

HISTOIRE DES SCIENCES

Coriolis, théoricien de la mécanique appliquée

Chacun ou presque a entendu parler de la force de Coriolis, cause de la rotation des vents sur la Terre. Mais l'ingénieur-savant qui a donné son nom à cette force est méconnu, comme l'est son œuvre scientifique pourtant riche.

Alexandre Moatti

Coriolis : la célébrité de ce nom rattaché à une force est quasi universelle. Mais le décalage entre cette célébrité et le caractère largement méconnu de Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843), de son œuvre scientifique et de sa carrière est étonnant. Or, comme nous allons le voir, Coriolis a joué un rôle clef dans le développement de la science mécanique. Il est en outre représentatif d'une période particulièrement faste de la science en France et caractéristique des très originaux « ingénieurs-savants » de cette époque.

Né à Paris d'une famille noble mais déshéritée, Coriolis intègre en 1808 l'École polytechnique, créée sous la Révolution en 1794, puis le Corps des Ponts et Chaussées en 1810. C'était, à l'époque, la voie royale de la science : de nombreux scientifiques de cet âge d'or, celui où la science se faisait en France, étaient issus de Polytechnique et des Ponts, tels les mathématiciens Cauchy ou Liouville, le chimiste Gay-Lussac, les physiciens Fresnel ou Navier. Peu intéressés par le « service ordinaire » des Ponts (celui des travaux publics en province), ces savants dans l'âme s'orientaient rapidement vers des postes d'enseignement, à l'École polytechnique notamment.

Après un bref intermède en province, Coriolis devient répétiteur d'analyse à Polytechnique en 1817. Il le restera jusqu'en 1838, date à laquelle il est nommé directeur des études dans cette même école. Ce poste de responsabilités ne lui convient guère et lui

causera beaucoup de tracas, jusqu'à sa mort de la tuberculose, à l'âge de 51 ans.

Répétiteur du cours d'analyse de Cauchy, Coriolis est mentionné plusieurs fois par ce dernier dans ses manuels, en remerciements de diverses idées mathématiques. Mais il s'épanouit davantage dans ses travaux de recherche que dans son enseignement. En 1819, il écrit des *Notes sur la théorie des machines*, qui sont citées par nombre de ses collègues dans leurs livres imprimés ; malgré leur importance pour la naissance et la datation de certains concepts, ces notes n'ont jamais été retrouvées (d'où l'intérêt de la conservation des documents scientifiques !).

L'inventeur du « travail »

En 1826, répondant à un concours lancé par l'Académie, Coriolis propose de nommer « travail » le produit scalaire de la force par le déplacement (c'est-à-dire le produit de la composante de la force dans la direction du déplacement par la distance sur laquelle s'effectue le déplacement). Ce terme, qui remplaçait les appellations les plus diverses (quantité d'action, moment d'activité, etc.), a fini par s'imposer et est celui en usage aujourd'hui.

Surtout, Coriolis donne toute sa consistance à cette notion de travail, en montrant que c'est une véritable grandeur physique (le frottement correspond à une perte de travail, comme la sciure correspond à une

perte de volume lorsqu'on scie du bois]. Dans son ouvrage princeps, le *Calcul de l'effet des machines* (1829), il recommande de modifier la notion de « force vive » en $\frac{1}{2}mv^2$, au lieu de mv^2 (m étant la masse d'un corps mobile et v sa vitesse). La notion de force vive provenait de l'observation faite au XVII^e siècle de la conservation de mv^2 dans les systèmes mécaniques. Banale en apparence, cette modification (un coefficient $\frac{1}{2}$) était en fait très cohérente avec sa définition du travail (voir l'encadré page 74).

Coriolis lutte aussi contre certaines idées reçues sur le travail : ainsi, le poids « ne travaille pas » sur une route horizontale (la force et le déplacement étant perpendiculaires, leur produit scalaire est nul), seul compte le frottement – on peut s'en convaincre en poussant avec le doigt un bloc de fonte de 100 kilogrammes sur une patinoire.

Après avoir défini le travail, Coriolis est l'un des premiers à s'intéresser au mouvement relatif, ce qui donnera naissance en 1831 à la notion de force d'entraînement (force qu'imprime un support accéléré à un objet immobile par rapport au support), et en 1835 à celle de force centrifuge composée – qui plus tard portera le nom de force de Coriolis (nous y reviendrons). Ces travaux prenaient naissance dans la théorie des machines : quel est par exemple le mouvement de l'eau dans l'aube d'une roue de moulin, sachant que cette roue est elle-même en rotation ?

Cette théorie des machines constituait une nouvelle branche scientifique issue des

progrès de la technique : roues hydrauliques, machines de Watt – sources d'énergie des usines de la première révolution industrielle (filatures, minoteries, forges, etc.).

Coriolis était un « ingénieur-savant ». Ce joli nom a été donné par l'historien et philosophe des sciences britannique Ivor Grattan-Guinness, l'un des meilleurs analystes de la période, à la trentaine de savants français œuvrant entre 1800 et 1840, presque tous issus de cette École polytechnique qui correspondait au projet qu'avaient Monge et la Convention de donner des forces vives à une France nouvelle.

