Bulletin de la Sabix

Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de
l'École polytechnique

67 | 2021

**La théorie et la pratique dans les travaux et la
correspondance d'Émile Clapeyron et de Gabriel Lamé
(1818-1835)**

Épilogue

La théorie et la pratique dans un discours de Gabriel Lamé à la Faculté
des sciences de Paris (1851)

Évelyne Barbin

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/sabix/2903>

DOI : 10.4000/sabix.2903

ISSN : 2114-2130

Éditeur

Société des amis de la bibliothèque et de l'histoire de l'École polytechnique (SABIX)

Édition imprimée

Date de publication : 1 août 2021

Pagination : 205-221

ISSN : 0989-30-59

Référence électronique

Évelyne Barbin, « Épilogue », *Bulletin de la Sabix* [En ligne], 67 | 2021, mis en ligne le 01 août 2021,
consulté le 21 novembre 2021. URL : <http://journals.openedition.org/sabix/2903> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/sabix.2903>

Épilogue

La théorie et la pratique dans un discours de Gabriel Lamé à la Faculté des sciences de Paris (1851)

Évelyne Barbin

Une commission chargée de réformer les programmes de l'École polytechnique a été nommée le 6 juillet 1850, elle est présidée par Louis-Jacques Thénard, mais l'astronome Urbain Le Verrier prend l'ascendant. En 1840, Coriolis avait écrit une « Note sur les changements à faire au programmes d'admission de l'École polytechnique » qui concernait l'ensemble du système, des classes préparatoires aux écoles d'application, et qui consistait à opérer des translations, comme de mettre des éléments de calcul différentiel et intégral au programme d'admission à l'École polytechnique et d'alléger ainsi le programme de cette École pour y introduire des éléments théoriques enseignés dans les Écoles d'application, par exemple sur les effets des machines⁵¹². Certaines propositions de 1850 reprennent celles de Coriolis, par exemple sur l'introduction du calcul dans les classes préparatoires⁵¹³, mais leur esprit est différent. Ernest Mercadier écrira dans le *Livre du Centenaire* que Le Verrier et ses

amis « étaient, disaient-ils eux-mêmes, des hommes *pratiques*, qu'il fallait que le candidat fût déjà exercé à la pratique, que l'élève eût constamment sous les yeux qu'il devait être un homme pratique, que le professeur élaguât de son cours, de gré ou de force, tout ce qu'il jugeait inutile à la pratique »⁵¹⁴.

Écrits près d'un demi-siècle après la réforme, le caractère acerbe de ces propos permettent de comprendre la virulence des débats que la réforme suscitera à partir de 1850 et l'impression pour certains scientifiques qu'ils vivent une crise grave et majeure pour l'École, comme Lamé et le mathématicien Olry Terquem⁵¹⁵, ancien élève de l'École en 1801 et fondateur en 1842 avec Camille-Christophe Gerono des *Nouvelles annales de mathématiques*, destinées aux candidats des Écoles polytechnique et normale. Terquem écrit en 1850 à propos de la Commission de Le Verrier: « *l'utilité* y domine, les sommités mathématiques sont exclues [...]. Féli-

512. [Moatti, 2011, 295].

513. [Belhoste, 2003, 223], [Renaud, 2017, 274-278]

514. [École polytechnique, 1895, 66]

515. [Renaud, 2017, 277].

citons-nous de n'avoir plus ni Descartes, ni Lagrange, ni Laplace; individus qui enrayent l'esprit humain, mais qui sont heureusement d'une excessive rareté. Confiée désormais à une population de savants utiles, la gloire intellectuelle de la France ne connaîtra plus d'infranchissable limites »⁵¹⁶.

