

ALEXANDRE MOATTI

# LE MYSTÈRE CORIOLIS



CNRS EDITIONS

## Présentation de l'éditeur



Si la force de Coriolis est universellement connue, l'homme qui lui a donné son nom l'est nettement moins... Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843) a voué sa vie à la science et à l'enseignement. Célibataire, réservé, il a une vie recluse, sédentaire, sans aspérités.

Pourquoi alors s'intéresser à ce savant, parmi tant d'autres ? Parce que son œuvre révèle des résultats importants : il est le premier à donner un contenu scientifique à la notion de travail. Il définit la notion de force d'entraînement

et celle de force centrifuge composée (plus tard force de Coriolis), qui permet d'expliquer la rotation du pendule de Foucault, la déviation des corps vers l'Est, mais certainement pas le sens de vidage des lavabos ! Coriolis est également le père d'une théorie du jeu de billard, qui de nos jours fait encore autorité...

Mais ce ne sont pas là résultats épars. Le fil directeur de son œuvre, c'est la mécanique appliquée – nouvelle branche scientifique issue de la première révolution industrielle. Une œuvre à la charnière entre mathématiques et physique, entre théorie et pratique. Coriolis appartient à la petite cohorte des ingénieurs-savants, issus de cette École polytechnique née de la Révolution : par leur formation savante, ils appliquaient la science à l'industrie, et réciproquement nourrissaient la science grâce à leur pratique d'ingénieur. Enfin, c'est un homme attachant, avec ses projets et ses échecs, ses démêlés avec ses collègues, son caractère romantique et idéaliste, qui est ici décrit par Alexandre Moatti.

*Alexandre Moatti est ingénieur en chef des Mines, chercheur associé à l'université Paris-Diderot (Paris VII). Il est l'auteur de plusieurs ouvrages de vulgarisation en mathématiques et physique, ainsi qu'en histoire des sciences et des idées.*

# **Le Mystère Coriolis**



Alexandre Moatti

# **Le Mystère Coriolis**

**CNRS ÉDITIONS**

15, rue Malebranche – 75005 Paris

Collection « Le Banquet scientifique »  
dirigée par Jean Audouze

# Sommaire

|                    |    |
|--------------------|----|
| Avant-propos ..... | 11 |
|--------------------|----|

## Première partie

### NAISSANCE D'UNE VOCATION SCIENTIFIQUE

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Chapitre premier – <i>Famille et enfance</i> .....                         | 17 |
| Chapitre 2 – <i>Études à Polytechnique et aux Ponts et Chaussées</i> ..... | 21 |
| Chapitre 3 – <i>Le service territorial du Corps des Ponts</i> .....        | 25 |
| Chapitre 4 – <i>Répétiteur à l'École polytechnique</i> .....               | 29 |

## Deuxième partie

### 1817-1829 : ENSEIGNEMENT EN MATHÉMATIQUES ET RECHERCHES EN THÉORIE DES MACHINES

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Chapitre 5 – <i>Coriolis mathématicien, en appui à Cauchy</i> .....                        | 35 |
| Chapitre 6 – <i>Géométrie des rencontres</i> .....                                         | 39 |
| Chapitre 7 – <i>Notes sur la théorie des machines d'un ingénieur-savant (1819)</i> .....   | 45 |
| Chapitre 8 – <i>Définition de la notion de travail (1826)</i> .....                        | 47 |
| Chapitre 9 – <i>Le Calcul de l'effet des machines (1829), une théorie du travail</i> ..... | 51 |
| Chapitre 10 – <i>Force vive ou demi-force vive ?</i> .....                                 | 57 |

