

La Connaissance des temps : un journal scientifique publié depuis 1679

Épisode 26 - La physique et la mécanique au XIX^e siècle, deuxième partie : durée du jour, théorie des fluides élastiques, vitesse du son, capillarité, atmosphère terrestre, magnétisme, théorie de la chaleur, théorie de la percussion des corps.

Dans cette deuxième partie traitant des articles publiés dans les additions à la CDT au cours du XIX^e siècle et concernant la physique et la mécanique, nous abordons des thèmes dont certains ont peu de liens avec la mécanique céleste. Il nous a semblé cependant intéressant de les mentionner. Ce sont la durée du jour, la théorie des fluides élastiques, la vitesse du son, la capillarité, l'atmosphère terrestre, le magnétisme, la théorie de la chaleur et la théorie de la percussion des corps. Nombre de ces articles sont dus à Laplace.

1 Durée du jour

Dans les additions à la CDT pour 1823, Laplace publie :

- un mémoire, p. 245-257, *Sur la Diminution de la durée du jour, par le refroidissement de la Terre*, dans lequel il montre « l'analogie de la théorie de la chaleur avec celle de l'attraction des sphéroïdes ». Il y considère que les éclipses anciennes ne montrent pas un ralentissement de la rotation de la Terre mais déduit du refroidissement permanent de la Terre que celle-ci voit sa rotation autour de son axe accélérer ;
- une « addition » à ce mémoire, p. 324-327.

À l'époque, la variation de la durée du jour n'était pas évoquée au niveau de la mécanique céleste. Tous les mouvements étaient construits sur la base de la constance de la rotation de la Terre. La précision de mesure n'était pas suffisante pour détecter ce qui sera une augmentation de la durée du jour et non pas une diminution.

2 Théorie des fluides élastiques

Laplace a publié dans la CDT plusieurs articles concernant la théorie des fluides élastiques qui font suite à sa théorie, publiée en 1805 et connue sous le nom de loi de Laplace pour la mécanique des fluides. Dans les additions à la CDT pour 1824, p. 328-343, il publie un mémoire *Sur l'attraction des Sphères, et la répulsion des fluides élastiques* lu à l'Académie des sciences le 10 septembre 1821. Il établit des formules qui « s'appliquent évidemment à la répulsion des fluides élastiques contenus dans des enveloppes sphériques, pourvu que la densité du fluide soit partout la même ».

Dans les additions à la CDT pour 1825, il publie plusieurs mémoires.

- *Développement de la Théorie des fluides élastiques et application de cette théorie à la vitesse du son* (p. 219-227), où il énonce que « la Théorie de ces

fluides consiste à regarder chacune de leurs molécules comme un petit corps en équilibre dans l'espace, en vertu de toutes les forces qui le sollicitent » ;

- Ce mémoire est complété par *Continuation du Mémoire précédent sur le développement de la Théorie des fluides élastiques* (p. 302-323), puis par *Addition au Mémoire sur la Théorie des fluides élastiques* (p. 386-387).

3 Capillarité

Laplace s'est beaucoup intéressé au phénomène de capillarité lié à la pression dans les fluides, publiant en 1806, une théorie de l'action capillaire qui fait l'objet d'un supplément au tome 10 de sa *Mécanique Céleste*. On trouve deux articles écrits par lui, sur ce sujet, dans les additions à la CDT. :

- Il publie, dans les additions à la CDT pour 1812, p. 315-320, *Sur la dépression du mercure, dans un tube de baromètre, due à sa capillarité*, article dans lequel il donne une « *Table des dépressions* du mercure dans le baromètre, dues à sa capillarité ». Il explique que « pour former cette table il a fallu intégrer, par approximation, l'équation différentielle du second ordre, de la surface du mercure dans un tube cylindrique de verre. Cette équation que j'ai donnée dans ma Théorie de l'action capillaire, fournit une expression fort simple du rayon osculateur de la courbe génératrice de la surface » ;
- Dans les additions à la CDT pour 1829, il publie, p. 301-302, un mémoire *Sur un moyen de détruire les effets de la Capillarité dans les Baromètres*. Il y établit des formules qui vont conduire aux *Tables nouvelles des Dépressions du Mercure dans le Baromètre, dues à sa Capillarité* publiées par Bouvard (p. 303-309).

