

## Dupuit, Morin et la question du frottement de roulement : la scène scientifique française des années 1830 et 1840 au prisme d'une controverse

*Dupuit, Morin and the "rolling friction" issue : the scientific community in France in the 1830s and 1840s through the prism of a controversy*

**Konstantinos Chatzis**

---



**Édition électronique**

URL : <http://journals.openedition.org/dht/1637>

DOI : [10.4000/dht.1637](https://doi.org/10.4000/dht.1637)

ISSN : 1775-4194

**Éditeur :**

Centre d'histoire des techniques et de l'environnement du Cnam (CDHTE-Cnam), Société des élèves du CDHTE-Cnam

**Édition imprimée**

Date de publication : 1 décembre 2011

Pagination : 41-57

ISBN : 978-2-9530779-7-1

ISSN : 0417-8726

**Référence électronique**

Konstantinos Chatzis, « Dupuit, Morin et la question du frottement de roulement : la scène scientifique française des années 1830 et 1840 au prisme d'une controverse », *Documents pour l'histoire des techniques* [En ligne], 20 | 2e semestre 2011, mis en ligne le 14 septembre 2012, consulté le 08 septembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/dht/1637> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/dht.1637>

---

# Dupuit, Morin et la question du frottement de roulement : la scène scientifique française des années 1830 et 1840 au prisme d'une controverse

Konstantinos Chatzis

IFSTAR/LATTS

## RÉSUMÉ

De 1837 à 1842, deux polytechniciens, Jules Dupuit, membre du corps des ponts et chaussées, et Arthur Morin, officier de l'artillerie, sont engagés dans une controverse scientifique portant sur les lois physiques qui sont censées régir le frottement de roulement. Tout en abordant, de façon limitée, le contenu proprement dit de la controverse, le présent article est centré sur les acteurs impliqués. A travers leurs caractéristiques et le déroulement de leurs échanges dans le temps, nous essayons d'éclairer le fonctionnement de la scène scientifique française des années 1830 et 1840.

Résumés et mots clés en anglais sont regroupés en fin de volume, accompagnés des mots clés français

En 1837, l'ingénieur des ponts et chaussées Jules Dupuit (1804-1866) rend publics les résultats de plusieurs expériences qu'il a effectuées sur le *tirage des voitures* – à savoir les efforts (la force) que les chevaux doivent développer pour surmonter les différentes résistances, frottement à la bande de la roue essentiellement, liées au mouvement des voitures. Destinées à identifier les différents facteurs – la nature de la chaussée et le type de voiture, la vitesse imprimée, la largeur des bandes et le diamètre des roues... – qui interviennent dans la formation du tirage, ces expériences « en plein air », réalisées quelques années auparavant sur les routes du département de la Sarthe, amènent le jeune ingénieur à proposer au sujet du frottement de roulement, dit aussi frottement de seconde espèce<sup>1</sup>,

une nouvelle loi qui va à l'encontre des résultats établis sur ce chapitre de la physique par un autre ingénieur, le célèbre Charles-Augustin Coulomb (1736-1806), au siècle des Lumières. Deux ans plus tard, en 1839, l'officier de l'artillerie Arthur Morin (1795-1880) publie, à son tour, un mémoire sur la même question de tirage des voitures. S'appuyant, lui aussi, sur des expériences « grandeur nature » (ou « en plein air ») faites, en 1837 et 1838, dans la ville et les environs de Metz, l'auteur parvient à des conclusions partiellement différentes de celles de Dupuit, en retrouvant, entre autres, les résultats de Coulomb.

Une controverse éclate alors entre les deux hommes, à la fois polytechniciens et appartenant à des corps différents<sup>2</sup>. La polémique qui les oppose

---

1 Quand deux surfaces ou deux corps en contact sont en mouvement l'un par rapport à l'autre, se développent des forces de frottement qui s'opposent au mouvement. Quand le mouvement est un roulement, à savoir quand un corps reste en contact avec une surface d'appui et progresse en tournant sur lui-même (cas de roues, de cylindres...), le frottement qui en résulte s'appelle *frottement de roulement* ou *frottement de seconde espèce* ; en revanche, quand le mouvement est un *glissement* – le déplacement de deux surfaces en

---

contact consiste alors en une translation de l'une par rapport à l'autre –, on parle de *frottement de glissement*.

2 Rappelons au lecteur que ce n'est pas la première fois que les corps militaires et le corps des ponts et chaussées expriment des divergences sur des sujets scientifiques et techniques et s'opposent sur la question du partage des responsabilités en matière d'aménagement du territoire. Voir, entre autres, Marc Desportes et Antoine Picon, *De l'espace au territoire. L'aménagement en France, XVI<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles*, Paris, Presses de l'ENPC, 1997 ; André Guillerme, *Bâtir la ville. Révolutions*

ne tarde pas à prendre une tournure institutionnelle. Portée dans la capitale, elle est déroulée à la fois devant l'Académie des sciences et l'administration des ponts et chaussées. C'est de cette controverse, qui connaît sa clôture « officielle » en 1842, suite au verdict des académiciens en faveur de Morin, que le présent article souhaite entretenir le lecteur. Plus précisément, ce sont les acteurs impliqués dans la controverse, et, à travers leurs caractéristiques et échanges, le fonctionnement de la scène scientifique française des années 1830-1840, qui retiendront principalement notre attention. Par conséquent, le contenu proprement dit de la controverse, qui mettra en scène plusieurs régimes d'argumentation et d'administration de la preuve, sera abordé ici de façon limitée<sup>3</sup>.

Trois temps forts scandent notre exposé. Nous commençons par camper la controverse dans son contexte le plus général, les débats autour de la question dite de police du roulage, dont le tirage des voitures fait partie. La seconde partie de l'article, consacrée au déroulement de la controverse dans le temps, est centrée sur les échanges entre les acteurs impliqués. Dans la troisième et dernière partie de la contribution, la plus significative au demeurant de la perspective adoptée ici, nous procéderons à un gros plan sur la composante « humaine » de la scène scientifique française des années 1830 et 1840 : à travers la production textuelle de deux protagonistes principaux de la controverse, nous nous aventurerons de tirer quelques renseignements généraux sur l'« anthropologie » (nécessairement) historique du savant français de l'époque.

### La police du roulage

En circulant, voitures et chevaux usent les routes. En mauvais état, celles-ci augmentent le tirage des voitures et deviennent un obstacle au développement des échanges. Que faire alors pour

---

*industrielles dans les matériaux de construction, France - Grande-Bretagne (1760-1840)*, Champ Vallon, Seyssel, 1995.

3 Sur le contenu de la controverse, on peut consulter en premier lieu : David Tabor, « À propos du frottement de roulement : une controverse oubliée », *Revue d'histoire des sciences*, t. XIV, 1961, pp.13-18 ; Duncan Dowson, *History of tribology*, Londres, Professional Engineering Publishing Limited, 1998, pp. 239-243 (les deux auteurs utilisent seulement des documents imprimés) ; Konstantinos Chatzis, « Jules Dupuit, ingénieur des ponts et chaussées », dans *Jules Dupuit, œuvres économiques complètes* (établies et présentées par Yves Breton et Gérard Klotz), vol. 1, Paris, Economica, 2009, pp. 615-692 (pp. 644-652, en particulier, où des documents d'archive sont mobilisés).

avoir constamment un réseau routier en bon état, des routes qui favorisent la circulation des hommes et des biens, et, par là, le développement économique du pays ?

Question d'autant plus délicate à traiter que la technique doit composer ici avec l'économie. Toute politique visant à avoir des « belles » routes (des routes peu « tirantes ») a, en effet, nécessairement un coût réparti de façon variable en fonction des différentes mesures prises entre les nombreux acteurs qui gravitent autour du système routier. Imposer un poids maximal de chargement à ne pas dépasser, par exemple, diminue les dommages causés aux chaussées par les voitures et devrait permettre à l'État de faire des économies dans son budget consacré à l'entretien des routes. Mais cette mesure réglementaire pénalise le roulier qui voit son prix de revient augmenter avec des répercussions négatives en cascade tout le long du circuit économique. C'est ce que déplorent les détracteurs de l'intervention de l'État dans la sphère de l'économie puisque, pour la même quantité de marchandises et un nombre équivalent de passagers à transporter, le roulier est obligé d'utiliser plus de voitures et davantage de chevaux que par le passé.

Mettre les routes à l'abri d'une rapide destruction, sans trop gêner pour autant le commerce : la question de la « belle » route (et des tirages associés) est donc inévitablement à la croisée de plusieurs impératifs, souvent contradictoires. Mais que le législateur donne sa préférence à des mesures réglementaires<sup>4</sup>, dont l'ensemble forme ce qu'on appelait à l'époque la *police du roulage*<sup>5</sup>, ou qu'il privilégie la voie libérale qui n'impose pas de contraintes aux transporteurs, il est nécessaire qu'un certain nombre de phénomènes physiques soient appréhendés aussi précisément que possible. Parmi ceux-ci, le mécanisme du tirage occupe une place de choix : comment la nature de la chaussée (empierrée, pavée...) et celle de la voiture, la pente du terrain, la vitesse imprimée, la largeur des bandes et le diamètre des roues influent-ils sur le tirage des voitures ? Quelles conséquences pratiques peut-on en tirer pour l'art de l'ingénieur ?<sup>6</sup>.

---

4 Celles-ci portaient principalement sur le poids à transporter et sur la largeur des jantes à utiliser.

5 Pour un historique de la question de la police du roulage, voir surtout la thèse de doctorat en histoire de Roger Lévêque, *La police du roulage (1624-1921)*, Paris, École pratique des hautes études, 1995.

6 Aussi importante que la question des résistances opposées au mouvement est celle, liée à la première par ailleurs, de la dégradation de la chaussée suite au passage des voitures. Dupuit et Morin s'opposent également sur ce « chapitre » de la police du roulage, mais leur controverse ne sera pas abordée ici.

Dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, des savants, souvent sollicités par les diverses académies du royaume et des ingénieurs des ponts et chaussées, en leur qualité de gestionnaires du réseau routier, se sont penchés sur toutes ces questions<sup>7</sup>. La Révolution ne met pas fin à leurs interrogations sur le sujet. Tout au long de la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, des commissions composées d'ingénieurs des ponts et chaussées sont régulièrement chargées de proposer, suite à des études théoriques et expérimentales, des mesures « rationnelles » en matière de police du roulage<sup>8</sup>. Durant la Monarchie de Juillet, la question gagne en intensité. Rien d'étonnant à cela, car les années 1830 et 1840 sont marquées par des programmes routiers de très grande ampleur<sup>9</sup>, alors que, parallèlement à l'extension du réseau<sup>10</sup>, les techniques de la route

profitent également de notables progrès. Une des principales nouveautés de la période est l'introduction en France d'un procédé d'empierrement conçu à la fin des années 1810 par le « surveyor » MacAdam, répandu sur le sol français suite à des voyages d'ingénieurs des ponts et chaussées en mission outre-Manche<sup>11</sup>. L'arrivée des procédés britanniques divise la communauté des membres du corps des ponts sur leurs mérites et déclenche plusieurs polémiques entre partisans et adversaires du système imaginé par MacAdam. Mais par-delà les divergences, tous s'accordent sur le fait que l'époque des routes monumentales est révolue et admettent la nécessité de diminuer l'épaisseur des revêtements de la chaussée grâce à un système d'entretien régulier efficace. Celui-ci reste encore à définir, et son sujet alimente dans les colonnes des *Annales des ponts et chaussées*, la revue officielle du corps fondée en 1831, une multitude de débats et de polémiques<sup>12</sup>.

Mais la route n'est pas une affaire interne à la seule famille des ingénieurs des ponts. Elle constitue à l'époque un sujet éminemment politique car, à travers la police du roulage, tout un secteur économique est concerné, à savoir celui des transports routiers. Ceux-ci, malgré la concurrence accrue d'autres modes de transport

7 Pour plus d'informations et des références supplémentaires sur ce qui suit, voir K. Chatzis, « Jules Dupuit, ingénieur des ponts et chaussées », *op. cit.*, pp. 637-640.