Ingénieurs, ils aidaient au développement de l'industrie grâce à leurs connaissances scientifiques ; savants, ils faisaient avancer la science en lui adjoignant de nouvelles branches qu'ils théorisaient, s'appuyant sur leur expérience d'ingénieur. C'étaient, entre autres, Coriolis, Poncelet et la théorie des machines, Navier et l'hydraulique, Lamé et la résistance des matériaux, Fresnel et l'optique.

Des machines à la science

Contrairement à une image répandue, la science n'a pas toujours précédé la technique : à ce moment-là, elle rattrapait à marche forcée la technique – on savait faire fonctionner une machine à vapeur avant que Sadi Carnot (autre ingénieur-savant polytechnicien) ne jette, en 1824, les bases de ce que l'on nommera la thermodynamique.

La « mécanique appliquée », expression qui peut qualifier une partie des nouveaux domaines ci-dessus (la théorie des machines, l'hydraulique, la résistance des matériaux), venait compléter la mécanique dite rationnelle, celle de Lagrange, de Poisson et des mathématiciens, encore appelés géomètres à l'époque.

À la mécanique rationnelle, fondée sur la notion de force et qui pouvait rester purement conceptuelle, la mécanique appliquée apportait des éléments de réalité physique : les frottements, les chocs, les machines et leur mouvement. Mathématiciens par leur formation polytechnicienne et ingénieurs et d'une certaine manière physiciens (ce terme était encore fort peu employé), car

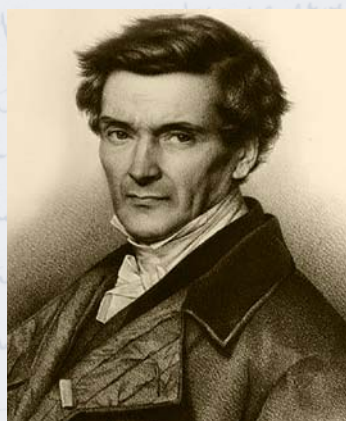
L'AUTEUR



Alexandre MOATTI est ingénieur en chef des Mines et chercheur associé à l'Université Paris-Diderot. Il est l'auteur du blog *Alterscience* sur la plate-forme SciLogs.fr (www.scilogs.fr/alterscience/).

BIBLIOGRAPHIE

A. Moatti, *Le mystère Coriolis*, CNRS Éditions, 2014.



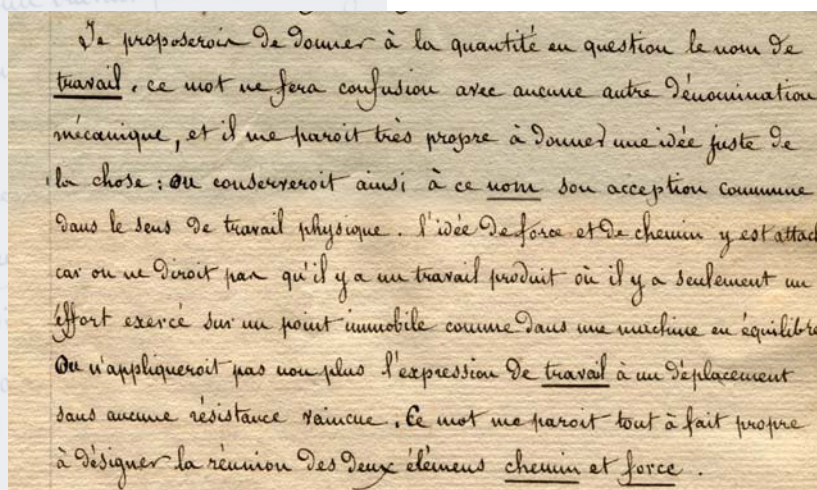
Domaine public

en contact avec la réalité, ces ingénieurs-savants étaient les mieux placés, à cette charnière entre mathématiques et physique, entre théorie et pratique, pour révéler ces apports de la mécanique appliquée à la science fondamentale.

Et, si l'on affine cette caractérisation, on peut placer Coriolis plus certainement du côté de la théorie que de la pratique : par son tempérament, par le caractère très mathématique de ses écrits, par le déroulement académique de sa carrière.

Après avoir formalisé la notion de travail, Coriolis lui donne une véritable cohérence en l'appliquant à de nombreux champs : raideur d'un ressort, roulage des voitures à chevaux, roues hydrauliques et même jeu de billard. Il définit le travail moteur, le travail résistant, le principe de transmission du travail, etc. Unissant par ce fil directeur divers objets et divers concepts, il a l'ambition de bâtir une véritable théorie du travail, expression qui revient souvent sous sa plume et qui pourrait caractériser son œuvre. Même si la formule a un aspect d'oxymore, Coriolis a été, de façon déterminante, un théoricien de la mécanique appliquée.

C'est du sein de cette mécanique appliquée qu'a jailli la célèbre force de Coriolis. Pour notre ingénieur-savant, il s'agissait initialement de rectifier une erreur commise par son collègue Jean-Victor Poncelet (lui aussi polytechnicien) dans la conception



Académie des sciences - Institut de France

1. PORTRAIT DE CORIOLIS ET UN PASSAGE de son manuscrit où il définit la notion de travail (pochette de la séance de l'Académie des sciences du 7 août 1826).