4 Vitesse du son

Les additions à la CDT pour 1825 contiennent deux articles sur ce sujet :

- Laplace publie, p. 371-372, un mémoire *Sur la vitesse du son*. Dans cet article, Laplace indique que sa formule de la vitesse du son « consiste à multiplier la formule newtonienne, par la racine carrée du rapport de la chaleur spécifique de l'air sous une pression constante, à sa chaleur spécifique sous un volume constant ». Il donne une valeur de la vitesse du son égale à **340,889 m/s** ;
- Arago publie, p. 361-370, *Résultats des expériences faites par ordre du Bureau des Longitudes, pour la détermination de la vitesse du son dans l'atmosphère*. Il explique que, sur la proposition de Laplace, une commission issue du Bureau des longitudes s'est chargée de mesurer la vitesse du son en effectuant des échanges de coups de canon entre Monthléry et Villejuif. La commission conclue à une vitesse du son de **337,2 mètres par seconde**. La théorie de Laplace est confirmée.

Dans les additions à la CDT pour 1826, Poisson publie, p. 257-277, *Sur la vitesse du Son*, article dans lequel il explique comment déterminer la vitesse du son en tenant compte des variations de température qui accompagnent les vibrations de l'air.

5 L'atmosphère terrestre

Les articles publiés dans les additions à la CDT sur l'atmosphère concernent le flux atmosphérique ou la constitution de l'atmosphère.

Dans les additions à la CDT pour 1826, on trouve, p. 308-317, un mémoire de Laplace, *De l'action de la Lune sur l'atmosphère*, mémoire dans lequel il étudie la partie du flux atmosphérique due à l'action de la Lune. La Lune provoque effectivement une marée atmosphérique, cependant bien plus faible que celle provoquée par les variations thermiques jour/nuit.

On trouve dans les additions à la CDT pour 1841, p. 3-112, un mémoire de Biot *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*. Dans ce long mémoire, rappelant les recherches de Newton, Laplace, Ivory et ses propres travaux antérieurs, il écrit : « **La vraie constitution** de l'atmosphère terrestre doit donc encore, après ces recherches, être considérée comme inconnue, ou tout au moins comme non démontrée. Et pourtant, l'on verra dans un moment que les données nécessaires pour la définir étaient sous nos yeux ».

6 Le magnétisme

Plusieurs articles des additions à la CDT concernent le magnétisme :

- Lalande publie dans les additions à la CDT pour 1804, p. 421-424, *Sur le Pôle magnétique du Nord*. Il note que « Il y a deux cent ans que l'on sait que la boussole ne se dirige pas précisément vers le nord, et que la différence n'est pas la même en différents pays ». Il conclut en écrivant : « **Nous n'attendons que la paix**, pour proposer au Gouvernement d'envoyer vérifier sur les lieux ce fait important et curieux de physique », rappelant la phrase de Buffon sur la nature de l'homme « La science est sa véritable gloire, et la paix son véritable bonheur ». Lalande répétera cette conclusion dans les additions à la CDT pour 1807, p. 335. Les guerres napoléoniennes ne seront pas favorables à l'organisation d'une expédition scientifique destinée à déterminer l'emplacement du pôle nord magnétique. ;
- Les additions à la CDT pour 1828, contiennent, p. 322-330, un article de Poisson *Solution d'un Problème relatif au Magnétisme terrestre*, dans lequel il propose une méthode pour « mesurer l'intensité de l'action magnétique de la terre, par des moyens tels qu'on puisse répéter l'opération quand on voudra, et connaître d'une manière certaine, si ce pouvoir magnétique a changé, ou s'il est resté le même après un long intervalle de tems » ;
- On trouve, dans les additions à la CDT pour 1841, p. 113-163, un mémoire de Poisson *Sur les déviations de la boussole, produites par le fer des vaisseaux*. Il observe d'abord que « **L'action du fer** des vaisseaux a donné lieu [...] à des déviations [...] qui ont pu produire [...] des erreurs de plus de 40° dans les changements de directions d'un navire, conclus de l'observation de la boussole ». Il annonce, plus loin : « **Je me propose**, dans ce Mémoire, de déterminer directement l'inclinaison et la déclinaison vraies, en un lieu quelconque du globe, d'après les observations de la boussole, faites à bord d'un vaisseau et sous l'influence du fer qu'il contient ». Il établit d'abord « **des formules** relatives à la direction et à l'intensité de la force magnétique du globe » (p. 121-139) puis « **des formules relatives** à la direction de la boussole, influencée par le fer du vaisseau » (p. 140-163).