Ce n'est pas sur ce terrain de l'utilité que Lamé critique la réforme. Il a été professeur de l'École polytechnique jusqu'en 1842 et il est nommé professeur à la Faculté des sciences de Paris⁵¹⁷ en 1851, en remplacement de Guillaume Libri qui occupait la chaire de calcul de probabilités. Il saisit l'occasion du discours qu'il prononce lors de la reprise du cours pour s'exprimer sur la réforme en cours à l'École polytechnique. Le discours est repris dans un texte occupant 24 pages des *Nouvelles Annales mathématiques*⁵¹⁸:

Aujourd'hui, sous le prétexte de quelques réformes, peut-être nécessaires, dans l'enseignement des sciences exactes, on s'attaque aux théories et aux savants; on les déprécie, on les repousse, on restreint de plus en plus l'espace qu'ils occupent, pour faire une plus large place aux applications et aux praticiens. Si cet envahissement systématique continue, la véritable science, et ceux qui s'en occupent exclusivement, ne tarderont pas à disparaître. Une telle révolution dans l'enseignement sera-t-elle un progrès, ou une décadence? Je n'ai pu résister au désir d'aborder encore une fois cette question, de l'envisager aujourd'hui sur toutes ses faces, de jeter enfin une sorte de cri, dans l'espoir de conjurer un dangereux orage. Tel est le sujet que je me propose de traiter dans ce discours préliminaire. Que ne puis-je lui donner une force capable d'arrêter la destruction!

D'abord, il me sera facile, sans entrer dans trop de détails historiques, de faire ressortir cette vérité, que les mathématiques doivent les immenses progrès qu'elles ont faits, depuis deux siècles, à l'idée de les appliquer; c'est-à-dire que leur utilité plus ou moins immédiate, a toujours dicté ces progrès. Remontez à leurs découvertes principales, elles n'apparaissent d'abord que comme des spéculations philosophiques; mais elles sont suivies, de très près, par des applications importantes qui viennent doubler leur valeur. Et l'on ne saurait trop admirer cette logique cachée, et en quelque sorte instinctive, de l'esprit humain, qui, d'abord découvre et perfectionne l'instrument, puis entreprend hardiment, et à coup sûr, le travail utile pour lequel cet instrument était indispensable.

Lamé donne ensuite un historique sur six pages en passant par l'invention de l'analyse et du calcul infinitésimal, avec Descartes, Pascal, Fermat et Leibniz, et la création de la mécanique rationnelle, avec Euler, les Bernoulli et d'Alembert, jusqu'aux travaux les plus récents pour montrer « tout ce que les géomètres modernes ont entrepris, pour hâter les progrès des sciences d'application »⁵¹⁹. Sa liste se termine par l'application des principes de la mécanique rationnelle, surtout ceux des vitesses virtuelles et des forces vives, pour déduire la « théorie des machines », celle des moteurs, leur perfectionnement et ceux de « ces agents industriels ». Puis il cite « d'importants travaux » sur la théorie des nombres, l'analyse pure et le calcul des probabilités, travaux dont l'utilité est « facilement constatée » pour leurs applications diverses ou par « leur réaction sur les autres branches mathématiques ».

516. [Terquem, 1850, 270].

517. [Bertrand, 1878].

518. [Lamé, 1851, 215-216].

519. [Lamé, 1851, 221].

Pendant un demi-siècle, les sciences exactes ont donc connu le progrès grâce aux applications qu'elles visaient. Tandis que, maintenant, se côtoient deux classes de géomètres, les géomètres théoriciens et les géomètres praticiens⁵²⁰ :

N'est-il pas de la dernière évidence que, durant le demi-siècle qui vient de s'écouler, les sciences exactes ont réellement fait, en vue même des applications, beaucoup plus de progrès que dans tous les siècles précédents ? Si l'on objectait que les savants de nos jours, à qui la gloire en revient, ne paraissent pas cependant, étant vus de près, pouvoir être comparés aux illustres géomètres qui les ont précédés, nous répondrions que la plus grande importance des résultats obtenus s'explique tout naturellement, et par le plus grand nombre des travailleurs modernes, et par les ressources qu'ils ont puisées dans l'héritage même du siècle dernier.

