dans sa position. Il fut admis en France, à titre exceptionnel, pensionnaire vétéran à l'Académie des Sciences aux séances de laquelle il fut très assidu.

C'est donc en France que son ouvrage fondamental, auquel il travaillait depuis très longtemps, vit le jour en 1788: *La Mécanique analytique*. Lagrange y expose une méthode de résolution de l'ensemble des problèmes de physique en généralisant l'emploi de la notation différentielle. La France s'énorgueillissait d'abriter "le plus grand Géomètre de l'Europe". S'il fallait retenir deux noms de mathématiciens au XVIIIe siècle, ce serait ceux de Euler, mort en 1783, et de Lagrange.

Entièrement dévoué aux causes de la Nation, il se tint cependant éloigné des factions politiques. Outre sa nomination au Bureau des Longitudes, il enseigna à l'Ecole normale de l'an III puis à l'Ecole polytechnique.

Esprit très abstrait, d'une érudition et d'une mémoire étonnante, il ne jetait sur le papier que des formes achevées. Seule la théorie l'intéressait; il était indifférent au commerce des astronomes ou des calculateurs exercés. Il acheva la révolution analytique commencée par Euler en faisant disparaître toute considération géométrique. Ses équations fondamentales restent la base de la

mécanique classique encore enseignée dans nos écoles; elles ont nourri les travaux de Laplace dont la *Mécanique céleste*.

Un savant écossais écrivait en 1808:

"Après la découverte faite par Newton de la loi générale des mouvements des corps célestes, celle de Lagrange est la plus belle de l'astronomie physique et sous les rapports des causes finales comme la plus grande de toutes."

Rappelons brièvement les connaissances et les difficultés de l'astronomie théorique au XVIII^e siècle. La direction d'un astre est définie par deux coordonnées, l'ascension droite et la déclinaison, relativement aux plans fondamentaux de référence que sont les plans de l'écliptique et de l'équateur céleste. Mais ni ces deux plans ni la Terre ne sont fixes. La direction vraie de l'astre est donc affectée de plusieurs irrégularités qui furent découvertes peu à peu. Bradley découvrit ainsi l'aberration des fixes dû au mouvement annuel de la Terre; l'effet de précession avait été expliqué par Newton et était dû au mouvement des plans fondamentaux (effet séculaire donc cumulatif); il s'y ajoutait un effet périodique que Bradley définit en 1737 comme l'effet de nutation (oscillation de l'axe de la Terre) dû à la variation des noeuds de la Lune qui fait osciller les coordonnées autour des valeurs moyennes. Il fallait tenir compte de l'ensemble des perturbations pour réduire chaque observation.

Le mouvement des planètes était connu grâce aux lois de Kepler. Au XVIII^e siècle, on s'attacha à étudier les orbites des comètes et le mouvement de la Lune. On avait constaté une accélération séculaire de la Lune; en conséquence, elle devait peu à peu tomber sur la Terre. En 1787, Laplace relia cette inégalité à une légère variation de l'excentricité de l'orbite terrestre qu'il avait déterminée; il montra qu'elle constituait une perturbation périodique très faible, insensible, sur plusieurs millénaires. Les tables de la Lune si nécessaires aux navigateurs étaient déterminées de façon expérimentale. Les observations devaient fournir tous les coefficients des inégalités. L'étude analytique du mouvement de la Lune ne pouvait se séparer des recherches sur les perturbations.

D'autre part, si l'action mutuelle des planètes n'est pas négligeable - disait Newton - l'intervention divine devait être nécessaire pour maintenir l'équilibre du système planétaire. En réalité le désordre lié aux perturbations est limité et concerne surtout la Lune. Lagrange eut donc le mérite de bien poser le problème et de le résoudre en introduisant une fonction perturbatrice qui permit d'augmenter la précision des résultats. On verra plus loin comment Laplace répondit à ce problème.

Ainsi le Bureau des Longitudes s'était-il attaché le plus grand analyste de son époque. On ne pouvait que l'associer à un autre savant de très grande valeur: Pierre-Simon de Laplace.