8 Pour la seule période 1814-1832, on enregistre trois commissions d'ingénieurs des ponts et chaussées qui se penchent sur la question, en 1814, en 1828, et en 1832. L'activité législative en matière de police du roulage est aussi très intense pendant la période 1816-1838. Ainsi, en ce qui concerne le transport des marchandises, on compte quatre ordonnances (23 décembre 1816, 16 juillet 1828, 23 avril 1834 et 15 février 1837). Quant au transport des voyageurs, on enregistre une décision (16 mai 1816) et pas moins de 5 ordonnances (23 décembre 1816, 16 juillet 1828, 23 avril 1834, 15 février 1837 et 24 octobre 1838). Voir Henri-Charles Emmery, « Recherches sur les principes qui paraissent devoir former la base d'une nouvelle législation pour la police du roulage », *Annales des ponts et chaussées*, 2<sup>e</sup> semestre 1841, pp. 257-464 (p. 265 et p. 267).

9 Sur les différents aspects de la question « routière » durant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, outre le travail de R. Lévêque, *La police du roulage...*, *op. cit.*, voir aussi : André Guillaume, *Corps à corps sur la route. Les routes, les chemins et l'organisation des services au XIX<sup>e</sup> siècle*, Paris, Presses de l'ENPC, 1984 ; Georges Reverdy, *Les routes de France du XIX<sup>e</sup> siècle*, Paris, Presses de l'ENPC, 1993 ; Bernard Lepetit, *Chemins de terre et voies d'eau. Réseaux de transports et organisation de l'espace en France, 1740-1840*, Paris, Éditions de l'EHESS, 1984.

10 Qu'on juge par les chiffres eux-mêmes. Les « routes royales », les voies les plus importantes du réseau, qui sont à l'état d'entretien », à savoir achevées et utilisables, passent de 14 000 kilomètres en 1824 – sur un total théorique de 33 000 km – à 35 000 en 1855, soit 98% du réseau total. Le réseau départemental centré sur le chef-lieu, quasiment nul en 1815, comptabilise en 1847 43 000 km de voies, dont 92% se trouvent à l'état d'entretien. La loi du 21 mai 1836, qui organise le statut des chemins vicinaux destinés à la circulation locale – chemins de grande communication, chemins d'intérêt commun, chemins vicinaux ordinaires – a été le point de départ d'un développement fulgurant des réseaux de la petite voirie rurale : on comptait en

1848 60 000 km de voies. Tous ces chiffres sont commodément tirés de Fernand Braudel et Ernest Labrousse (dir.), *Histoire économique et sociale de la France* (1976), t. III : « 1789-1880 », Paris, PUF (Coll. Quadrige), 1993, p. 248.

11 Proche du système imaginé par l'ingénieur des ponts et chaussées Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet au siècle des Lumières, le procédé MacAdam s'en distingue par la suppression des grosses pierres qui servaient jusqu'alors de fond de revêtement. Sur le procédé Trésaguet, voir Claude Vacant, *Du cantonnier à l'ingénieur. Les métiers de la route au fil des siècles*, Paris, Presses de l'ENPC, 2001, pp. 297-299 ; Sur le procédé MacAdam et son adoption en France, voir A. Guillaume, *Corps à corps...*, *op. cit.*, pp. 21-22, p. 28. Pour un bref portrait de John Loudon MacAdam (1756-1836), voir A. Guillaume, *Bâtir la ville...*, *op. cit.*, p. 280.

12 Pour une analyse approfondie de ces débats dans les *Annales des ponts et chaussées*, voir notamment Bernard Grall, *Économie de forces et production d'utilités. L'émergence du calcul économique chez les ingénieurs des Ponts et Chaussées (1831-1891)* (manuscrit révisé et commenté par F. Vatin), Rennes, PUR, 2003, 2<sup>e</sup> partie : « La route entre deux fatigues : le jeu des volumes ». Sur le développement de la presse technique par et pour ingénieurs dans la France du XIX<sup>e</sup> siècle, voir Konstantinos Chatzis et Georges Ribeill, « Des périodiques techniques par et pour les ingénieurs. Un panorama suggestif, 1800-1914 », dans Patrice Bret, Konstantinos Chatzis et Liliane Pérez (dir.), *La presse et les périodiques techniques en Europe, 1750-1950*, Paris, L'Harmattan, 2008, pp. 115-157.

– qu'ils soient traditionnels à l'instar des canaux<sup>13</sup> ou récents et promus à un grand avenir comme les chemins de fer<sup>14</sup> –, pèsent encore énormément sur l'économie nationale. Dans les années 1830 et 1840, les deux chambres se penchent régulièrement sur la question de la police du roulage<sup>15</sup>. Il en va de même de la société civile qui se mobilise aussi, les entrepreneurs du secteur en tête, à l'occasion de ces débats parlementaires, pour lancer des pétitions en faveur d'une politique libérale, supprimant toute réglementation. Parfois les transporteurs arrivent même à avoir le soutien d'ingénieurs de renom. Ainsi en 1836, Eugène Flachat, chef de file des ingénieurs civils de l'époque<sup>16</sup>, dans une pétition signée avec Jules Burat, règle ses comptes avec le corps des ponts et chaussées, administration

13 Le réseau canalisé qui ne dépassait pas 1200 km en 1821 en compte 3750 km en 1847 (F. Braudel et E. Labrousse (dir.), *Histoire économique et sociale...*, op. cit., p. 250). Sur les canaux sous la Restauration, voir, entre autres, Reed G. Geiger, *Planning the French canals : bureaucracy, politics, and enterprise under the Restoration*, Cranbury, Associated University Press, 1994.

14 C'est en 1832 que les frères Seguin essaient sur la ligne Lyon – Saint-Etienne les premières locomotives. De 1835 à l'été 1838, on assiste à l'octroi au coup par coup d'une douzaine de concessions. Aussi modeste soit-il comparé à celui qui allait survenir quelques années plus tard (1842-1846), il s'agit bel et bien du « premier boom ferroviaire français ». Voir Georges Ribeill, *La révolution ferroviaire. La formation des compagnies de chemins de fer en France (1823-1870)*, Paris, Belin, 1993, p. 18 et p. 26 notamment. A titre de comparaison, rappelons qu'en 1840 la France ne recensait que 400 km de chemins de fer alors que la Grande-Bretagne en possédait 2000 ; quant aux lignes exploitées, elles passent de 1931 km en 1850, à 4100 en 1860 (F. Braudel et E. Labrousse (dir.), *Histoire économique et sociale...*, op. cit., p. 260 et pp. 264-265).

15 Voir par exemple : Chambre des députés, *Rapport fait par Th. Ducos au nom de la Commission chargée de l'examen du projet de loi sur la police du roulage et des voitures publiques*, séance du 1<sup>er</sup> juillet 1837 ; Chambre des députés, *Rapport fait par Th. Ducos au nom de la Commission chargée de l'examen du projet de loi sur la police du roulage et des messageries publiques*, séance du 4 avril 1843 ; Chambre de Pairs, *Projet de loi sur la police du roulage et des voitures publiques avec l'exposé des motifs...*, séance du 17 janvier 1842 ; Chambre des députés, *Projet de loi sur la police du roulage et des voitures publiques précédé de l'exposé des motifs...*, séance du 30 janvier 1843.

16 Rappelons que les relations entre les ingénieurs d'État et les ingénieurs civils sont, durant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, souvent très tendues. Pour une vue panoramique (et une bibliographie) du monde des ingénieurs en France à l'époque de la controverse, voir Konstantinos Chatzis, « Les ingénieurs français au XIX<sup>e</sup> siècle (1789-1914) : émergence et construction d'une spécificité nationale », *SABIX*, n° 44, octobre 2009, pp. 53-63.

qui « naguère ignorait encore les véritables méthodes d'entretien des routes, et qui s'était posée en ennemie contre le commerce de transport, aimant mieux accuser le roulage que d'avouer la routine stationnaire où elle était restée dans l'art d'entretenir nos principales voies de communication »<sup>17</sup>. Et aux deux pétitionnaires de clamer haut et fort que l'« amélioration des routes dépend beaucoup plus des allocations et des procédés d'entretien que de la réduction des chargements »<sup>18</sup>.

### Le déroulement de la controverse

#### Dupuit entre en scène

C'est dans ce contexte de mobilisation générale sur le front de la route que Jules Dupuit<sup>19</sup>, affecté depuis l'année 1827 au Service départemental de la Sarthe, réalise en novembre-décembre 1834 (pour l'essentiel) et en mai 1835, des nombreuses expériences sur la question du tirage<sup>20</sup>. Par ce travail, le jeune ingénieur répond à une demande du directeur général des ponts et chaussées Alexis-Victor Legrand<sup>21</sup>, auteur d'une circulaire datée du 2 septembre 1834 avec laquelle il sollicitait l'avis de ses ingénieurs sur la question de la police du roulage<sup>22</sup> (figure 1). Dupuit mobilise des voitures

17 Eugène Flachat et Jules Burat, *De la police du roulage considérée par rapport aux routes, au roulage, et aux messageries*, Paris, chez Levrault et chez Mathias (Libraires), 1836, p. 6. Sur les ingénieurs civils de l'époque, voir : Michel Cotte, *Le choix de la révolution industrielle. Les entreprises de Marc Seguin et des ses frères (1815-1835)*, Rennes, PUR, 2007 ; G. Ribeill, *La révolution ferroviaire...*, op. cit.

18 E. Flachat et J. Burat, *De la police du roulage...*, op. cit., p. 30.

19 Sur la vie et l'œuvre de Jules Dupuit, voir K. Chatzis, « Jules Dupuit, ingénieur des ponts et chaussées », op. cit.

20 Jules Dupuit, *Essai et expériences sur le tirage des voitures, et sur le frottement de seconde espèce, suivis de considérations sur les diverses espèces de routes, la police du roulage et la construction des roues*, Paris, Carilian-Goeury, 1837. Je profite du présent article pour signaler une bévue contenue dans mon texte « Jules Dupuit, ingénieur des ponts et chaussées », op. cit. : on y trouve, à la place des années 1834 et 1835, les datations 1833 et 1834 respectivement.

21 Alexis-Baptiste-Victor Legrand. Né en 1791, polytechnicien de la promotion de l'année 1809 (X-1809), puis ingénieur des ponts et chaussées, Directeur général des ponts et chaussées et des mines à partir de 1834, sous-secrétaire d'État aux Travaux publics de 1839 à 1847 (le poste a été créé pour lui), président de la Section des Travaux publics au Conseil d'État en 1847, promoteur de grands projets de loi sur les routes, les canaux et les chemins de fer. Il meurt en 1848.

22 Plusieurs réponses à cette question de la part des ingénieurs du corps sont conservées aux Archives nationales (AN : F/14/1969). On y trouve le rapport rédigé par Jules Dupuit, « Rapport de l'ingénieur ordinaire de l'arrondissement du Mans sur les questions posées par M. le Directeur général des ponts et chaussées dans sa circulaire du 2 septembre 1834 ». Legrand a, par ailleurs,

et des hommes – ces derniers avaient alors pris la place habituelle des chevaux afin d'imprimer à la voiture un mouvement uniforme – attelés sur une (balance) romaine à cadran pour que le jeune ingénieur puisse étudier comment la nature du sol et celle de la voiture, la pente du terrain, la vitesse imprimée, la largeur des bandes et le diamètre des roues influent sur le tirage des voitures, avant d'en tirer des conséquences pratiques pour l'art de l'ingénieur (figure 2). De ces expériences « grandeur nature », complétées par d'autres relevant davantage d'une logique de laboratoire<sup>23</sup>, l'auteur va tirer trois lois en matière de frottement de seconde espèce. Pour un cylindre en mouvement, le frottement de roulement est alors : 1) « proportionnel à la pression » (65)<sup>24</sup> ; 2) « indépendant de la vitesse et de la largeur du contact » (65) ; et 3) « en raison inverse de la racine carrée des diamètres » (68). Si le corps qui roule est une roue, ces trois propriétés prennent la forme suivante : 1) « la résistance à la bande de la roue est proportionnelle à la pression » (16) ; « la largeur des bandes n'influe pas sur le frottement »<sup>25</sup> (25) ; « le frottement à la bande est en raison inverse de la racine carrée [sic] du diamètre de la roue » (22).

accusé réception de l'envoi du rapport de la part de l'ingénieur ordinaire du département de la Sarthe. Dans une lettre, datée du 31 décembre 1834, à Dupuit, Legrand écrit au jeune ingénieur : « J'ai lu votre travail avec intérêt et je vous remercie, Monsieur, du soin que vous avez mis à le rédiger » (la lettre est conservée à la Bibliothèque de l'École des ponts et chaussées (désormais BEPC), Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 11).