Tout indique que cette ardeur scientifique, loin de se ralentir, va au contraire en s'accroissant ; les annales de la science inscrivent fréquemment les noms de nouveaux géomètres que signalent la France, l'Allemagne, et même l'Angleterre, où les mathématiques étaient peu cultivées depuis l'époque newtonienne, et qui se réveille enfin d'un long assoupissement. Et c'est lorsque le travail est si bien préparé, lorsque tant d'efforts s'y concentrent, c'est ce moment que l'on semble choisir pour arrêter le mouvement scientifique en France, par des réformes, au moins inopportunes.

Mais à côté, et parallèlement à la phalange des géomètres théoriciens, qui paraît destinée à poursuivre le grand œuvre de la Mécanique terrestre, s'en meut une autre, plus nombreuse, plus impatiente, moins disciplinée, celle des géomètres praticiens. En tête, se trouvent

les savants qui appliquent les formules trouvées à l'astronomie, construisent les Tables des mouvements planétaires, déduisent, de longs calculs numériques, le retour des comètes, l'instant de leur passage au périhélie, l'existence et les éléments de nouvelles planètes perturbatrices, et qui, comme Clairaut, Delambre, Bessel, Savary et M. Le Verrier, vérifient les dernières conséquences du principe de la pesanteur universelle. Puis viennent les savants qui utilisent les Tables de statistique, pour en déduire, à l'aide des formules fournies par le calcul des probabilités, le mouvement de la population, le taux des rentes viagères, celui des assurances de toute espèce. Enfin se présentent les ingénieurs, qui appliquent la mécanique rationnelle à l'étude de leur art ; qui s'efforcent de déduire, du principe des forces vives, le calcul complet de l'effet des machines, du travail des moteurs, de la résistance des matériaux, et qui, ne trouvant pas les sciences théoriques assez avancées pour résoudre complètement toutes ces questions, comblent les lacunes par des procédés approximatifs, pouvant suffire actuellement : tel est, en effet, le but d'une multitude de travaux de MM. Poncelet, Piobert, Morin, Combes, et de presque tous nos ingénieurs.

Ce partage des géomètres, en théoriciens et praticiens, n'établit aucun parallèle défavorable à l'une ou à l'autre des deux classes. Les fonctions sont seules essentiellement différentes. Ces fonctions sont éminemment utiles, chacune de son côté, pas plus l'une que l'autre ; et d'icelle division du travail général, il importe que la concorde règne dans les deux camps, afin que leur puissance d'action ait tout son effet. Il arrive souvent d'ailleurs qu'un même savant cumule les deux fonctions, au grand avantage de la théorie et de l'application. Je citerai comme exemples : M. Delaunay, théoricien par

520. [Lamé, 1851, 222-224].

ses recherches d'analyse, de géométrie et de mécanique, praticien par ses travaux sur les Tables lunaires et sur les marées; M. Bienaymé, théoricien par ses recherches sur le calcul des probabilités, et praticien par ses travaux sur les Tables de mortalité et sur d'autres applications; enfin M. Poncelet, théoricien par ses belles recherches sur la géométrie et la mécanique rationnelle, praticien par ses calculs sur les machines et les moteurs.

Mais, en dépit de tant de liens et malgré toutes les apparences d'une entente parfaite, c'est dans le camp des géomètres praticiens purs que s'est propagée une fausse appréciation de l'utilité des sciences exactes. Erreur, illusion dangereuse; car si elle parvient à diriger l'enseignement, la décadence est imminente. Les ingénieurs, habitués à de pénibles travaux d'application, voyant clairement les imperfections de la théorie, ne pouvant y remédier à l'aide d'une analyse rigoureuse, ont essayé d'y suppléer par d'autres recherches, ils ont créé une sorte de physique mathématique factice, s'appuyant sur des formules empiriques, c'est-à-dire déduites de l'expérience, et qui peuvent être employées, sans de graves erreurs, entre certaines limites.