## Troisième partie

1830 : LA RECONNAISSANCE SCIENTIFIQUE  
AU SEIN DU CORPS DES PONTS

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Chapitre 11 – <i>Les années fastes, 1830-1838</i> .....                                                                                         | 63 |
| Chapitre 12 – <i>L'échec à la succession de Cauchy, une chance pour Coriolis ?</i> .....                                                        | 65 |
| Chapitre 13 – <i>Professeur de mécanique à l'École centrale</i> .....                                                                           | 69 |
| Chapitre 14 – <i>Une activité scientifique au Corps des Ponts (1) : la Commission du roulage</i> .....                                          | 75 |
| Chapitre 15 – <i>La Commission de réforme de l'enseignement à l'École des Ponts</i> .....                                                       | 81 |
| Chapitre 16 – <i>Une activité scientifique au Corps des Ponts (2) : les Annales des Ponts – le coefficient de Coriolis en hydraulique</i> ..... | 85 |
| Chapitre 17 – <i>Une activité épisodique de vulgarisation</i> .....                                                                             | 89 |

## Quatrième partie

DE LA THÉORIE DU MOUVEMENT  
RELATIF À CELLE DU JEU DE BILLARD

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre 18 – <i>Les deux mémoires sur le mouvement relatif (1831 et 1835)</i> ..... | 95  |
| Chapitre 19 – <i>Force de Coriolis : quelle antériorité ?</i> .....                  | 105 |
| Chapitre 20 – <i>Force de Coriolis, quelle postérité ?</i> .....                     | 111 |
| Chapitre 21 – <i>Jouer au billard avec Coriolis</i> .....                            | 119 |
| Chapitre 22 – <i>Mort de Navier (1836) – Consécration de Coriolis</i> .....          | 127 |



Cinquième partie  
1838 À SA MORT : DIRECTEUR DES ÉTUDES À L'ÉCOLE  
POLYTECHNIQUE

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre 23 – <i>Une nomination surprenante</i> .....                                     | 135 |
| Chapitre 24 – <i>Le Conseil d'instruction de l'École</i> .....                            | 139 |
| Chapitre 25 – <i>Relations tumultueuses avec certains professeurs</i> .....               | 143 |
| Chapitre 26 – <i>Affaires Comte : la chaire d'analyse en 1840 – un<br/>été 1842</i> ..... | 149 |
| Chapitre 27 – <i>Projet de réforme de la filière polytechnicienne</i> ..                  | 163 |
| Chapitre 28 – <i>La fin de Coriolis</i> .....                                             | 171 |

Sixième partie  
CORIOLIS, L'HOMME, LE CARACTÈRE

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre 29 – <i>Droiture et écriture</i> .....        | 179 |
| Chapitre 30 – <i>Religion, morale, politique</i> ..... | 183 |
| Chapitre 31 – <i>Un savant romantique ?</i> .....      | 189 |

Septième partie  
CONCLUSION

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chapitre 32 – <i>De l'approche biographique en histoire des<br/>sciences</i> ..... | 195 |
| Précisions sur certaines personnes citées .....                                    | 203 |
| Bibliographie .....                                                                | 207 |
| I. Manuscrits .....                                                                | 207 |
| II. Œuvres imprimées .....                                                         | 207 |
| Index .....                                                                        | 219 |
| Remerciements .....                                                                | 223 |





*Coriolis, gravure par Zéphirin Belliard (1798-1861), d'après le tableau peint par Roller, ca. 1841. La pratique du dessin lithographié à partir d'un tableau peint est fréquente au XIX<sup>e</sup> siècle. Archives de l'Académie des Sciences.*



# Avant-propos

Coriolis : un vrai mystère... Une célébrité quasi universelle, liée à la force à laquelle il a donné son nom. Un personnage pourtant quasi anonyme, ainsi qu'une œuvre et une carrière scientifiques méconnues. C'est cet étonnant décalage qui est à l'origine même de mes travaux sur Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843). Celui-ci ne fait pas partie, loin s'en faut, de ces figures de savant mythifiées, comme celles de Galilée, Newton, Pasteur ou Einstein. Mais son nom, avec cette consonance subtilement romantique, ne constitue-t-il pas lui-même un mythe, tant il est invoqué, que ce soit à propos – pour le mouvement des masses d'air et d'eau en climatologie – ou à tort – pour le prétendu sens de rotation de l'eau dans les lavabos ?