23 Dupuit va faire dérouler sur des plans inclinés de même hauteur des cylindres de bois et de fer de diamètres différents. A partir des observations directes et des calculs – l'auteur applique aux espaces parcourus l'équation des forces vives ; en termes modernes, il établit un bilan énergétique –, Dupuit retrouve les mêmes résultats obtenus à l'aide des ses expériences « grandeur nature ». 24 Sauf mention contraire, le chiffre entre parenthèses renvoie à la page de la brochure de J. Dupuit, *Essai et expériences sur le tirage des voitures...*, op. cit.

25 Cette loi de frottement n'est pas vérifiée par les expériences sur des chaussées pavées, lesquelles indiquent que la largeur de la bande diminue le frottement. Dupuit considère que la loi en question n'est pas invalidée pour autant : « Le tirage sur le pavé dépend non seulement de la réaction moléculaire des surfaces en contact », qui est d'après l'auteur, la cause générale du frottement de seconde espèce, « mais d'une suite de chocs occasionnés par les oscillations verticales du centre de gravité. [...] En admettant cette explication, il est facile de se rendre compte de la manière dont la largeur de la bande peut diminuer le tirage, et on voit qu'il n'y a aucune analogie avec ce qui se passe sur l'empierrement, à moins que la largeur de la bande deviennent considérable, parce qu'alors l'influence des inégalités et des aspérités du pavé disparaît presque complètement » (pp. 45-46).

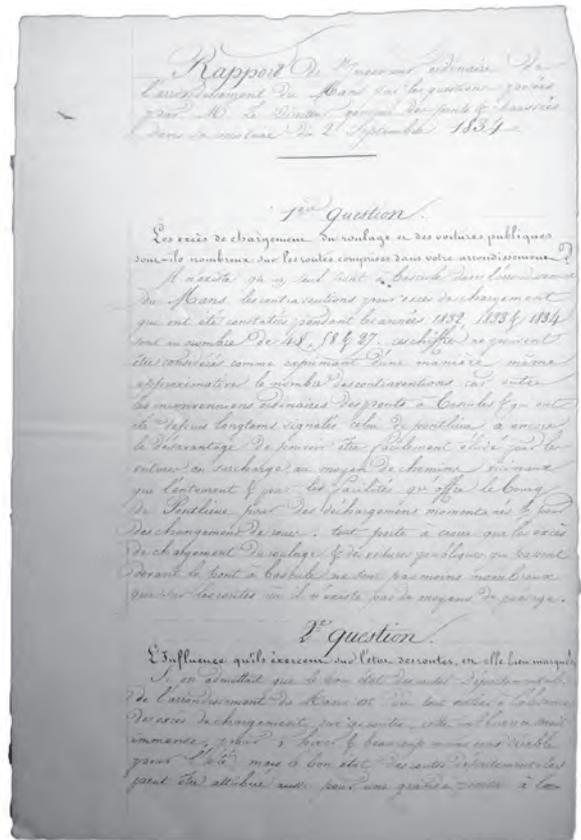


fig. 1 - Extrait du rapport rédigé par Jules Dupuit, *Rapport de l'ingénieur ordinaire de l'arrondissement du Mans sur les questions posées par M. le Directeur général des ponts et chaussées dans sa circulaire du 2 septembre 1834*. Archives nationales : F/14/1969.

Le document présente deux pages de tableaux expérimentaux, numérotées 140 et 141. Les tableaux sont divisés en sections pour 'SOL' et 'VOITURE'. Les colonnes indiquent des paramètres tels que le diamètre des roues, la pression, et les résultats des expériences. Les données sont présentées sous forme de tableaux à double entrée, permettant de comparer les résultats obtenus sur différents types de sols et avec différentes configurations de voitures.

fig. 2 - Extrait des résultats expérimentaux obtenus par Jules Dupuit au sujet du frottement de roulement. Jules Dupuit, *Essai et expériences sur le tirage des voitures, et sur le frottement de seconde espèce, suivis de considérations sur les diverses espèces de routes, la police du roulage et la construction des roues*, Paris, Carilian-Goeyru, 1837.

De ces résultats, l'un fera particulièrement sensation car il va à l'encontre de la loi que le grand Coulomb avait énoncée au XVIII<sup>e</sup> siècle : là où le savant des Lumières avait cru avoir démontré que ce type de frottement est inverse au diamètre de la roue – et, de façon générale, au diamètre du corps cylindrique qui roule<sup>26</sup> –, comme nous venons de le voir, d'après Dupuit le frottement de roulement est inverse à la racine carrée du rayon de la roue. Cette loi sera au centre de la future controverse entre Morin et Dupuit. Mais n'anticipons pas trop.

Très fier de ses découvertes scientifiques<sup>27</sup>, les premières dans sa carrière d'ingénieur-savant<sup>28</sup>, Dupuit soumet en 1835 aux *Annales des ponts et chaussées* un mémoire pour une future publication<sup>29</sup>. Apprécié, son travail ne verra pas pour autant le jour dans les colonnes de l'organe officiel de son corps d'appartenance, et ce malgré l'avis favorable de la Commission des *Annales*<sup>30</sup>. La police du roulage

est un sujet très sensible à l'époque, nous l'avons vu, et le directeur des ponts et chaussées, Legrand, défend alors au milieu des années 1830 la parution des publications sur ce sujet dans les *Annales*. Dupuit sera parmi les victimes de cette interdiction<sup>31</sup>.

Privé de la tribune officielle de son corps d'appartenance, Dupuit entre alors en contact avec l'éditeur Carilian-Goeury, à l'époque « Libraire des Ponts et Chaussées et des Mines », qui publie en effet le travail réalisé par Dupuit sous forme de brochure en 1837<sup>32</sup>. Peu après la sortie de l'ouvrage, les résultats obtenus par le jeune ingénieur du corps des ponts entrent finalement dans les colonnes des *Annales* par l'intermédiaire d'un long compte rendu très élogieux, signé par le secrétaire même de la Commission de la revue, qui salue l'Essai comme un mémoire de premier plan, dont l'auteur « se place immédiatement, par la valeur de ses recherches, par la sagacité de son esprit, par le mérite de son travail, au nombre des hommes les plus spécialement appelés peut-être à avancer cette partie de la science de l'ingénieur »<sup>33</sup>. Mais cette consécration sera de courte durée.

#### Morin entre en scène à son tour

Le 12 novembre 1838, Morin présente à l'Académie des sciences un mémoire sur le tirage des voitures. Portant sur le même sujet que le livre de Dupuit, le travail de l'officier de l'artillerie partage avec l'Essai le même goût pour des expériences « grandeur nature ». Étalées sur deux ans, en 1837 et 1838, faites dans la ville et les environs de Metz, où Morin enseignait à l'époque la mécanique appliquée aux machines à l'École d'application de l'artillerie et du génie<sup>34</sup>, les expériences

26 Sur les expériences de Coulomb relatives au frottement, voir, entre autres : D. Dowson, *History of Tribology*, op. cit., pp. 222-231 ; Charles Stewart Gillmor, *Coulomb and the evolution of physics and engineering in eighteenth-century France*, Princeton, Princeton University Press, 1971, chapitre 4 : « Theories of friction in the eighteenth-century ».

27 Même en se voulant modeste, le jeune Dupuit cache difficilement sa fierté de « découvreur ». Voici quelques exemples : « Nous sommes loin d'avoir embrassé tous les cas, mais nous espérons avoir résolu quelques questions restées jusqu'à présent indéterminées, et établi quelques principes généraux qu'on ne soupçonnait pas » (2). « Si on n'a pas égard à cette propriété essentielle que nous croyons avoir été le premier à établir, on ne peut trouver dans les expériences relatives à cette espèce de frottement que des résultats insignifiants et souvent contradictoires » (3).

28 Sur la figure de l'ingénieur-savant (les acteurs de l'époque utilisaient plutôt l'expression : « savant ingénieur »), voir l'article de synthèse Bruno Belhoste et Konstantinos Chatzis, « From technical corps to technocratic power : French state engineers and their professional and cultural universe in the first half of the 19<sup>th</sup> century », *History and technology*, vol. 23, n° 3, 2007, pp. 209-225.

29 Pour l'année (1835) de l'envoi du mémoire à la Commission, voir la lettre de Dupuit adressée à Coriolis le 26 novembre 1838 (BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10). Précisons, une fois pour toutes que, quand on parle des lettres de Dupuit contenues dans ce fonds, il s'agit le plus souvent du brouillon avant sa mise au net, la lettre finale étant « perdue » chez le destinataire.

30 Voir par exemple, la lettre, datée du 19 février 1836, de Mary, à l'époque secrétaire-adjoint de la Commission des *Annales*, à Dupuit. On y lit : « Ainsi que Mr Drappier [l'ingénieur en chef de Dupuit au département de la Sarthe à l'époque] vous l'a annoncé la Commission des *Annales* avait jugé que votre travail pouvait être insérée dans ce

recueil [...] » (BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 11).

31 Voir la lettre de Mary citée dans la note précédente : on y lit : « [...] M. Le Directeur général [...] m'a, à ce sujet, exprimé l'intention d'ajourner toute publication relative au roulage ». Ce type d'interdiction avait frappé d'autres ingénieurs du corps des ponts. On lit dans le compte rendu de la séance du 24 mai 1836 de la Commission des *Annales* : « Le secrétaire donne lecture de la lettre par laquelle M. le Directeur général, annonce qu'il refuse l'autorisation de publier dans les *Annales* la note de M. Berthault Ducreux qui avait pour but la réfutation de l'ouvrage de M. Navier, sur l'entretien des routes et sur le roulage » (Commission des *Annales des ponts et chaussées*, séance du 24 mai 1836, BEPC, MS 1836).  
32 J. Dupuit, *Essai et expériences sur le tirage des voitures...*, op. cit. Sur la correspondance entre Dupuit et l'éditeur, voir BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 9.

33 Henri-Charles Emmery, « Essais et expériences de M. Dupuit, ingénieur des ponts et chaussées, Sur le tirage des voitures et sur le frottement de seconde espèce », *Annales des ponts et chaussées*, 1<sup>er</sup> semestre 1838, pp. 20-45 (p. 45 pour la citation).

34 Sur l'enseignement de Morin, voir Konstantinos Chatzis, « Jean-

réalisées par l'artilleur, comme celles menées par l'ingénieur des ponts et chaussées quelques années auparavant, mobilisent toutes sortes de voitures (des affûts et voitures d'artillerie, entre autres)<sup>35</sup> (fig. 3). Mais alors que Dupuit mesurait la force « tirante » à l'aide d'une « fruste » romaine, Morin mettait au service de ses expériences un instrument tout récent et bien plus sophistiqué, le dynamomètre à style, appareil de son cru, primé déjà par l'Académie des sciences<sup>36</sup>. Si les deux polytechniciens sont d'accord sur la propriété de la proportionnalité entre le frottement de roulement et la pression, Morin retrouve les résultats de Coulomb sur les relations entre frottement et diamètre de roues, récusés entre temps par Dupuit. Il se sépare aussi de ce dernier sur deux autres propriétés du frottement de roulement : là où Dupuit trouvait que ce dernier est indépendant de la vitesse et de la largeur de la jante, Morin observait, au contraire, une certaine dépendance entre ces grandeurs.