Les deux classes de géomètres, théoriciens et praticiens, ont des fonctions différentes, toutes deux utiles. Ce qui est condamné par Lamé se situe ailleurs, dans un manque de rigueur et dans un empirisme incertain, chez les uns ou chez les autres, qu'il impute à ce qu'il nomme « un excès dans la division du travail » entre les ingénieurs et les théoriciens. Il en vient à l'enseignement avec l'exemple de celui que Clapeyron et lui-même ont assuré à l'Institut de Saint-Petersbourg. Avec cet exemple et celui de Navier, il montre les bénéfices de la situation où un ingénieur s'occupe à la fois de cours de théorie et de cours d'application :

C'est ainsi que d'habiles géomètres, tant théoriciens que praticiens, ont quelquefois sacrifié leur talent à de fausses idoles. Et la preuve n'est pas loin: feuillotez l'immense recueil des travaux mathématiques de notre époque, vous y distinguerez facilement deux genres d'analyse appliquée. L'une prudente, rigoureuse, ne s'appuyant que sur des principes incontestables, riche de déductions, féconde par ses conséquences, à laquelle les amateurs donnent à bon droit l'épithète d'élégante. L'autre, plus hardie d'abord, mais s'appuyant sur des hypothèses hasardées, qui la conduisent péniblement à des résultats numériques incertains, noyés dans des calculs lourds, inextricables, résultats isolés et sans avenir.

Il existe un caractère infaillible auquel tout géomètre pourra reconnaître, lui-même, si son travail appartient au premier ou au second genre. S'il est dans le vrai, s'il a abordé une question bien posée et que l'analyse mathématique puisse résoudre, à chaque difficulté qu'il rencontre, qu'il parvienne à surmonter à force de persévérance, et quelquefois par une véritable découverte analytique, il voit ensuite la question marcher en quelque sorte toute seule, les conséquences se multiplier d'elles-mêmes, jusqu'à ce qu'un nouvel obstacle exige une nouvelle concentration d'efforts, dont le succès ramène la même fécondité; alors il travaille dans le premier genre. Mais s'il a entrepris de résoudre un problème mal défini à l'aide de principes douteux, il est obligé de tourner les obstacles plutôt que de les franchir; la question est, en quelque sorte, récalcitrante, elle ne marche que quand on la pousse; le géomètre travaille alors dans le second genre; et si son œuvre pénible n'est pas indispensable, il ferait bien de ne pas la publier. Malheureusement, nous n'aimons pas à perdre complètement nos peines, et, par ce motif, bien des œuvres indigestes ont vu le jour. D'illustres géomètres ont péché par-là: comparez le beau mémoire

de Poisson, sur l'équilibre de l'électricité statique à la surface des corps conducteurs, avec son pénible travail sur le magnétisme, même en mouvement, qu'il veut expliquer par l'existence de deux fluides magnétiques, et vous comprendrez la distinction que j'établis.

Mais quittons cette pierre de touche des bons travaux, et revenons aux praticiens. Les circonstances ont surtout favorisé la propagation de l'erreur ou de l'illusion que je déplore, et dont je crains les résultats; un excès dans la division du travail a trop éloigné les ingénieurs des sujets de leurs premières études, et du commerce des théoriciens. Deux exemples anecdotiques feront mieux comprendre toute ma pensée. J'emprunte l'un d'eux à ma propre biographie; mais le rôle que j'y ai joué, dû en grande partie aux circonstances, tout autre eût pu le remplir à ma place.

Il y a plus de trente ans, en 1820, M. Clapeyron et moi nous quittons le corps des mines, en France, pour aller à Saint-Petersbourg relever une école d'ingénieurs qui menaçait ruine faute de professeurs. Là, nous avons dû enseigner, successivement et simultanément, toutes les mathématiques, depuis les éléments jusqu'au calcul infinitésimal, la mécanique rationnelle, la théorie des machines, et le cours de construction dans toutes ses parties. Dans cette école, le temps consacré aux études scientifiques était plus limité qu'il ne l'est en France; par exemple, il fallait parcourir toute la mécanique rationnelle en trente leçons; c'était bien peu. Pour utiliser le mieux possible le temps assigné, nous avons à peu près réduit le cours à la connaissance approfondie du principe des vitesses virtuelles et de celui des forces vives, en multipliant leurs applications sur des sujets nombreux. Le cours de machines et celui de construction, que nous professons aussi, nous venaient en aide par les exemples qu'ils fournissent. Et ces trois cours, réunis dans les mêmes

mains, formaient un tout homogène, où dominait la rigueur mathématique et d'où l'empirisme était scrupuleusement banni.