2-Un astronome théoricien: P.S. de Laplace

Pierre-Simon de Laplace est né en Normandie en 1749. Il est d'origine humble. Attiré par les études, il commence par la théologie pour se tourner rapidement vers les mathématiques. Sur recommandation, il essaya sans succès de rencontrer d'Alembert dont les travaux mathématiques étaient universellement reconnus. Il lui écrivit alors une lettre remarquable sur les principes généraux de la mécanique; d'Alembert reconnut là un esprit puissant et brillant; il le convoqua immédiatement. A vingt ans, le voilà nommé professeur de mathématiques à l'Ecole militaire. Pendant 60 ans, il allait travailler dans tous les domaines de la physique dont il perfectionna l'analyse mathématique et s'attacha à résoudre maints problèmes d'astronomie théorique.

Lorsqu'il arriva à Paris, en 1770, nous venons de voir que les problèmes astronomiques à résoudre étaient d'ordre mathématique. Résumons: la loi de gravitation qui s'impose de plus en plus nettement comme **FAIT**, reste inexpliquée. Est-elle d'ailleurs explicable? Les observations multiples et diverses conduisent à sa validité; elle est étonnante de prédictivité! La nouvelle conception du comportement logique de l'Univers repose sur la notion de **LOI** physique expliquant l'ordre et non plus sur celle d'un ordre préétabli. Aussi dès que Laplace s'attaqua à ces problèmes, se présenta-t-il autant comme mathématicien que comme philosophe. Dans ses travaux il veut:

- rendre aussi précise que possible l'adéquation entre les observations astronomiques et les résultats des déductions possibles de la théorie newtonienne; il faut pour cela rechercher de nouvelles méthodes d'analyse; il s'appuie donc sur les travaux d'Euler et de Lagrange;
- tenter de réduire l'écart entre les lois du mouvement et la loi de la gravitation; la loi de la gravitation doit s'appliquer aussi bien à la description des corps célestes qu'à celle de leur mouvement; aux phénomènes terrestres qu'aux phénomènes célestes;
- suggérer que les lois qui maintiennent l'ordre sont aussi capables de le créer d'où des suppositions sur la genèse du système solaire en faisant appel à une théorie probabiliste.

Les vingt premières années (1771-1793) de sa vie publique furent les années de production de ses grandes idées et de ses travaux les plus brillants. Il consacra point par point la théorie newtonienne, notamment il expliqua la stabilité et la perennité du système solaire; une intervention extérieure n'était pas nécessaire; il posa les bases du Système du Monde. Professeur à l'Ecole

normale de l'AN III, en 1795, il se sentait capable de présenter sa conception du Monde au public.

Laplace, comme beaucoup de savants de cette époque, participe du XVIIIe siècle par son athéisme, son irréligion et son humanisme. Mais à partir des années 1795, fort des certitudes de sa science, l'homme se transforma peu à peu en homme de pouvoir intellectuel, sorte de technocrate de la pensée scientifique. Après l'innovation florissante de la création mathématique de la fin du XVIIIe siècle, il abordait avec une mathématique structurée, contrôlée, plus rigoureuse dans ses définitions et son langage, le XIXe siècle.

Comblé d'honneurs - dont il était par ailleurs très avide - de titres par les différents gouvernements auxquels il sut rendre hommage, il disparut en 1827 après avoir vu les rééditions successives et corrigées de nombre de ses oeuvres dont la *Mécanique céleste* et l'*Exposition du Système du Monde*.

L'*Exposition du Système du Monde*, parue pour la première fois en 1796 et que son auteur remania pendant plus de vingt ans, comporte cinq livres suivis de sept courtes notes.

Successivement, du livre I au III, il traite des mouvements apparents des astres puis de leurs mouvements réels enfin des lois du mouvement des corps.

Au livre IV, il expose la théorie de la gravitation universelle. Le chapitre XVII est une réflexion sur ce qu'il nomme la "loi de pesanteur universelle". Dans une magnifique synthèse, il expliqua le système solaire par le principe fondamental de la gravitation. Le dernier livre rappelle succinctement les grandes étapes de l'histoire de l'astronomie.