Aussitôt qu'il a pris connaissance du travail de Morin, grâce à un extrait du mémoire publié dans le *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*<sup>37</sup>, Dupuit entre en contact avec Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843), à la fois camarade du corps, membre de l'Académie et l'un des trois commissaires chargés d'examiner le Victor Poncelet et la 'science des machines' à l'École de Metz : 1825-1870 », dans Bruno Belhoste et Antoine Picon (dir.), *L'École d'application de l'artillerie et du génie de Metz (1802-1870). Enseignement et recherches*, Paris, Musée des Plans-Reliefs, 1996, pp. 32-42. Pour un portrait de Morin, voir, entre autres, Claudine Fontanon, « Morin, Arthur (1795-1880) », dans Claudine Fontanon et André Grelon (dir.), *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1794-1955, t. II : « L-Z »*, Paris, INRP/CNAM, 1994, pp. 311-321.

35 Arthur Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, Metz, Mme Thiel ; Paris, Carilian-Gœury et L. Mathias, 1839, p. xxviii (pour le type des voitures).

36 Sur cet instrument, voir « Prix de mécanique, fondé par M. de Montyon, Rapport sur le concours pour l'année 1836 (Commissaires, MM. De Prony, Dupin, Savart, Coriolis, Séguier, et Poncelet rapporteur) », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* (désormais CRAS), 1837, 2<sup>e</sup> semestre 1837, pp. 260-265, pour les appareils de Morin qui a eu le premier prix. Morin précisera que pour les expériences sur de grandes étendues de chemin à parcourir, il avait substitué au style un compteur qui totalisait la quantité de travail développée sur une étendue de chemin déterminée (A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, op. cit., p. 4).

37 Arthur Morin, « Expériences sur le tirage des voitures (Extrait par l'auteur) (Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Coriolis) », CRAS, 2<sup>e</sup> semestre 1838, pp. 835-837. Pour la prise en connaissance de cet extrait, voir la lettre de Dupuit à Morin, datée du 7 décembre 1838, BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10.

fig. 3 - Extrait des résultats expérimentaux obtenus par Arthur Morin au sujet du frottement de roulement. Arthur Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, Metz, M<sup>me</sup> Thiel ; Paris, Carilian-Gœury et L. Mathias, 1839.

travail de l'officier de l'artillerie<sup>38</sup>. Le jeune s'adresse à l'aîné pour lui demander conseil et lui faire part de son souhait que les deux mémoires, le sien et celui signé par Morin, soient soumis à un examen comparatif de la part de l'Académie :

« Monsieur,

A titre d'ancien élève et d'ingénieur, je vais réclamer de vous un conseil. M. Morin a lu dans la séance du 12 novembre un mémoire sur le tirage des voitures. Les résultats auxquels est parvenu cet *habile expérimentateur* [c'est nous qui soulignons] sont en partie d'accord avec ceux que j'ai publiés en janvier 1837 et qui furent soumis à votre examen par la commission des *Annales* en 1835, quelques autres sont au contraire complètement discordants. Je désirerais que la commission qui doit examiner le mémoire de M. Morin voulût bien comparer son travail au mien et faire justice à qui de droit tant sous le rapport de la priorité que sous celui de l'exactitude. Maintenant je viens de vous demander Monsieur, quelle est la marche à suivre pour provoquer de la part de la Commission cet examen comparatif. Dois-je adresser une demande officielle à l'Académie ou simplement à chacun des membres de la commission ? Ma demande doit-elle être accompagnée d'une note ou mémoire où je comparerais mes résultats à ceux de M. Morin ? N'ayant jamais eu de relation avec l'Académie des Sciences, j'ignore la marche à suivre [...]»<sup>39</sup>.

38 Sur Coriolis, voir notamment la toute récente biographie proposée par Alexandre Moatti, *Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843) : un mathématicien, théoricien de la mécanique appliquée*, thèse de doctorat en histoire, Université Paris I-Sorbonne, octobre 2011.

39 Lettre de Dupuit à Coriolis, datée du 26 novembre 1838,

Coriolis (et l'Académie) ne donnera pas satisfaction à Dupuit quant à l'examen comparatif de deux mémoires. Coriolis va parler, toutefois, de la lettre qu'il a reçue par le jeune camarade de corps à Morin, lequel entrera aussitôt en correspondance avec Dupuit<sup>40</sup>. De cette correspondance, à en juger par les propos tenus par l'ingénieur des ponts lui-même, sont résultés les « termes beaucoup trop flatteurs avec lesquels M. Morin a parlé [...] de l'auteur de *l'Essai sur le tirage des voitures* » (à savoir de Dupuit ; sur ces termes, voir plus bas)<sup>41</sup>. A l'occasion de leurs échanges épistolaires, Morin a envoyé en effet à Dupuit des extraits de l'avant-propos de son (futur) livre de 1839 concernant le travail de l'ingénieur des ponts, extraits qui provoquent visiblement la satisfaction de ce dernier, qui écrit : « Je suis tellement confus des éloges que vous voulez bien accorder à mon travail. Ceux qui le connaissent vous reprocheront au moins de l'exagération, c'est une responsabilité que je vous laisserai toute entière en ne vous demandant aucun espèce de rectification »<sup>42</sup>.

#### Le début des « hostilités »

Si Dupuit paraît satisfait des signes de reconnaissance qu'il reçoit de son concurrent, il ne ménage pas, en privé, son agacement à l'égard de l'Académie pour son refus de procéder à l'examen comparatif des deux mémoires<sup>43</sup>. D'autant plus que le rapporteur désigné pour l'examen du travail de Morin, Coriolis en personne, auteur lui-même de travaux théoriques sur la question du tirage des voitures et le frottement de seconde espèce<sup>44</sup>,

dans l'avis fourni au nom de l'Académie, prononcé le 31 décembre 1838, se réfère certes brièvement au travail de l'ingénieur des ponts mais lui préfère celui de l'artilleur. Coriolis termine son rapport avec les lignes suivantes, qui témoignent du *crédit*, pour employer une métaphore économique, dont bénéficie Morin aux yeux des commissaires de l'Académie : « En lisant son Mémoire, on y reconnaît cette manière exacte de procéder qu'on a déjà eu lieu de distinguer dans ses travaux précédents, et l'on acquiert une grande *confiance* dans les résultats et les observations »<sup>45</sup>.

Morin publie son travail en 1839<sup>46</sup>, en faisant figurer par ailleurs au début de son ouvrage le rapport favorable de Coriolis. Dans l'avant-propos de son livre, il se réfère longuement au travail de Dupuit en des termes très élogieux : l'ingénieur des ponts est qualifié d'« ingénieur habile », son travail est jugé « remarquable », et le désaccord qui sépare les deux hommes sur les lois de frottement est présenté de façon telle que les capacités, les qualités et l'intégrité morale de l'adversaire ne soient pas mises en doute. C'est la procédure d'expérimentation employée par Dupuit qui expliquerait, alors, la divergence des résultats obtenus par les deux hommes. En se référant à son rival, Morin écrit en effet :

« Les expériences ont été faites avec un peson ordinaire à ressort et à cadran, les flexions étant indiquées par une aiguille dont les oscillations continues rendent comme on sait l'observation très difficile. Ce défaut de l'instrument me paraît une explication suffisante des différences qui se manifestent entre les résultats obtenus par ce savant ingénieur et ceux que m'ont donnés mes dynamomètres à style, dont il ne paraît pas qu'il connût alors la construction »<sup>47</sup>.

Pour le moment, les protagonistes de la controverse échangent beaucoup « d'amabilités » et maintiennent un régime de civilité scientifique patiemment élaboré et promu pendant plusieurs

---

BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10.

40 Voir la lettre de Dupuit à « Monsieur l'ingénieur en chef » (il s'agit d'Emmery) datée du 20 février 1839, BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10. La correspondance entre Morin et Dupuit (deux lettres de Morin et les réponses de Dupuit) sont conservées à BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10.

41 Lettre de Dupuit à « Monsieur l'ingénieur en chef » (il s'agit d'Emmery), datée du 20 février 1839, BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10.

42 Lettre de Dupuit à Morin, datée du 28 décembre 1838, BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10. On a une copie par la main de Dupuit des extraits en question, copie conservée à BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10.

43 Dupuit revient à cet « épisode » à plusieurs reprises : voir, par exemple, les lettres, datées du 20 février et 26 février 1838, qu'il adresse à « Monsieur l'ingénieur en chef » (il s'agit d'Emmery) (BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10).

44 Gaspard-Gustave de Coriolis, « Des circonstances qui influent sur le tirage des chevaux, et sur la conservation des routes dans le mouvement des voitures », *Annales des ponts et chaussées*, 2<sup>e</sup> semestre 1832, pp. 178-188 ; Id., *Théorie mathématique des effets du jeu de billard*, Paris, Carilian-Goeury, 1835. Dupuit avait discuté de façon critique ces

---

travaux dans son *Essai et expériences sur le tirage des voitures...*, op. cit., p. 72 et pp. 96-98.

45 « Rapport sur un Mémoire de M. Morin ayant pour objet des recherches expérimentales sur le tirage des voitures et sur les dégradations des routes » (Commissaires : Arago, Poncelet, Coriolis rapporteur), CRAS, 2<sup>e</sup> semestre 1838, pp. 1145-1148 (p. 1148 pour la citation). C'est nous qui soulignons.

46 A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, op. cit.

47 *Ibid.*, p. xxiv-xxv.

siècles, au sein des différentes académies en Europe et plus généralement de la « République des Lettres »<sup>48</sup>. Plus pour très longtemps.

De façon prévisible, Dupuit n'est pas satisfait du verdict de l'Académie qui donne raison à Morin. Il l'est d'autant moins que son propre corps d'appartenance, les ponts et chaussées, confie, suite au rapport favorable de Coriolis, à son adversaire la mission de faire des recherches supplémentaires sur la question de la dégradation des routes (il s'agissait d'explorer davantage les causes de la dégradation des routes et d'enquêter sur l'influence notamment que pourraient avoir des facteurs tels que le diamètre des roues, la largeur des jantes, la vitesse ou la suspension). Le 4 février 1839, un mois après le rapport favorable de Coriolis, une commission composée de plusieurs ingénieurs des ponts et chaussées, dont Coriolis lui-même, voit le jour<sup>49</sup>. Sa mission : suivre les recherches de Morin et les traduire en mesures réglementaires qui alimenteraient un projet de loi sur la police du roulage que le gouvernement souhaitait présenter devant les Chambres. C'est Henri-Charles Emmerly (1789-1842), l'auteur du compte rendu dithyrambique de *l'Essai* paru dans les *Annales*, qui est nommé secrétaire de cette commission ; il est chargé, entre autres, d'assister en personne à toutes les expériences que Morin doit réaliser selon un programme approuvé par la commission des ponts, et de rapporter pour celle-ci.

Pour réaliser ces nouvelles recherches, l'artilleur Morin est détaché au ministère des travaux publics, mais c'est le ministère de la Guerre, apparemment plus riche en moyens, qui met à sa disposition à la fois des voitures (des canonnières), des chevaux, des ouvriers, du matériel et de l'argent, afin que Morin

puisse mener à bien ses expériences<sup>50</sup>. Désavoué en quelque sorte par son propre camp, Dupuit – qui se confie à Emmerly que les différences des résultats obtenus par Morin et lui engendrent un « doute sur ces questions [doute qui lui] paraît presque une honte pour le corps [des ponts et chaussées] »<sup>51</sup> –, ne reste pas pour autant les bras croisés. Il entre directement en contact avec Legrand<sup>52</sup> dont il obtient à la fois l'autorisation et les moyens nécessaires pour effectuer, parallèlement à Morin, de nouvelles recherches sur la question du frottement et de la dégradation des routes, placées sous le contrôle de la même commission qui est chargée de suivre les travaux de son rival.