Toutefois, pour rester dans ces conditions dont nous ne voulions nous départir à aucun prix, nous avons dû nous condamner à de rudes travaux de préparation. C'est ainsi que nous avons introduit, peut-être les premiers, dans les cours d'application, le chapitre relatif aux engrenages, à leur génération, au calcul de leurs frottements, celui de la poussée des voûtes et du tracé de leurs joints de rupture; chapitres qui forment, dans les cours dont ils font partie, comme deux oasis de théorie rigoureuse. Cependant nous n'étions pas satisfaits, nous cherchions à jeter les bases de la théorie mathématique de l'élasticité, et notre travail sur l'équilibre intérieur des corps solides indique tous les efforts que nous avons faits, pour éviter l'empirisme et ses funestes conséquences.

En France, à la même époque, Navier se trouvait à la fois professeur d'analyse et de mécanique rationnelle à l'École polytechnique, et chargé d'un cours de machines et de construction aux Ponts et Chaussées. Sans doute dominé comme nous par cette passion pour la rigueur mathématique, que les sciences exactes inspirent à tous ceux qui les professent, il chercha longtemps aussi à restreindre l'espace occupé par l'empirisme dans les cours d'application. Les mêmes circonstances le conduisirent au même but; et il venait de présenter son travail sur les corps élastiques quand le nôtre, presque identique au sien, et enfanté à 800 lieues de Paris, arrivait à son examen. Les recherches de Poisson et de M. Cauchy sur le même sujet sont postérieures aux siennes.

Ainsi, placez des ingénieurs dans des circonstances telles, qu'ils doivent s'occuper à la fois de cours de théorie et de cours d'application, ils travailleront pour ne jamais abandonner la rigueur mathé-

matique, et leur concours accélérera les progrès de la véritable science. Isolez-les, au contraire, chargez-les uniquement de cours d'application, ils resteront géomètres praticiens; et de plus en plus identifiés avec leur science d'attente, ils essayeront de la faire régner seule et sans partage.

Et voilà ce qui explique ce fait singulier, que les plus grands détracteurs d'une célèbre institution, que ceux qui veulent la détruire, s'ils ne la réforment d'après leurs idées anti-scientifiques, ont cependant passé par cette institution même. Résultat déplorable, qui conduit à penser qu'au lieu de restreindre, dans les écoles générales, l'enseignement théorique, pour tailler une plus large place aux cours dits pratiques, ce serait précisément le contraire qu'il faudrait faire; c'est-à-dire introduire, dans les écoles d'application, des cours de haute théorie, semer le bon grain à côté de l'ivraie, afin que les élèves ne perdent pas de vue les saines doctrines, que, constamment placés entre la rigueur mathématique et l'empirisme, leur choix ne soit pas douteux, et, qu'une noble passion aidant, ils fassent aussi tous leurs efforts pour hâter l'époque où l'on pourra se passer de l'à-peu-près. Si cette sage mesure avait été prise lors de l'organisation des corps savants, nous compterions aujourd'hui plus d'un Prony, plus d'un Brisson, plus d'un Navier, plus d'un Coriolis, qui auraient cultivé la science, au lieu de la proscrire.

Contrairement à ce que propose la réforme, il faudrait donc introduire plus de théorie dans les écoles d'application afin que les élèves sachent choisir entre rigueur mathématique et empirisme. Il oppose ainsi deux systèmes d'enseignement des mathématiques :

En résumé, si l'on veut absolument modifier l'enseignement des mathématiques, deux systèmes opposés se présentent pour

diriger les réformes. L'un d'eux propose de restreindre de plus en plus les cours de théorie, et de faire prédominer les cours d'application, les idées de pratique immédiate, en s'étayant sur des lois empiriques. L'autre demande, au contraire, que les cours de théorie soient complétés, qu'ils s'étendent jusqu'aux dernières découvertes des géomètres, dans le but de restreindre, de plus en plus, l'espace occupé par l'empirisme dans les cours d'application. Le premier, ne croyant pas aux progrès futurs de la théorie, et satisfait de son état actuel, veut la fixer à tout jamais dans cet état. Le second, considérant que la science s'éteint et se perd quand on l'empêche d'avancer, et croyant fermement à ses progrès, veut les préparer et les exciter.