7 Théorie de la chaleur

Poisson a beaucoup travaillé sur la théorie de chaleur, publiant en 1835, une *Théorie mathématique de la chaleur*. Les additions à la CDT contiennent deux articles de lui publiés antérieurement. :

- Dans les additions à la CDT pour 1826, p. 248-256, il publie un mémoire *Sur la distribution de le chaleur dans un anneau homogène et d'une épaisseur constante, lorsque la température du lieu où il est placé varie d'un point à un autre* ;
- Dans les additions à la CDT pour 1827, il publie, p. 303-312, *Sur la Température des différents points de la Terre, et particulièrement près de sa surface*. Poisson énonce d'abord : « On peut réduire à quatre les causes qui font varier la température de la Terre près de sa surface. Ces causes sont :

1°. La quantité de chaleur qui lui est enlevée à chaque instant par l'air en contact avec elle.

2°. La quantité de chaleur que la Terre émet au-dehors et qui traverse l'air sous forme rayonnante.

3°. La quantité de chaleur rayonnante que toutes les particules de l'atmosphère renvoient à la Terre et qui est absorbée par elle.

4°. La portion de la chaleur solaire qui traverse l'atmosphère et est absorbée par la Terre. »

Il réunit et présente, ensuite, « **les diverses formules** connues jusqu'ici, afin que les observateurs puissent facilement les appliquer à leurs expériences, et vérifier les lois de températures que ces formules renferment » ;

- Sur ce sujet, on notera également, dans les additions à la CDT pour 1844, p. 3-27, un article de Biot, *Sur le développement des forces élastiques de la vapeur aqueuse*, article dans lequel il présente une « **Table** pour convertir les degrés du thermomètre à mercure en degrés du thermomètre d'air », suivie d'une « **Table** des forces élastiques de la vapeur aqueuse » calculée à partir d'une formule analytique. L'article se termine par une « **Comparaison** de la formule générale avec les onze observations de la force élastique, rapportées par M. Arago et Dulong » suivie d'une « **Comparaison** de la formule générale avec les onze observations de la force élastique, rapportées numériquement par M. Taylor ».

8 Théorie de la percussion des corps

Les additions à la CDT pour 1862 contiennent, p. 69-74, un article de Poinot *Sur la percussion d'un corps animé par des forces quelconques* dans lequel il résout « la question générale où le corps est animé par des forces quelconques données, et où l'on demande la percussion qu'il peut produire, par un quelconque de ses points, sur un obstacle fixe que ce point du corps viendrait à rencontrer. »

9 Conclusion

Les épisodes 25 et 26 montrent la diversité des problèmes de mécanique et de physique abordés dans les additions à la CDT du XIX^e siècle. On notera aussi l'éclectisme des grands savants de l'époque, Laplace mais aussi Poisson, qui ont étudié des sujets très variés et sont à l'origine de nombreuses « lois » encore en vigueur de nos jours.

À la fin du XIX^e siècle, les additions et les articles de fond, aussi bien en mathématique qu'en physique, disparaissent de la CDT du fait de la spécialisation des savants et de la naissance de disciplines se détachant de l'astronomie

On trouvera cependant par la suite des textes explicatifs très développés ainsi que des listes de constantes fondamentales pour le mouvement des corps principaux. Des textes scientifiques reviendront dans la CDT à partir de la CDT pour 2004 pour présenter les principes, les sources et standards qui président à la fabrication des éphémérides et qui varient régulièrement, améliorant les modèles et les systèmes de référence utilisés.