Soumise désormais au jugement à la fois des membres de la commission du 4 février et de l'Académie des sciences, qui sera régulièrement sollicitée par les deux rivaux, la controverse devient « parisienne ». Alors que jusqu'ici la totalité des expériences faites par Dupuit et la grande majorité de celles assurées par Morin s'étaient déroulées en province<sup>53</sup>, à partir de 1839, c'est la capitale et ses environs qui accueillent la controverse. Pourquoi Paris ?<sup>54</sup> La question de témoins et de juges qualifiés, capables de contrôler et d'attester le bon déroulement des expériences que Morin et Dupuit ont comme mission de réaliser, paraît décisif dans ce déplacement de la scène expérimentale vers la capitale. En effet, plusieurs expériences seront faites en présence de membres de l'Académie, tels que Savary<sup>55</sup>

48 Sur les règles et codes qui caractérisent ce régime, voir, par exemple : Mario Biagioli, « Le prince et les savants. La civilité scientifique au 17<sup>ème</sup> siècle », *Annales HSS*, n° 6, novembre-décembre 1995, pp. 1417-1453 ; René Sigrist, « La 'République des sciences' : essai d'analyse sémantique », *Dix-huitième siècle*, n° 40, 2008, pp. 333-357, et plus généralement l'ensemble du numéro consacré à la « République des Sciences ». Sur les fonctions assurées par l'échange de « politesses » dans des articles scientifiques, voir aussi l'article classique de Creg Myers, « The pragmatics of politeness in scientific articles », *Applied Linguistics*, vol. 10, n° 1, 1989, pp. 1-35.

49 La composition de la Commission est la suivante : Tarbé, Cavenne et Kermaingant, inspecteurs généraux ; Devilliers, Minard et Emmerly (inspecteurs divisionnaires) ; Jollois, ingénieur en chef directeur ; Coriolis, ingénieur en chef ; de Saint-Venant, ingénieur ordinaire (les grades concernent l'année 1841). Voir H.-C. Emmerly, « Recherches sur les principes ... », *op. cit.*, p. 257.

50 Arthur Morin, *Expériences sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs qu'elles exercent sur les routes, exécutées en 1837 et 1838 par ordre du Ministre de la Guerre, et en 1839 et 1841 par ordre du Ministre des Travaux Publics*, Paris, L. Mathias, 1842, pp. xxiv-xxv.

51 Lettre de Dupuit à « Monsieur l'Ingénieur en chef » (Emmerly), datée du 26 février 1839, BEPC, Fonds Dupuit, MS 3229, dossier 10.

52 Lettre de Dupuit au Directeur général des ponts et chaussées, datée du 7 mars 1839, BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10.

53 Morin avait effectué déjà en 1838 quelques expériences rue Stanislas à Paris. Voir A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, *op. cit.*, pp. 54-55 (il s'agit des expériences n° 168 à 197). Voir aussi : Arthur Morin, « Nouvelles expériences sur le tirage des voitures », *CRAS*, 2<sup>e</sup> semestre 1838, pp. 971-972 (p. 971).

54 Sur le thème « science et villes », voir le numéro spécial assuré par Sven Dierig, Jens Lachmund et J. Andrew Mendelsohn (eds.), « Science and the City », *Osiris*, vol. 18, 2003. Sur la place de Paris (et de Londres) dans la production de l'expertise technique, voir, entre autres, Christelle Rabier (ed.), *Fields of Expertise : a comparative history of expert procedures in Paris and London, 1600 to present*, Cambridge, Newcastle, Scholars Publishing, 2007.

55 Félix Savary (1797-1841), élu membre de la section

et Coriolis (voir plus bas), et sous le contrôle de membres de la commission des ponts et chaussées, notamment Emmerly. Ces témoins résident, du moins pour une grande partie d'entre eux, à Paris. De même, ce sont des institutions parisiennes qui fournissent aux parties adverses, pour mener à bien leur travail d'expérimentation, des ressources rares à l'époque. Ainsi, quand la commission de ponts demande à Dupuit de faire des expériences en utilisant les dynamomètres de Morin, c'est l'École polytechnique par l'intermédiaire de Coriolis, à l'époque directeur des études de l'établissement parisien, qui lui prête les instruments nécessaires<sup>56</sup>. C'est l'arsenal de Vincennes qui fournit à Morin les moyens humains et matériels nécessaires à ses nouvelles recherches<sup>57</sup>.

### *Controverse, suite et fin*

Installés à Paris, Dupuit et Morin commencent alors leurs travaux respectifs. C'est Dupuit qui est le plus impatient. Dans une lettre envoyée à Emmerly, datée du 20 février 1839, avant même que Morin ne commence ses nouvelles expériences, il informe le secrétaire de la commission des ponts qu'il est en train de préparer une note pour « répondre à tous [s]es adversaires ». Il lui annonce également qu'il compte envoyer ce document à la fois à l'Académie, au directeur général des ponts et chaussées (Legrand) et à la commission des ponts pour que celle-ci réalise, enfin, l'examen comparatif des travaux de Morin et de Dupuit que l'Académie avait refusé de faire. Et il ajoute : « À ce sujet, j'ai une faveur à demander à la Commission. Ce n'est pas assez d'avoir sous les yeux un mémoire écrit parce qu'il y a une foule des choses qui se disent et ne peuvent que difficilement s'écrire. Je demande donc d'être entendu en présence de M. Morin »<sup>58</sup>.

---

d'astronomie le 24 décembre 1832. Il va assister à certaines expériences réalisées par Morin (Arthur Morin, « Supplément à un précédent Mémoire sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs qu'elles exercent sur les routes », CRAS, 1<sup>er</sup> semestre 1841, pp. 211-218 (p. 213)).

<sup>56</sup> Informations tirées : d'un rapport (brouillon) sur les expériences de tirage que Dupuit a faites avec les dynamomètres de Morin, conservé à BEPC, Fonds Dupuit, MS 3229, dossier 8 (le rapport est sans titre et non paginé ; il commence avec la phrase : « La Commission du Roulage a paru désirer que nous fassions quelques expériences avec les dynamomètres de M. Morin ») (l'information se trouve dans la 1<sup>re</sup> page du rapport) ; Jules Dupuit, « Mémoire sur le tirage des voitures et sur le frottement de roulement », *Annales des ponts et chaussées*, 1<sup>er</sup> semestre 1842, pp. 261-335 (en particulier p. 275 et p. 276).

<sup>57</sup> A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs...*, op. cit., p. xxv.

<sup>58</sup> Lettre de Dupuit à « Monsieur l'ingénieur en chef » (Emmerly), datée du 20 février 1839, BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10.

Je n'ai pas trouvé de traces sur la nature exacte de ces choses inavouables par écrit, exemple de ces « oralités savantes » si difficiles à traquer<sup>59</sup>. J'ignore également si Dupuit a pu être entendu en présence de Morin comme il l'a réclamé. On peut aisément constater, en revanche, qu'une véritable polémique va se déclencher entre les deux polytechniciens. Elle va durer trois ans ; elle sera ponctuée par la lecture de plusieurs mémoires présentés par les parties adverses à l'Académie des sciences (voir *Encadré*), comme par une intense activité épistolaire. À mesure que la controverse persiste, le ton des échanges entre les deux protagonistes, voire entre les différents acteurs impliqués, va progressivement se hausser.

Morin et Dupuit vont chacun essayer tour à tour de montrer que le dispositif expérimental de l'autre souffre de « vices » qui rendent les résultats obtenus par son rival problématiques. Mais alors que Morin s'arbitre derrière la concordance entre ses résultats et ceux de Coulomb, tout en insistant sur la qualité des instruments utilisés lors de ses expériences, Dupuit va multiplier les « angles d'attaque » et constamment élargir la palette des arguments mobilisés en faveur de sa propre théorie. En prolongeant les considérations théoriques contenues dans son *Essai* de 1837 sur le mécanisme du frottement de seconde espèce, il va construire, au fil de la controverse, à l'aide de la mécanique théorique en vogue dans les milieux polytechniciens de l'époque, la mécanique dite physique<sup>60</sup>, une démonstration théorique de sa loi de la racine carré qu'il avait déjà atteinte par voie expérimentale. Par une « expérience de pensée », procédé déjà pratiqué par d'autres mécaniciens de l'époque, comme Navier, il va mettre, par ailleurs, à nu les contradictions internes du système de pensée de son adversaire. Il va souligner sans cesse enfin le fait que les propriétés qu'il avait démontées par l'expérience et la théorie sont en quelque sorte « démontrées » aussi en acte par le comportement des rouliers<sup>61</sup>.

---

<sup>59</sup> Sur le thème de l'« oralité savante », voir Françoise Waquet, *Parler comme un livre. L'oralité et le savoir (XVI<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle)*, Paris, Albin Michel, 2003.

<sup>60</sup> Sur la mécanique physique, qui considère les corps comme un assemblage de molécules liées entre elles par des forces d'attraction et de répulsion, voir Konstantinos Chatzis, « Les conceptions de Barré de Saint-Venant en matière de théorie de la connaissance », dans Jean-Pierre Gibling et Elisabeth Vitou (dir.), *L'art de l'ingénieur, de Perronet à Caquot*, Paris, Presses de l'ENPC, 2004, pp. 93-115.

<sup>61</sup> Sur les différents arguments développés par Dupuit, voir K. Chatzis, « Jules Dupuit, ingénieur des ponts et chaussées », op. cit., pp. 645-650.

Tout au long de leurs échanges, Morin reste courtois à l'égard de son adversaire. Ainsi dans la publication de l'ensemble de ses travaux sur les questions du tirage des voitures et de la dégradation des routes, survenue après la fin de la controverse, en 1842, Morin reprend dans leur quasi intégralité les propos élogieux au sujet de Dupuit qu'il avait publiés, avant le déclenchement des hostilités, dans son mémoire de 1839<sup>62</sup>. Son jeune adversaire est bien plus virulent. La controverse s'installant dans la durée, il oublie les « bonnes manières » et la civilité de jadis, en relevant, par exemple, au grand jour la fâcheuse tendance de l'artilleur à commettre trop souvent dans le traitement de ses propres mesures de vulgaires erreurs de calcul élémentaire : « Nous venons de parcourir quarante-quatre expériences seulement, et voilà déjà vingt et un résultats erronés », s'exclame Dupuit<sup>63</sup> (fig. 4).

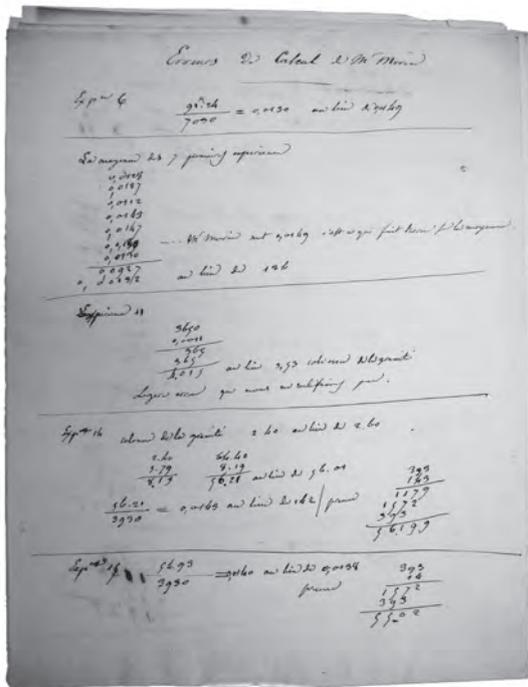


fig. 4 - Exemple des calculs (re)faits par Dupuit pour mettre au grand jour les erreurs de Morin. Bibliothèque de l'École des ponts et chaussées, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 8.

Les échanges entre Dupuit et Coriolis – membre de deux commissions impliquées dans la controverse, celle instituée par l'Académie des sciences et la commission des ponts –, vont souffrir également de

62 A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs...*, op. cit., pp. xx-xxi.

63 J. Dupuit, « Mémoire sur le tirage des voitures et sur le frottement... », op. cit., p. 324. Plusieurs calculs refaits par Dupuit pour mettre au grand jour les erreurs de Morin sont conservés à BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 8.

cette hausse de ton. Coriolis est l'auteur, nous l'avons vu, d'un rapport pour l'Académie sur le premier travail de Morin, favorable à ce dernier. Mais très vite, il sera séduit par les arguments de Dupuit. Après avoir reçu comme membre de la commission des ponts une note de son camarade de corps, il déclare :

« M. Coriolis fait d'abord connaître que dans son rapport à l'Académie sur le travail de Morin, c'est surtout en raison du mode plus perfectionné d'expérimentation qu'il avait été porté à donner la préférence aux expériences de M. Morin sur les expériences faites antérieurement avec des dynamomètres à aiguilles. Mais il ajoute : que les réclamations de M. Dupuit appellent la plus grande attention » car « cet ingénieur établit par une démonstration bien faite l'inexactitude de la loi inverse des rayons pour les cylindres à très petits diamètres [...]. En conséquence en ce qui concerne la polémique engagée entre M. Dupuit et M. Morin M. Coriolis pense que plusieurs des objections de M. Dupuit sont évidemment fondées et que la note entière de M. Dupuit est de nature à provoquer les expériences les plus étendues pour juger cet important débat »<sup>64</sup>.