La dernière note, prudente dans sa forme, lui permit de suggérer un modèle de formation de ce système solaire, modèle encore souvent cité aujourd'hui:

La nébuleuse primitive s'étendait aux confins du système solaire. Les planètes ont été formées à ses limites successives par la condensation des zones de vapeurs qu'elle a dû, en se refroidissant, abandonner dans le plan de son équateur.

Prônant le rôle de l'expérience, la considération des faits et seulement des faits, exposant un des premiers une définition d'une théorie physique, soustrayant la Nature à des contingences d'un ordre extérieur aux lois physiques, Laplace se pose comme maître à penser.

Terminons cette étude des conditions de création du Bureau des Longitudes par un extrait de ce livre, extrait dont le contenu rejoint les objectifs que s'était donnés cette dernière institution:

"La théorie de la pesanteur, devenue par tant d'applications, un moyen de découvrir, aussi certain qu'elle-même, a fait connaître ces lois et beaucoup d'autres dont les plus remarquables sont la grande inégalité de Jupiter et de Saturne, les équations séculaires des mouvements de

la Lune par rapport au Soleil, à ses noeuds et à son périégée, et le beau rapport qui existe entre les mouvements des trois premiers satellites de Jupiter.

Par ce moyen le géomètre a su tirer des observations, comme d'une mine féconde, les éléments les plus importants de l'Astronomie, qui sans l'analyse, y resteraient éternellement cachés. Il a déterminé les valeurs respectives des masses du Soleil, des planètes et des satellites, par les révolutions des différents corps, et par le développement de leurs inégalités périodiques et séculaires. La vitesse de la lumière et l'ellipticité de Jupiter lui ont été données par les éclipses des satellites, avec plus de précision que par l'observation directe. Il a conclu la rotation d'Uranus, de Saturne et de son anneau, et l'aplatissement de ces deux planètes, de la position respective des orbes de leurs satellites. Les parallaxes du Soleil et de la Lune, et l'ellipticité même du sphéroïde terrestre, se sont manifestées dans les inégalités lunaires; (...) enfin, par une combinaison heureuse de l'analyse avec les observations, la Lune qui semble avoir été donnée à la Terre, pour l'éclairer pendant les nuits, est encore devenue le guide le plus assuré du navigateur qu'elle garantit des dangers auxquels il fut exposé longtemps par les erreurs de son estime. La perfection de la théorie lunaire, à laquelle il doit ce précieux avantage et celui de fixer avec exactitude la position des lieux où il atterrit, est le fruit des travaux des géomètres, depuis un demi-siècle; et pendant ce court intervalle, la Géographie, accrue par l'usage des tables lunaires et des montres marines, a fait plus de progrès, que dans tous les siècles précédents. Ces théories sublimes réunissent ainsi tout ce qui peut donner du prix aux découvertes; la grandeur et l'utilité de l'objet, le fécondité des résultats, et le mérite de la difficulté vaincue"(p.532).

CONCLUSION

Lorsqu'on lit le programme exposé par l'abbé Grégoire pour justifier la création du Bureau des Longitudes en 1795 et celui proposé par Cassini au roi en 1784, on est frappé par la similitude des deux desseins. Cette réforme du fonctionnement de l'astronomie en France était indispensable à la fin du XVIIIe siècle. Le Bureau des Longitudes, création de la République, était déjà dans son principe dans le projet de Cassini IV. Il donna à l'astronomie française une solide organisation et une réelle efficacité. On sait ce qu'il en est depuis 1795.

UNITES

1 toise = 6 pieds = 1,949 036 6 m; 1 pied = 12 pouces = 0,324 839 4 m
1 pouce = 12 lignes = 2,706 995 cm; 1 ligne = 0,225 583 cm
1 pied de France = 1,065 pieds d'Angleterre

BIBLIOGRAPHIE

NAISSANCE DU BUREAU DES LONGITUDES

(ABBE GREGOIRE) in GUILLAUME James: *Procès-verbaux du Comité d'Instruction publique de la Commission nationale*, tome IV.

Bureau des longitudes: *Connaissance des temps pour 1796 et suiv.*

HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

LALANDE, J.: *Astronomie*. 3eme édition, 3t., 1792.