L'historien et philosophe britannique des sciences Ivor Grattan-Guinness a souligné que, de manière surprenante, peu a été écrit sur Coriolis. L'écrivain français Erik Orsenna a, quant à lui, joliment formulé le décalage – presque le hiatus – auquel nous sommes confrontés : « Rien n'indique que notre Gaspard-Gustave ait jamais mis le pied sur un bateau ni qu'il se soit jamais intéressé à la mer. Le fait est là : pour les siècles des siècles, Coriolis est celui qui a expliqué l'influence de la rotation de la Terre sur le parcours des vents et des courants<sup>1</sup>. » On peut même aller plus loin : hormis quelques voyages d'études, missions et cures thermales en province, rien n'indique que Coriolis soit souvent sorti d'un petit périmètre parisien allant de la rue Descartes (École polytechnique) à la rue des Saints-Pères (École des Ponts et Chaussées). Forte charge symbolique que révèlent d'ailleurs ces deux noms de rues – car Coriolis alliait une rationalité scientifique dans sa vie professionnelle à une certaine ferveur religieuse dans sa vie personnelle.

Mais jamais ces deux sujets ne sont mêlés chez lui. Il vit pour la science et pour l'enseignement – il reste célibataire toute sa vie. Il a

---

1. Erik ORSENNA, *Portrait du Gulf Stream*, Seuil, 2005.

une personnalité réservée et une vie relativement courte (cinquante et un ans), recluse, sédentaire, sans aspérités. Il ne mélange pas ses opinions politiques, plutôt royalistes et conservatrices, à sa pratique professionnelle – y compris durant la brève période où il occupe le poste de responsabilité de directeur des études à Polytechnique. Si on le compare à d'autres savants qu'il a fréquentés, issus des mêmes études que lui : il ne quitte pas la France pour des raisons politiques comme le fait Cauchy, il ne devient pas homme politique comme Arago ou Le Verrier, il n'a pas un caractère truculent ni ne fonde une revue comme Liouville.

Dans notre époque fondée sur le *star-system* et le mélange des genres, on en vient alors à se demander quel est l'intérêt de se passionner pour un savant en apparence si neutre. D'autant que les branches de l'histoire et de la philosophie des sciences ont été depuis une quarantaine d'années largement irriguées par le courant postmoderne *des science social studies* (ou sociologie des sciences), pour lequel la science n'existe pas en dehors d'un contexte de pouvoir, courant qui à sa façon participe à la construction des mythes comme à leur... déconstruction : Pasteur, son ambition, le contexte de ses opinions politiques, celui des microbes qu'il étudie – je caricature à peine. Ici, avec Coriolis, rien de tel : il se dresse presque comme un roc, comme un contre-exemple à ces réécritures historiographiques parfois intéressantes mais souvent futiles, noyant l'œuvre dans son contexte, quand pire elles ne « jettent pas le bébé avec l'eau du bain<sup>2</sup> ».

L'œuvre scientifique de Coriolis – car c'est bien cela dont il sera principalement question ici – recèle des résultats importants. Il est le premier à donner un contenu scientifique à la notion de *travail* telle qu'utilisée avant lui dans le langage commun : dans son premier mémoire à l'Académie, en 1826, il la définit comme le produit de la force par le déplacement – cette notion est toujours en usage. Dans son ouvrage princeps, le *Calcul de l'effet des machines*, en 1829, il recommande de modifier la notion de *forces vives* en  $\frac{1}{2}mv^2$  (au lieu de  $mv^2$ ), en droite ligne de sa définition du travail et en prélude à celle de l'énergie cinétique. Ses travaux sur la composition des mouve-

---

2. Gérard JORLAND, *Une Société à soigner, Hygiène et salubrité publique en France au XIX<sup>e</sup> siècle*, Gallimard, 2010, p. 225 et ss.

ments l'amènent à définir en 1831 la notion de *force d'entraînement*, couramment utilisée de nos jours, et en 1835 celle de *force centrifuge composée* – qui plus tard portera le nom de *force de Coriolis*. Une dizaine d'années après sa mort, certains de ses collègues font le lien entre cette force et des effets jusqu'alors inexpliqués : la rotation du pendule de Foucault, le gyroscope d'icelui, la déviation des corps vers l'Est, l'érosion unilatérale des cours d'eau... Toujours en 1835 (*annus mirabilis*), il utilise en géométrie la théorie des moments, et est le premier à faire la théorie du jeu de billard, étudiant le choc de la queue sur la boule, le choc de deux boules, le choc d'une boule sur la bande. L'année suivante, il s'intéresse à l'hydraulique des remous, et propose un coefficient qui reste désigné comme *coefficient de Coriolis*.