Coriolis doute, met en cause son jugement précédent et se rallie aux positions de Dupuit. Ce dernier est-il, pour autant, satisfait ? Pour des raisons que je ne suis pas arrivé à identifier, deux ans plus tard, alors que la controverse tire à sa fin, visiblement il en veut encore à son camarade de corps. Dans une lettre rédigée le 4 octobre 1841 par un Coriolis qui s'avoue malade et souvent dans l'incapacité de travailler<sup>65</sup>, on lit en effet : « Monsieur<sup>66</sup>, ce n'est pas moi qui ai fait ajourner la publication de votre mémoire dans les *Annales*<sup>67</sup>. Je n'ai pas été à la commission depuis plus d'une année [...] » [souligné par l'auteur]. Et à Coriolis de continuer non sans un certain embarras : « Depuis que je vous ai vu, j'ai assisté à des expériences de M. Morin [...] » et « nous

64 Commission du roulage, séance du 3 avril 1839 (ce procès verbal de la séance, copié par la main de Dupuit, se trouve conservé à BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10).

65 De constitution fragile, Coriolis meurt le 19 septembre 1843.

66 Dans une autre lettre adressée à Dupuit en mai 1841, Coriolis employait l'expression « Monsieur et Camarade », BEPC, Fonds Dupuit, MS : 3229, dossier 10.

67 Il s'agit évidemment des *Annales des ponts et chaussées*. Le mémoire en question est sûrement : J. Dupuit, « Mémoire sur le tirage des voitures et sur le frottement... », op. cit., qui sera publié dans cette revue en 1842 mais, vu les données qu'il contient, est envoyé avant cette date.

avons vu ressortir des nombres plus en faveur de la raison inverse du Rayon, voilà ce qui me tient dans la réserve ; néanmoins, je pense toujours que votre théorie est la plus exacte qu'on puisse établir ; que si elle peut à la rigueur prêter encore à quelques objections, il faut en conclure qu'il n'y a pas de théorie générale à établir sur le frottement de roulement s'étendant à tous les cas. Voilà le résumé de l'opinion [...]. Vous pouvez citer ce résumé si cela vous convient »<sup>68</sup>.

Dupuit ne fera jamais publiquement usage de cette lettre (fig. 5). Aux yeux de tous ceux qui n'ont eu accès aux « coulisses » de la controverse, Coriolis restera un « pro-Morin ». Ce ralliement de l'académicien, apparemment vécu par son auteur sur le mode de la tension psychologique, aux vues théoriques de Dupuit, plus la faiblesse causée par la maladie peuvent expliquer, du moins jeter une certaine lumière sur deux faits relativement étranges à première vue. Coriolis ne fera plus partie de la commission des ponts et chaussées quand celle-ci donne, le 19 décembre 1841, son avis final sur les expériences de Morin<sup>69</sup>. Et quand ce dernier présente à l'Académie l'ensemble de ses travaux sur les questions du tirage et de la destruction des routes, ce n'est pas Coriolis non plus qui se charge du rapport au nom de l'institution, mais Guillaume Piobert (1793-1871), ingénieur militaire, collaborateur et ami de longue date de Morin<sup>70</sup>. Piobert, auteur lui-même de travaux sur la question du tirage quelque vingt ans plutôt<sup>71</sup>, rédige par ailleurs un rapport assez ambigu : tout en louant le travail produit par Morin pour sa qualité et son utilité pratique, le rapporteur multiplie les remarques du type : « Un examen attentif ne permet pas à vos Commissaires [de l'Académie] d'admettre d'une manière absolue cette concordance entre les résultats des expériences et les lois que l'auteur [il s'agit de Morin] a cru pouvoir en déduire ; la discussion suivante montrera qu'en effet plusieurs de ces résultats semblent contestables »<sup>72</sup>.

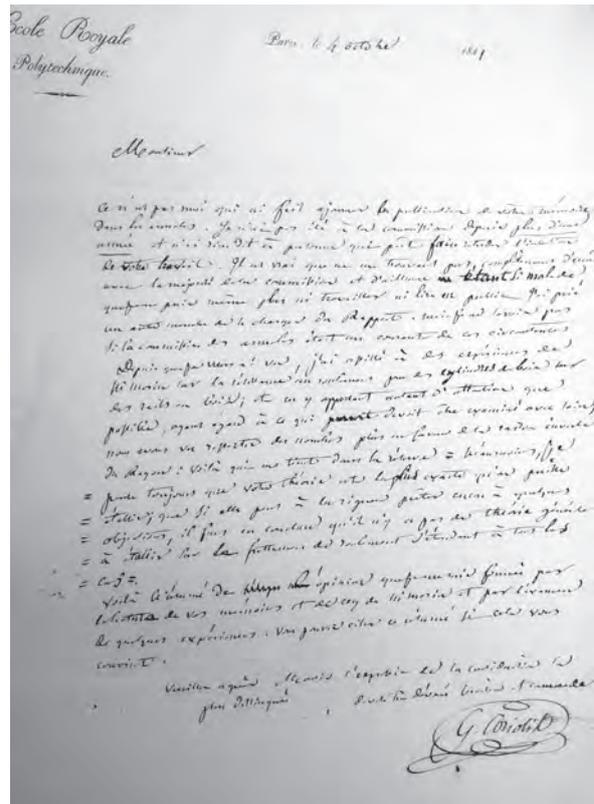


fig. 5 - Lettre de Coriolis à Dupuit, datée du 4 octobre 1841 ; Bibliothèque de l'École des ponts et chaussées, Fonds Dupuit ; MS 3229, dossier 10.

Il termine son rapport de façon également ambiguë en notant que la commission « proposerait l'impression de ce travail dans le *Recueil des Savants étrangers* [cela a été le cas du premier travail de Morin, rapporté par Coriolis], si l'auteur n'avait manifesté l'intention d'en faire l'objet d'une prochaine publication »<sup>73</sup>.

Morin gagne donc la partie, puisque l'Académie des sciences, malgré un rapport ambigu et fait dans des conditions peu transparentes, lui accorde son crédit. La commission des ponts et chaussées va certes demander à « l'administration de vouloir bien donner à M. Dupuit [...] des témoignages de satisfaction »<sup>74</sup>, mais elle se range également du côté de Morin et propose dans le cadre d'un projet de loi des mesures réglementaires en matière de police du roulage (en termes de poids autorisés, de diamètres et de largeur de jantes) qui s'appuient sur les résultats obtenus par l'officier de l'artillerie. Mais celui-ci, s'il gagne la bataille, perd la guerre. Le projet de loi en question ne va pas aboutir, une nouvelle commission

68 Lettre de Coriolis à Dupuit, datée du 4 octobre 1841, BEPC, Fonds Dupuit : MS 3229, dossier 10.

69 H.-C. Emmerly, « Recherches sur les principes qui paraissent devoir former la base d'une nouvelle législation... », *op. cit.*, p. 462.

70 Sur Piobert et ses relations avec Morin, voir l'article de Claudine Fontanon dans ce numéro.

71 Guillaume Piobert, « Rapport sur un Mémoire ayant pour titre : *Expériences sur le tirage des voitures et sur les dégradations qu'elles produisent sur les routes*, présenté par M. Arthur Morin », CRAS, 1<sup>er</sup> semestre 1842, pp. 21-35 (pp. 22-23).

72 *Ibid.*, p. 25.

73 *Ibid.*, p. 35.

74 H.-C. Emmerly, « Recherches sur les principes qui paraissent devoir former la base d'une nouvelle législation », *op. cit.*, p. 462.

est constituée en 1849 avec comme secrétaire Dupuit et une loi, votée en 1851, consacre les positions libérales (anti- réglementation) défendues par Dupuit<sup>75</sup>. Quant à ses études sur le frottement de roulement, des recherches beaucoup plus récentes, menées un siècle après la « fin » d'une controverse qui a rempli de centaines de pages, lui donneront raison sur plusieurs points, et feront de Dupuit l'un des auteurs importants de la science de la tribologie<sup>76</sup>.

### Être savant dans la France des années 1830 et 1840

Comme annoncé en introduction, c'est la « composante » humaine de la scène scientifique parisienne que j'aimerais explorer davantage dans cette troisième et dernière partie de l'article. Non pas pour sonder les âmes de deux protagonistes de la controverse dans ce qu'ils ont d'idiosyncrasique. Mais pour essayer de tirer des renseignements plus généraux sur « l'anthropologie » (nécessairement historique) du savant français de l'époque. Pour ce faire, je vais m'appuyer sur la production écrite des deux polytechniciens, en m'intéressant de près à la façon dont ils ont « mis en texte » leur travail expérimental.

Premier élément à prendre en compte : le côté très volumineux des textes produits. L'essai publié par Dupuit en 1837 fait quelque 170 pages, et son mémoire paru dans les *Annales des ponts et chaussées* en 1842 compte pas moins de 75 pages. Morin est encore davantage prolix. Son livre de 1839 remplit 102 pages (sans compter le volumineux avant-propos), celui de 1842 est fort de quelque 400 pages. Comment nos expérimentateurs arrivent-ils à fabriquer des volumes de cette dimension ?

Des remerciements très longs, adressés à des « protecteurs » et des patrons éclairés – tels que le ministre de la Guerre et plusieurs généraux pour Morin, le directeur du corps des ponts et chaussées Legrand, pour Dupuit –, auxquels s'ajoutent des remerciements adressés à tous ceux qui ont assisté aux expériences pour apporter leur aide ou tout simplement leurs témoignages sur le (bon) déroulement de l'expérience remplissent déjà plusieurs pages. Des revues critiques, assez garnies, des travaux antérieurs sur les différents aspects des questions traitées font également gonfler le volume des mémoires. Mais ce sont l'exposition détaillée des dispositifs expérimentaux utilisés, les comptes rendus circonstanciés non seulement des résultats obtenus mais aussi de la façon précise dont ceux-ci ont été produits, la mention des circonstances particulières

dans lesquelles les expériences se sont déroulées (présence de tel témoin, par exemple<sup>77</sup>) enfin qui expliquent pour l'essentiel la taille imposante des mémoires.

Pourquoi ce luxe de détails, qui fait rapprocher les mémoires de deux polytechniciens des comptes rendus circonstanciés qu'affectionnaient un Robert Boyle (1627-1691) et les membres de la *Royal Society* durant le XVIII<sup>e</sup> siècle ? Les raisons avancées par Steven Shapin, qui a étudié ces comptes rendus de l'époque moderne – on lui doit le terme de « technologies littéraires » pour caractériser les moyens d'exposition des résultats obtenus par voie expérimentale<sup>78</sup> –, me paraissent également recevables pour notre cas : les détails sont chargés, en effet, de convaincre du bien fondé des résultats obtenus tous ceux qui n'étaient pas de témoins directs du travail de l'expérimentateur. Soulignons, par ailleurs, que pour le type particulier d'expériences, expériences grandeur nature (« en plein air »), auxquelles se livrent Dupuit et Morin, il est d'autant plus nécessaire d'étaler ces détails que l'on est loin de pouvoir établir des protocoles d'expérimentation standardisés, partagés et maîtrisés par plusieurs expérimentateurs.

Mais peut-être ces détails mobilisés pour rassurer le lecteur du mémoire, sont-ils investis aussi de la mission de convaincre, en même temps que le destinataire du rapport, l'expérimentateur lui-même. Car les mémoires des deux protagonistes de la controverse étudiée dans cet article, tout comme d'autres mémoires de la période concernée ici<sup>79</sup>, mettent

77 Le rapport de Morin publié en 1839 comprend de façon significative une « Pièce à l'appui des résultats des expériences sur la dégradation des routes », composée de deux pages et signée, outre Morin lui-même, par deux ingénieurs du service départemental des ponts et chaussées de la Moselle qui avaient assisté à un certain nombre d'expériences (A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, op. cit., pp. 97-98).