MONTUCLA, J.B.: *Histoire des Mathématiques*. Paris, 1799-1802, 4 vol, t III et IV.

BIGOURDAN, G.: *Histoire de l'astronomie d'observation et des observatoires en France*. Paris, Gauthier-Villars, 2vol., in 4°, 1918 & 1930, t.II.

ARAGO, F.: *Astronomie populaire*. Paris, Gide et Baudry, 1854, 4vol.

CANDOLLE, A.de: *Histoire des Sciences et des Savants depuis deux siècles*. Genève, 1873. Rééd. 1987, Fayard.

LEBON, E.: *Histoire abrégée de l'Astronomie*. Paris, Gauthier-Villars, 1899.

HUMBERT, P.: *De Mercure à Pluton*. Paris, Albin-Michel, 1937. In°12, 290 pages. Importante partie historique.

WOLF, C.: *Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793*. Paris, Gauthier-Villars, 1902.

ETUDES ACTUELLES:

TATON, R.: *Histoire générale des sciences*. Paris, PUF, 1969. T.II.

CELNIKIER, L.M.: *Histoire de l'astronomie*. Paris, Ed. Lavoisier, 1986.

MERLEAU-PONTY, J.: *La science de l'Univers*. Paris, Vrin, 1983.

ASTRONOMIE THEORIQUE

LAPLACE, P.: *Oeuvres complètes*. Paris, Gauthier-Villars, 1878-1912. 14 vol. in 4°. T. I à V: *Traité de Mécanique céleste*. 1ère éd. 1799-1823. T. VI: *Exposition du Système du Monde*. 1ère éd. 1796.

DANJON, A.: *Astronomie générale*. Paris, Blanchard, 2de éd. 1980.

LES INSTRUMENTS DE MESURE

BENNETT, J.A.: *The divided circle, a history of instruments for astronomy, navigation and surveying*. Oxford, Phaidon-Christie's, 1987.

CARDINAL, C.: *Ferdinand Berthoud (1727-1807), Horloger mécanicien du Roi et de la Marine*. La Chaux-de-Fonds, Suisse, MIH, 1984.

DANJON, A. & COUDER, A.: *Lunettes et Télescopes*. Paris, Blanchard, rééd. 1979.

DAUMAS, M.: *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*. Paris, PUF, 1953.

TURNER, A.: *Early scientific instruments, Europe, 1400-1800*. New-York: Sotheby's publications, 1987.

LA FORME DE LA TERRE

Académie des Sciences: *La Figure de la Terre du XVIIIe siècle à l'ère spatiale*. Dir. H. LACOMBE et P. COSTABEL. Paris, Gauthier-Villars, 1988.

DELAMBRE, J.B.: *Grandeur et Figure de la Terre*. Ed. BIGOURDAN. Paris, Gauthier-Villars, 1912. In 8°, 402 p., 31 fig.

GUEDJ, D.: *La Méridienne: 1792-1799*. Paris, Seghers, 1987.

LES GRANDES EXPEDITIONS MARITIMES

GAZIELLO, C.: *L'expédition de Lapérouse (1795-1788), réplique française aux voyages de Cook*. Paris, CTHS, 1984. 324 p., 12 ill., 6 cartes.

RICHARD, H.: *Le voyage de d'Entrecasteaux à la recherche de Lapérouse*. Paris, CTHS, 1986. 376 p.

BALCOU, J.: *La mer au siècle des Encyclopédies*. Ouvrage collectif, actes du colloque de Brest, septembre 1984. Paris-Genève, Champion-Slatkine, 1987.

**BIENTOT DISPONIBLE, LA SERIE DE DIAPOSITIVES D5 DU CLEA
"RETROGRADATION DE MARS"**

Le "Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA" continue son travail de mise au point et de production de documents pédagogiques.

Après la série de diapositives D4 : "Initiation aux Constellations" réalisée par Cécile Decaux-Schulman, une nouvelle série est en cours de réalisation par Daniel Toussaint. Elle donne les moyens de mettre en évidence la "boucle de Mars", lors de l'opposition de 1990-1991 et de l'interpréter.

A commander au secrétaire, au tarif habituel (55 francs, frais de port inclus).