Mais ce ne sont pas là résultats épars. Le fil directeur de l'œuvre de Coriolis est la théorie des machines – cette nouvelle branche scientifique issue des progrès de la technique, celle des roues hydrauliques et des machines de Watt, sources d'énergie des usines de la première révolution industrielle (filatures, minoteries, forges, etc.). Grattan-Guinness<sup>3</sup> a donné le joli nom d'*ingénieur-savant* à cette trentaine de savants français œuvrant entre 1800 et 1840, quasiment tous issus de cette École polytechnique née en 1794 de la Révolution et correspondant au projet qu'avaient Monge et la Convention de donner des forces vives à cette France nouvelle. Ingénieurs, ils aident au développement de l'industrie grâce à leurs connaissances scientifiques ; savants, ils font avancer la science en lui adjoignant de nouvelles branches qu'ils théorisent, s'appuyant sur leur expérience d'ingénieur. Ce sont, entre autres, Coriolis, Poncelet et la théorie des machines, Navier et l'hydraulique, Lamé et la résistance des matériaux, Fresnel et l'optique... Car, contrairement à une image répandue, la science n'a pas toujours précédé la technique : à ce moment-là, la science rattrape à marche forcée la technique – on sait faire fonctionner une machine à vapeur avant que Sadi Carnot (autre ingénieur-savant polytechnicien) ne jette les bases de ce qui s'appellera la thermodynamique.

---

3. Voir par exemple GRATAN-GUINNESS [1990] (les références données avec des dates entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'ouvrage).

On peut regrouper une partie des nouvelles branches ci-dessus (la théorie des machines, l'hydraulique, la résistance des matériaux) sous le vocable de *mécanique appliquée*. Elle vient compléter la mécanique dite *rationnelle*, celle de Lagrange et des mathématiciens, encore appelés *géomètres* à l'époque. À cette dernière, fondée sur la notion de force (principe de Newton), et qui pouvait rester purement conceptuelle, la mécanique appliquée vient apporter des éléments de réalité physique : les frottements, les chocs, les machines et leur mouvement (induisant la notion de mouvement relatif qui n'était pas venue à l'esprit de Newton). À la fois mathématiciens par leur formation polytechnicienne, mais aussi ingénieurs et d'une certaine manière physiciens (ce terme était encore fort peu employé), car 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 doit affiner cette caractérisation, tout en restant prudent sur la limite de telles classifications, on placera Coriolis plus certainement du côté de la théorie que de celui de la pratique : par son tempérament, par la formulation très mathématique de ses articles et ouvrages, par le déroulement académique de sa carrière. Après avoir formalisé, en 1826, la notion de *travail*, il 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... 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, dans une certaine mesure, caractériser son œuvre. C'est bien, finalement, même si la formule a un aspect d'oxymore, un *théoricien de la mécanique appliquée* que je propose de découvrir.



Première partie

**Naissance d'une vocation  
scientifique**



## Famille et enfance

10 août 1792. C'est la journée des Fédérés, celle de la prise des Tuileries, la deuxième grande journée révolutionnaire après celle du 14 juillet 1789. Jean-Baptiste Elzéar de Coriolis, capitaine à la garde du Roi, participe à la défense du Palais. Cette journée sera fatale au Roi et à la royauté, et ouvrira la voie à la Terreur un mois plus tard. Elle sera aussi lourde de conséquences pour la famille Coriolis : Elzéar perd ses fonctions à la garde et sa charge d'officier. Père d'un enfant qui n'a pas encore trois mois, Gaspard-Gustave, il doit rapidement s'éloigner de Paris avec sa famille ; il rejoint Nancy, la ville de son épouse, où, déchu, il se lance dans le commerce de papiers peints. C'est sous ces auspices que Gaspard-Gustave de Coriolis, né le 21 mai 1792, passe les premiers mois de son enfance.