78 Steven Shapin, « Pump and circumstances. Robert Boyle's literary theory », *Social Studies of Science*, vol. 14, n° 4, 1984, pp. 481-520 ; Steven Shapin et Simon Schaffer, *Leviathan et la pompe à air. Hobbes et Boyle entre science et politique*, Paris, La Découverte, 1993 (éd. or. 1985), chap. 2 notamment.

79 Voir, par exemple, Konstantinos Chatzis, « Jean-Victor Poncelet (1788-1867) ou le Newton de la mécanique appliquée. Quelques réflexions à l'occasion de son cours inédit à la Sorbonne », *SABIX*, n° 19, juin 1998, pp. 69-97 (pp. 77-79, notamment, où il est question du rapport signé par Jean-Victor Poncelet et Joseph-Aymé Lesbros, *Expériences hydrauliques sur les lois de l'écoulement de l'eau à travers les orifices rectangulaires verticaux à grands dimensions*, Paris, Imprimerie royale, 1832 ; sur ces expériences, voir la contribution de Bruno Belhoste dans ce numéro).

75 Voir K. Chatzis, « Jules Dupuit, ingénieur des ponts et chaussées », op. cit., pp. 669-670.

76 Voir D. Dowson, *History of Tribology*, op. cit., pp. 239-243.

en scène un savant particulièrement *anxieux* de sa propre faillibilité, qui essaie de s'ériger face aux autres certes, mais devant ses propres yeux également, en *sujet digne de confiance*.

Essayons d'identifier les différentes opérations qui participent de la fabrication du sujet à qui l'on peut faire confiance et qui peut se faire confiance. Un certain luxe dans le détail, la reconstitution fidèle des gestes composant la scène expérimentale, qui transforment le lecteur en « participant virtuel », en est une. La revue critique des travaux antérieurs sur les questions traitées, produits par d'autres savants, en est une autre. Mais il y a aussi des opérations qui font penser aux « techniques de soi » analysées par un Michel Foucault ou un Pierre Hadot dans leurs travaux sur l'Antiquité grecque et latine<sup>80</sup>. Prenons, par exemple, ce passage tiré du premier mémoire de Morin :

« Pour en découvrir les lois, j'employai d'abord un appareil particulier que je décrirai plus tard, mais le relèvement et la discussion des expériences me montrèrent bientôt que, malgré tous mes soins et toute la précision des moyens d'observation, l'influence des masses mises en mouvement était telle que, dans tous les cas où la résistance était très faible, il devenait impossible d'en apprécier la valeur avec exactitude par ce moyen. Je fus donc obligé de renoncer à l'employer et de recommencer une portion considérable de mon travail »<sup>81</sup>.

A quoi bon parler de ces expériences ratées, qui, par définition, n'apportent rien, à cause de leur déficience, à une connaissance valide ? La raison d'être de ces déclarations est à chercher, me semble-t-il, ailleurs. Dans une démarche qui vise à produire de la confiance, les erreurs commises, les tâtonnements et les hésitations qui scandent le parcours de l'expérimentateur, les accidents survenus, ont, tous, leur place à part entière dans le récit : un homme qui rapporte les expériences

80 Pour une introduction à leurs travaux sur ce sujet, voir : Michel Foucault, « Usage des plaisirs et techniques de soi » (1983) et « À propos de la généalogie de l'éthique : un aperçu du travail en cours » (1984), dans Id., *Dits et écrits II, 1976-1988*, Paris, Gallimard (coll. Quarto), 2001, pp. 1358-1380 et pp. 1428-1450 respectivement ; Pierre Hadot, *La Philosophie comme manière de vivre. Entretiens avec Jeannie Carliet et Arnold I. Davidson*, Paris, Albin Michel, 2001, chap. 6, 7 et 8 notamment.

81 A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, op. cit., p. xxvij.

échouées, qui ne dissimule ni les difficultés rencontrées ni les gestes ratés, est un homme de bonne foi, quelqu'un dont l'amour de la vérité n'est pas contaminé par des préoccupations d'ordre personnel, telles que l'orgueil par exemple. La confession et l'aveu des erreurs, des « péchés » commis lors de l'expérimentation, font donc partie intégrante du comportement adéquat du bon expérimentateur qui cherche à établir la confiance et, à travers elle, la vérité partagée.

Les auteurs n'hésitent pas à avouer même des tentations possibles, heureusement victorieusement combattues. Ainsi Dupuit, avant même qu'il ne soit accusé de quoi que ce soit, se sent obligé d'assurer le lecteur qu'il n'est pas coupable de tricherie ou de bricolage des résultats :

« Avant de commencer l'examen de nos expériences, qu'il nous soit permis de protester de ce qu'on peut appeler la vérité des chiffres qui les résument. Plus instruit aujourd'hui que nous ne l'étions en commençant, et sûr de n'être pas démenti par des nouvelles expériences, nous aurions pu facilement en corriger les écarts et leur donner une apparence d'exactitude qui eût facilité nos démonstrations, mais nous avons voulu, au contraire, les livrer à l'examen tels que l'observation les avait donnés, pour qu'on pût [sic] apprécier la probabilité des principes que nous en avons déduits, et même en déduire d'autres au besoin »<sup>82</sup>.

Et les aveux ne tarissent pas. Dans l'avant-propos de son Mémoire de 1842, Morin avoue ainsi l'amitié qui le lie avec le nouveau rapporteur de la commission de l'Académie : « [...] le même physicien [il s'agit de Piobert], après avoir discuté avec une sévérité scrupuleuse dont je le remercie et qui était d'autant plus nécessaire que les liens d'amitié qui nous unissent sont plus connus [...] »<sup>83</sup>.

L'expérimentateur des années 1830-1840, illustrerait-il alors cette « bête d'aveu » qu'est devenu l'homme en Occident, d'après Foucault<sup>84</sup> ? Mais quittons la technique de l'aveu,

82 J. Dupuit, *Essai et expériences sur le tirage des voitures*, op. cit., p. 5.

83 A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs...*, op. cit., p. xxviii.

84 Michel Foucault, *Histoire de la sexualité*, t. I : « La volonté de savoir », Paris, Gallimard, 1976. Dans cet ouvrage, l'auteur s'intéresse au jeu de rapports de plus à plus serrés développés depuis le XIX<sup>e</sup> siècle entre les pratiques de l'aveu et l'obtention de la vérité dans les domaines de la justice, de la médecine,

pour évoquer brièvement deux autres opérations grâce auxquelles nos expérimentateurs espèrent pouvoir s'élever au statut d'un sujet digne de confiance. La première consisterait en l'effacement de l'expérimentateur pour permettre à la nature de parler d'elle-même<sup>85</sup>.

Effacement qui peut se produire de plusieurs façons : grâce à l'usage d'*instruments auto-enregistreurs*, par exemple, qui laissent la nature s'exprimer sans la médiation d'un sujet par essence faillible. Ainsi, malgré l'avalanche des chiffres contenus dans son rapport de 1839, Morin croit bon d'ajouter à la fin de l'avant-propos de l'ouvrage : « Je crois avoir établi les conclusions que je formule sur une saine discussion des données de l'expérience, mais je conserve entre mes mains, pour les produire, s'il y a lieu, tous les résultats immédiats qu'elle a fournis. Ils sont littéralement parlant, écrits par les chevaux sur le papier [c'est l'auteur qui souligne], et sont ainsi autant de preuves matérielles à l'appui de l'exactitude de mon travail »<sup>86</sup>.

Cet effacement du savant peut se produire aussi par un appel au calcul mathématique dont le caractère mécanique neutralise le jugement subjectif du savant. Écoutons Dupuit, cette fois :

---

cine, de la pédagogie, dans les rapports familiaux, dans les relations amoureuses, dans l'ordre le plus quotidien... Il reste à savoir si ces similarités sont accidentelles ou elles reflètent des connivences plus profondes. Sur la question de la confession, voir aussi les réflexions de Peter Medawar, « Is the scientific paper a fraud ? » et de J.W.N. Watkins, « Confession is good for ideas », dans David Edge (ed.), *Experiment : a series of scientific case histories*, Londres, BBC, 1964, pp. 7-12 et pp. 64-70 respectivement.

85 Lorraine Daston et Peter Galison, « The Image of Objectivity », *Representations*, vol. 40, automne 1992, pp. 81-128. La description que Nietzsche donne de cet « idéal d'effacement » à travers le tableau de l'« homme objectif » ou « savant idéal » reste, à notre sens, inégalée dans sa force expressive : « L'homme objectif est en effet un miroir : habitué à se soumettre à tout ce qui veut être connu, sans autre joie que celle de connaître, de « refléter », il attend que quelque chose se présente et alors il s'étale doucement, pour que sa surface, son épiderme retienne les empreintes les plus légères et le passage furtif d'êtres fantomatiques. Ce qu'il lui reste de « personnel » lui semble fortuit, souvent arbitraire et encore plus souvent gênant, tant il ne se considère plus que comme un lieu de passage et le reflet de formes et d'événements étrangers » (Friedrich Nietzsche, *Par-delà le bien et le mal* (1886), dans Id., *CŒuvres*, vol. II, Paris, Robert Laffont (coll. Bouquins), 1993, sixième partie : « Nous, les savants », p. 653).

86 A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, op. cit., p. xxviiij.

« [...] ou je me suis trompé dans les calculs, et alors il suffit de signaler l'erreur pour en détruire les résultats ; ou je ne me suis pas trompé, et alors je demanderai ce que peuvent prouver des expériences en contradiction avec les calculs, sinon l'inexactitude de celui qui les a faites »<sup>87</sup>.

Dernière opération enfin participant à la création d'un sujet digne de confiance : « l'objectivation de soi ». C'est Dupuit toujours qui s'exprime : « Lors de mes premières expériences, quand j'apportais dans l'appréciation des résultats, l'impartialité toute naturelle à celui [c'est moi qui souligne] qui aborde une question pour la première fois, ce fut avec regret que je les vis en contradiction avec ceux de Coulomb ; craignant de m'être trompé, je multipliai les expériences [...] »<sup>88</sup>.

Quant à Morin, l'opération de l'« objectivation de soi » est encore plus explicite :

« Cette position particulière [la sienne] était au reste favorable pour une étude importante de certaines parties de la question, et surtout pour tout ce qui pouvait être relatif à la dégradation des routes. N'étant en effet sous l'emprise d'aucune préoccupation d'état ni d'intérêt privé, n'apportant pas à la conservation des routes cet intérêt, en quelque sorte paternel, qui est dans le devoir de l'ingénieur des ponts-et-chaussées, et totalement désintéressé à l'augmentation ou à la diminution des chargements [c'est le cas des transporteurs], je n'avais d'opinion préalable ni même de prévisions sur aucun résultat. La vérité seule quelle qu'elle fût et les moyens de la constater m'intéressaient. Cette sorte d'indépendance morale [c'est moi qui souligne] est une circonstance heureuse dans de semblables recherches, car il est bien difficile de ne pas se laisser préoccupé malgré soi, par ses intérêts, ou par certaines conditions de position et, en parlant de cette tendance naturelle à l'homme, je n'entends en faire un sujet de blâme pour personne, car je serais loin de me croire plus exempt qu'un autre de cette influence, s'il s'agissait d'une question relative à mon état ou à mes études habituelles »<sup>89</sup>.

---

87 Jules Dupuit, « Réponse au Mémoire de M. Morin sur le tirage des voitures, lu à l'Académie des Sciences (séance du 25 janvier 1841) », *CRAS*, 1<sup>er</sup> semestre 1841, pp. 482-486 (p. 486).