On comprend toute la gravité du choix que l'on va faire. Ou le mouvement scientifique continuera à s'accélérer en France, jusqu'à l'achèvement de l'œuvre que j'ai définie; ou bien l'honneur d'y mettre la dernière main appartiendra à une autre nation, et probablement à une autre époque. D'un côté la gloire, de l'autre la décadence. Tout à espérer ou tout à craindre. Cruelle incertitude que je voudrais en vain dissiper, et que de nouvelles explorations sur cette question brûlante ne serviraient qu'à augmenter.

On pourra trouver que j'attribue trop d'influence à certains actes, m'accuser même de douter de la science, qui marche et atteint son but, malgré les efforts contraires de ceux qui la dédaignent. On pensera que si, par suite des réformes dont j'ai signalé le danger, telle institution ne produit plus de bons géomètres, alors ceux-ci se formeront ailleurs; dans une école voisine, par exemple, école d'où sont déjà sortis tant d'excellents professeurs, et des jeunes savants dont les noms retentissent dans nos académies.

Tout cela ne me rassure pas: il est un élément essentiel que ces réformes sup-

priment, et qui, seul, pouvait accélérer l'œuvre séculaire. Dans les sciences exactes, plusieurs routes différentes s'offrent aux géomètres. La théorie des nombres, l'analyse pure, la géométrie, la mécanique rationnelle, la physique mathématique, la théorie des probabilités, réclament toutes des travailleurs. Mais, pour réussir dans telle de ces carrières, il faut un apprentissage spécial, sans lequel l'analyste le plus éminent ne produira le plus souvent que des œuvres éphémères.

Aujourd'hui, le géomètre qui voudra sérieusement faire avancer la mécanique rationnelle ou la physique mathématique, devra réunir des connaissances étendues, sur les machines, sur les moteurs, sur les matériaux de toute espèce, employés dans les arts, ou connaître à fond la physique, la chimie, tous les modes d'action des forces naturelles. Sans ces études préliminaires, il ne pourra travailler fructueusement que sur les nombres, sur l'analyse pure, sur la géométrie, sur les probabilités. Ces quatre branches des mathématiques pourront encore faire des progrès en France, quand nos géomètres sortiront tous d'une école où l'on ne s'occupe pas d'applications ; mais les deux autres branches, la mécanique rationnelle et la physique mathématique, resteront probablement stationnaires, ou passeront à l'état de sciences empiriques.

Voilà ce qu'on éviterait en modifiant, dans le sens que j'ai indiqué, le programme des études dans l'école générale et dans les écoles spéciales de nos corps savants. Un géomètre sorti de cette institution, ainsi perfectionnée, mais après l'avoir parcourue dans toutes ses phases, serait plus utile aux progrès de l'analyse appliquée que tous ceux qui auraient suivi l'autre route...

L'école voisine dans laquelle pourrait se former dans l'avenir les bons géomètres et les futurs savants est l'École normale supérieure, qui était d'abord destinée à former des enseignants. Ce que présage Lamé est considéré comme effectif dix ans plus tard quand Gaston Darboux choisit cette école plutôt que l'École polytechnique. Mais pour Lamé, une « École générale » doit associer les cours théoriques et les cours d'applications pratiques, selon un propos qui rejoint celui du *Plan d'école, générale et spéciales*, cosigné avec Clapeyron en 1833. Les « applications pratiques » ont deux fonctions : celle de faire pratiquer les théories (de les exercer) et celle de fournir des applications utiles des théories (de les rendre fécondes). L'alliance entre la théorie et la pratique chez Clapeyron et chez Lamé repose sur ces deux fonctions.