Tout l'oppose à son père. Ce dernier, cadet désargenté d'une vieille famille provençale de noblesse de robe, avait fait la campagne d'Amérique avec le lieutenant-général comte de Rochambeau. Sa famille est ancienne, mais pas de noblesse d'épée : dans cette société compartimentée de l'Ancien Régime, y compris au sein de l'aristocratie, Elzéar ne pouvait prétendre au grade d'officier supérieur et au commandement de régiments. Son métier, c'est faire la guerre – au moins jusqu'en 1792 où il est du mauvais côté. Sans doute assez viveur, en tout cas fort dépensier, rentré d'Amérique il se marie tardivement, à trente-huit ans, avec Marie-Sophie de Maillet, issue d'une famille lorraine un peu plus fortunée.

Dans la famille de la mère de notre savant, on trouve une personnalité de renom : Benoît de Maillet (1656-1738), diplomate, amateur de science, auteur d'une *Description de l'Égypte* en 1735 (avant celle de la campagne napoléonienne) et surtout du fameux *Telliamed ou Entretiens d'un philosophe indien avec un missionnaire français sur la diminution de la mer, la formation de la terre, l'origine de l'homme* (publié sous pseudonyme en 1748, après la mort de son

auteur). Cet ouvrage a été redécouvert à la suite de l'année Darwin en 2009, comme lointain précurseur des théories de l'évolution : Maillet y émet l'hypothèse d'une Terre vieille de plusieurs millions d'années, celle d'une vie terrestre se développant à partir de la vie océanique, celle d'une vie et d'une mort des étoiles. Visionnaire sur l'ensemble de ces points, Maillet a été vu, par ses successeurs des Lumières dans la deuxième partie du XVIII<sup>e</sup> siècle ou par ses successeurs transformistes dans la première moitié du XIX<sup>e</sup>, comme un homme plus enclin aux hypothèses audacieuses qu'aux travaux scientifiques rigoureux – un esprit *préscientifique*, dirait Bachelard<sup>1</sup>, c'est-à-dire d'avant la formation de l'esprit scientifique, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle.

Coriolis est l'aîné d'une fratrie de trois enfants. Trois autres enfants du couple formé par ses parents meurent en bas âge. Seuls un frère et une sœur arriveront à l'âge adulte. Son frère Jean François Prosper naît le 23 mai 1800 ; il semble qu'il meure prématurément – on trouve sa trace dans la correspondance du savant en 1820 encore. La seule personne de sa fratrie qui joue un rôle dans la vie de Coriolis, tout au long de sa vie, est sa sœur Cécile (1803-1886), qui épousera le physicien Eugène Pécelet. Leur mère, Marie-Sophie de Maillet, vit elle aussi très longtemps : née en 1772 ou 1773, elle meurt en 1859, bien après son fils. Après la mort de son père en 1811 – Coriolis a alors dix-neuf ans –, il reste très attaché à sa mère et à sa sœur, qu'il soutient financièrement.

Finalement, Gaspard-Gustave de Coriolis est la figure inversée de celle de son père. C'est un homme plutôt introverti ; il ne se mariera pas, et on ne lui connaît pas d'aventures féminines. C'est un élève studieux, qui entre à l'École polytechnique en 1808 : ce n'est pas le moindre des acquis révolutionnaires que cette faculté de *rebattre les cartes*, y compris pour le rejeton d'une famille aristocratique – à quoi aurait pu sinon prétendre ce fils d'une famille de peu de biens, emportée dans la tourmente révolutionnaire ? Un de ses parents, apprenant qu'il allait devenir répétiteur à Polytechnique en 1816, « fait grosse mine de [l]e voir maître d'école<sup>2</sup> », écrit non sans

---

1. Gaston BACHELARD, *La Formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*, Vrin, 1938.

2. Lettre de Coriolis à sa mère, citée par RENARD [1862].