88 J. Dupuit, « Mémoire sur le tirage des voitures et sur le frottement », op. cit., p. 262.

89 A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, op. cit., p. xiiij.

## Conclusion

Récapitulons avant de conclure : qu'a-t-on vu jusqu'à présent ? Une scène scientifique parisienne peuplée d'acteurs de nature diverse : des institutions que l'on associe spontanément au développement du savoir, comme l'Académie des sciences, mais aussi des structures bureaucratiques qui n'ont pas comme fonction première la promotion des sciences, comme l'administration des ponts et chaussées et le ministère de la Guerre. Une scène sur laquelle le réseau polytechnicien est omniprésent et qui accueille, à côté des échanges institutionnalisés et ritualisés – tels que la lecture des mémoires à l'Académie des sciences et les comptes rendus des séances de travail des commissions –, de nombreux échanges informels : ceux-ci suivent souvent des voies écrites (lettres) mais peuvent être aussi oraux, à l'occasion d'une réunion ou d'une visite dans les lieux d'expérimentation, par exemple. Une scène enfin qui fait penser à la *Comédie humaine* du romancier, puisque on y trouve des êtres en chair et en os, pleins de susceptibilités en tous genres, préoccupés par des questions de priorité et par la reconnaissance des pairs, pris dans des querelles, capables de nouer des intrigues et d'exercer des pressions mais de faire aussi amende honorable, travaillés par le doute et des dilemmes...

De cette scène, « humaine trop humaine », essayons de extraire une série de thèmes pour leur consacrer quelques développements supplémentaires sous forme de questions ouvertes.

Le premier thème est celui des relations nouées entre la science « fondamentale » et l'État depuis le XIX<sup>e</sup> siècle. Comme le lecteur a pu le constater, la controverse entre Dupuit et Morin nous a fait entrer dans un univers où science « pure » et politiques d'État se « co-produisent »<sup>90</sup>. En effet, aux yeux des acteurs impliqués, les lois physiques qui sont censées représenter le phénomène naturel du frottement de roulement ne constituent aucunement une question livresque pour savants ayant comme objectif principal, sinon unique, de dévoiler pour

---

90 Pour utiliser une expression qui a fait florès dans le domaine de Sciences and Technology Studies. Voir Sheila Jasanoff (ed.), *States of knowledge : the co-production of science and social order*, Londres et New York, Routledge, 2004, l'introduction signée par l'éditrice de la collection sous le titre de : « The idiom of co-production », in *ibid.*, pp. 1-12, notamment. Sur cette question, voir en particulier le récent article de Sabine Clarke, « Pure science with a practical aim. The meanings of fundamental research in Britain, circa 1916-1950 », *Isis*, vol. 101, n° 2, 2010, pp. 285-311, qui contient une riche bibliographie.

le seul plaisir de la découverte les secrets de la Nature<sup>91</sup>. Les recherches scientifiques des deux polytechniciens trouvaient leur origine dans des préoccupations éminemment pratiques et visaient explicitement à informer les pratiques gestionnaires d'un État qui se veut de plus en plus rationnel<sup>92</sup>. Par l'intermédiaire de la question de la police du roulage, le « frottement » devient indissociablement question scientifique et objet éminemment politique et intéresse, dans la France des années 1830-1840, autant le savant que l'ingénieur de l'administration chargé de gérer « l'intérêt général au quotidien »<sup>93</sup>. Par ailleurs, ces deux dernières figures se fondent souvent à l'époque en une seule, celle de l'*ingénieur-savant* justement, qui peuple l'Académie des sciences durant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle<sup>94</sup>. Ce couplage *direct* entre connaissance et action, cette « co-production » de la science et de l'État, est-il un phénomène français, lié au fonctionnement d'une institution somme toute très « hexagonale » comme l'École polytechnique pendant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle ? Seule l'étude d'autres « scènes », localisées ailleurs dans l'espace et le temps, permettra de saisir les spécificités de la configuration particulière que j'ai tentée de dépeindre ici<sup>95</sup>.

---

91 Sur le thème du dévoilement, voir Pierre Hadot, *Le voile d'Isis. Essai sur l'histoire de l'idée de Nature* (2004), Paris, Gallimard (folio essais), 2008.

92 Sur l'émergence et la consolidation progressive de l'État « rationnel » moderne, voir en première approche la somme de Michael Mann, *The sources of social power, vol. II : The rise of classes and nation-states, 1760-1914*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993, chap. 11, 12, 13, 14.

93 Nous empruntons cette dernière expression à François Etnier, *Histoire du calcul économique en France*, Paris, Economica, 1987, p. 113.

94 Sur l'ingénieur-savant, voir B. Belhoste et K. Chatzis, « From technical corps to technocratic power ... », *op. cit.* Sur la place des ingénieurs-savants au sein de l'Académie des sciences, pendant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, voir le récent Bruno Belhoste, *La Formation d'une technocratie. L'École polytechnique et ses élèves de la Révolution au Second empire*, Paris, Belin, 2003, pp. 83-88 et *passim* ; et le classique Maurice Crosland, *Science under Control: the French Academy of Sciences, 1795-1914*, Cambridge, Cambridge University Press, 1992.

95 Par exemple, à en croire H. Otto Sibum, « Experimentalism in the Republic of Letters », *Science in Context*, vol. 16, n° 1-2, 2003, pp. 89-120, la place de l'expérimentation à visée utilitaire durant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle ne semble pas être la même dans une France scientifique dominée à l'époque par des polytechniciens, qui accordent à l'expérimentation ses lettres de noblesse scientifique, et à l'Allemagne de l'Université humboldtienne.

Un autre thème qui émerge de cette enquête et qui mérite à notre sens des recherches supplémentaires, toujours dans une perspective comparative dans l'espace et le temps, est celui de l'« économie morale de la science »<sup>96</sup>, à savoir le réseau de valeurs saturées d'affects qui soutient le travail quotidien d'une communauté scientifique<sup>97</sup>. En essayant de saisir les microstructures de la communication entre les participants à la controverse autour du frottement de roulement, nous avons vu, en effet, que les thèses défendues par les uns et par les autres sont chargées d'une grande énergie émotionnelle, dont l'intensité est renforcée par les multiples interactions – qu'elles soient par voie écrite ou sous forme de rencontres en face à face – entre les participants au débat<sup>98</sup>. Loin d'être réduite à un échange entre arguments désincarnés, la discussion scientifique engage profondément la subjectivité du savant. Or cette dernière ne doit pas être vue comme le contraire

de l'objectivité, un résidu à éliminer pour accéder à la vérité, mais comme le corollaire en quelque sorte de cette même objectivité recherchée, l'un des deux pôles d'un seul mouvement produisant à la fois l'objectivation (du monde) et la subjectivation (du savant). Quant Morin s'efface derrière ses instruments auto-enregistreurs, il se conçoit et agit comme un sujet d'un type particulier qui correspond à un idéal spécifique d'objectivité, que l'on peut nommer à la suite des historiens Daston et Galison, l'objectivité mécanique (laisser la nature parler d'elle-même)<sup>99</sup>. Quels sont les ressorts de l'« économie morale » qui caractérise la controverse que nous venons d'analyser ? Quels sont les « dispositifs » (règles, traditions, enseignements, institutions,...)<sup>100</sup> à l'origine de la subjectivité distincte dont font montre nos deux ingénieurs-savants ?

96 Je reprends ici le titre, et la définition qui s'y trouve, de l'article de l'historienne Lorraine Daston, « The moral economy of science », *Osiris*, vol. 10, 1995, pp. 2-24. Sur la fortune du concept dans le domaine de l'histoire et de la sociologie des sciences, voir, entre autres, le récent article de Didier Fassin, « Les économies morales revisitées », *Annales HSS*, n° 6, novembre-décembre 2009, pp. 1237-1266.

97 Pour une mise en scène magistrale des affects, des véritables « tourments de la vérité (ou de l'erreur) », qui ont assailli l'astronome Méchain, voir Ken Alder, *Mesurer le monde : l'incroyable histoire de l'invention du mètre*, Paris, Flammarion (coll. Champs), 2002.

98 Sur cette idée, voir Randall Collins, *The sociology of philosophies : a global theory of intellectual change*, Cambridge (Mass.), Belknap Press of Harvard University Press, 1998. Les positions de Collins sont commodément résumées par Martin Mulrow, « Qu'est-ce qu'une constellation philosophique ? Propositions pour une analyse des réseaux intellectuels », *Annales HSS*, n° 1, janvier-février 2009, pp. 81-109 (pp. 90-93, notamment).

99 Sur l'objectivité mécanique, le sujet qui va avec, et plus généralement, sur les formes historiques de l'objectivité scientifique (et des conceptions de « soi » scientifique correspondantes), voir : Lorraine Daston et Peter Galison, *Objectivity*, Brooklyn, Zone Books, 2007, ainsi que le dossier consacré à l'ouvrage dans *Victorian Studies*, vol. 50, n° 4, 2008, pp. 641-677 (textes de Theodore M. Porter, Jennifer Tucker, Amanda Anderson, accompagnés d'une réponse de la part des auteurs). Voir aussi l'article de Simon Schaffer, « Self Evidence », *Critical Inquiry*, vol. 18, n° 2, hiver 1992, pp. 327-362.

100 Pour reprendre le vocabulaire de Michel Foucault dont les réflexions sur le double mouvement d'objectivation et de subjectivation, de la genèse réciproque de l'objet de la connaissance et du sujet de la science, par l'intermédiaire des « dispositifs » justement, sont ici décisives. En guise d'introduction, voir les commentaires que Paul Veyne consacre à cet aspect de l'oeuvre de Foucault dans son récent livre : Paul Veyne, *Foucault, sa pensée, sa personne* (2008), Paris, Librairie Générale Française, 2010 (coll. Le Livre de Poche), pp. 146-150 et *passim*.

**Chronologie des différents moments publics de la controverse  
entre les deux polytechniciens (1837-1842)**

**année 1837** : J. Dupuit, *Essai et expériences sur le tirage des voitures...*, Paris, Carilian-Goeury, 1837 ;

**12 novembre 1838** : A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures* (Académie des sciences) ;

**3 décembre 1838** : A. Morin, *Nouvelles expériences sur le tirage des voitures* (Académie des sciences) ;

**31 décembre 1838** : G.-G. de Coriolis, *Rapport sur un Mémoire de M. Morin ayant pour objet des recherches expérimentales sur le tirage des voitures...* (Académie des sciences) ;

**25 novembre 1839** : J. Dupuit, *Résumé du Mémoire sur le tirage des voitures et sur le frottement de seconde espèce* (Académie des sciences) ;

**9 décembre 1839** : J. Dupuit, *Supplément à un précédent Mémoire sur le tirage des voitures et le frottement de seconde espèce* (Académie des sciences) ;

**année 1839** : A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 et 1838*, Metz, Mme Thiel ; Paris, Carilian-Gœury et L. Mathias, 1839 ;

**20 janvier 1840** : A. Morin, *Second Mémoire sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs qu'elles exercent sur les routes* (Académie des sciences) ;

**3 février 1840** : J. Dupuit, *Second supplément au Mémoire sur le tirage des voitures et sur le frottement de seconde espèce* (Académie des sciences) ;

**25 janvier 1841** : A. Morin, *Supplément à un précédent Mémoire sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs qu'elles exercent sur les routes* (Académie des sciences) ;

**15 mars 1841** : J. Dupuit, *Réponse au Mémoire de M. Morin sur le tirage des voitures, lu à l'Académie des sciences (séance du 25 janvier 1841)* (Académie des sciences) ;

**29 novembre 1841** : A. Morin, *Note sur la résistance au roulement des corps les uns sur les autres, et sur la réaction élastique des corps qui se compriment réciproquement* (Académie des sciences) ;

**3 janvier 1842** : G. Piobert, *Rapport sur un Mémoire ayant pour titre : Expériences sur le tirage des voitures et sur les dégradations qu'elles produisent sur les routes, présenté par M. Arthur Morin* (Académie des sciences) ;

**année 1842** : J. Dupuit, « Mémoire sur le tirage des voitures et sur le frottement de roulement », *Annales des ponts et chaussées*, 1<sup>er</sup> semestre 1842, pp. 261-335 ;

**année 1842** : A. Morin, *Expériences sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs qu'elles exercent sur les routes...*, Paris, L. Mathias, 1842.