Bulletin de la Sabix

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

44 | 2009

Gabriel Lamé (1795-1870) : Les pérégrinations d'un
ingénieur au XIX^e siècle

Gabriel Lamé, itinéraire d'un jeune ingénieur en France et en Europe (1820 – 1832)

Michel Cotte

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/sabix/622>

DOI : 10.4000/sabix.622

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 octobre 2009

Pagination : 9 - 19

ISBN : ISSN N° 2114-2130

ISSN : 0989-30-59

Référence électronique

Michel Cotte, « Gabriel Lamé, itinéraire d'un jeune ingénieur en France et en Europe (1820 – 1832) », *Bulletin de la Sabix* [En ligne], 44 | 2009, mis en ligne le 15 mai 2011, consulté le 08 septembre 2020.
URL : <http://journals.openedition.org/sabix/622> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/sabix.622>

Ce document a été généré automatiquement le 8 septembre 2020.

© SABIX

Gabriel Lamé, itinéraire d'un jeune ingénieur en France et en Europe (1820 – 1832)

Michel Cotte

Quand on regarde cette figure grave, ce regard fixe, empreint à la fois de profondeur et de bonté, cette haute et sereine philosophie dans laquelle il aimait à s'absorber, on a peine à croire que son attention soit jamais descendue des sommets culminants de la science, pour se porter vers les applications de la pratique. Il a excellé pourtant, dans ses jeunes années, et c'est comme ingénieur qu'il a jeté les fondements d'une renommée que le savant devait rendre si haute et si pure¹.

- 1 Lors du centenaire de l'École polytechnique, Albert de Lapparent définissait ainsi l'apparence du célèbre professeur et le quasi paradoxe qu'il y avait à savoir qu'il avait été, en premier lieu, un homme de la pratique des arts de l'ingénieur. Nous reprenons ici cette question de Lamé praticien, pour l'aborder dans une perspective critique, d'une part à partir des publications techniques de la jeunesse, d'autre part en suivant l'itinéraire de ses activités d'ingénieur, qui semblent toutefois bel et bien s'arrêter avec sa prise de fonction professorale, en 1832, à l'École polytechnique ; il est alors âgé de 37 ans.
- 2 En d'autres termes : quel type d'ingénieur a bien pu être Gabriel Lamé jeune et quel parcours de technicien a-t-il effectué ?

Introduction : La formation française et les premiers pas de l'élève ingénieur

La fin des études à l'Ecole des Mines, le voyage au Creusot et dans la vallée du Rhône (printemps 1820)

- 3 Gabriel Lamé (1795-1870) connaît une scolarité brillante et compliquée, notamment à l'École polytechnique aux débuts de la Restauration. Il fait partie des élèves renvoyés par le nouveau régime sous prétexte d'agitation. Il est toutefois réintégré au sein d'une école d'application, celle des Mines, où il entre en 1818. C'est là qu'il rencontre Stéphane Flachet et surtout Émile Clapeyron, auquel une amitié profonde et scientifiquement féconde le liera toute sa vie.
- 4 Il publie deux mémoires à caractère scientifique et technique pendant sa scolarité à l'École des Mines. Le premier concerne la cristallographie², en relation avec les travaux d'un autre jeune ingénieur polytechnicien : Haüy, parent du minéralogiste l'abbé Haüy, qu'il retrouvera en Russie ; le second a un caractère d'exercice professionnel³. Une prédilection marquée pour les méthodes géométriques est manifeste.
- 5 Comme le veut la tradition dans les écoles d'application, un voyage technique assorti d'un rapport clôt le cursus. Au printemps 1820, Lamé part en voyage avec son collègue de promotion, Thirria, au Creusot et dans la vallée du Rhône, à Vienne et La Voulte.
- 6 Deux remarques s'imposent. En premier lieu, son binôme de voyage ne reste pas dans son réseau d'amitiés. Ensuite, et de manière plus importante, le voyage proposé aux deux jeunes élèves ingénieurs est manifestement un sujet important dans l'optique de futurs praticiens des mines et de la sidérurgie. En effet, les essais précoces de haut-fourneau au coke au Creusot, dès l'Ancien Régime, sont bien connus et ils ont joué un rôle emblématique dans l'histoire métallurgique en France. Toutefois, à cette époque, l'entreprise se remet mal de différents problèmes, tant d'adaptation difficile du savoir-faire anglo-saxon que de mauvaise gestion⁴. Le haut-fourneau creusotin est arrêté depuis quelques temps aux dires des deux visiteurs⁵.
- 7 Le voyage en Vallée du Rhône concerne l'usine sidérurgique de Vienne et la mine de fer de La Voulte. Moins célèbre, le haut-fourneau au coke de Vienne est toutefois à la pointe du renouveau des activités sidérurgiques en France à ce moment-là, sur le modèle des Britanniques. En fonctionnement actif depuis 1817, il semble alors le seul réellement apte à produire de la fonte au coke en France, à partir des houilles de Rive-de-Gier. Il marche en continu, sur la base d'une coulée toute les douze heures⁶. Les deux sites sont sous la direction des Frérejean, une dynastie lyonnaise anciennement connue dans la métallurgie du cuivre et la fonderie de seconde fusion⁷. L'usine de Vienne a obtenu la seule récompense (mention honorable) attribuée à l'exposition du Louvre de 1819 pour la de fonte de fer brute (1^{re} fusion). Ils obtiennent parallèlement la médaille d'argent pour le « fer affiné au fourneau de réverbère, par le moyen de la houille » et une autre mention honorable pour les tôles de fer⁸.
- 8 Le nouveau projet des Frérejean, depuis la découverte d'une mine de fer prometteuse à La Voulte, en bordure du Rhône, 80 kilomètres en aval de Vienne, est d'y implanter un haut-fourneau au coke en raison des difficultés à remonter le minerai en quantité sur le fleuve.

- 9 Le voyage aboutit aux rapports de visites demandés par l'École et ils sont publiés dans les *Annales des Mines*, peut-être de manière résumée. Compte tenu de l'ordre des auteurs, Thirria est vraisemblablement le rédacteur du rapport sur les mines de fer de La Voulte⁹. Il décrit le filon, son exploitation à ce moment embryonnaire ; il donne une analyse chimique détaillée du minerai, et il termine par la marche générale du haut-fourneau de Vienne.
- 10 Le texte attribuable à Lamé, sur un four à griller le minerai, est un très bref commentaire d'une page de planches figurant en annexe de la même livraison des *Annales des Mines*¹⁰. Celle-ci comprend deux élévations, une coupe et un plan du four. Il s'agit de la description de celui installé de longue date au Creusot et que les Frérejean envisagent de reproduire à Vienne.
- 11 Si l'article de Thirria semble un classique du genre en matière de rapport de fin d'étude, comprenant une partie descriptive, une importante analyse chimique au retour du voyage dans le laboratoire de l'École, et une mise en contexte technique du sujet, la note de Lamé laisse perplexe tant elle est brève ! En fait son travail est dans les plans, et pour ceux-ci de deux choses l'une : soit le relevé est fait au Creusot par l'élève ingénieur et c'est alors un authentique travail personnel par ailleurs des plus utiles aux Frérejean dans leur projet, soit notre voyageur a trouvé des plans détaillés chez les industriels rhodaniens en train d'en construire un et il s'est contenté de les recopier...

Le choix du départ à l'étranger (été 1820)

- 12 Nous savons que la sidérurgie est en pleine expansion à la fin des années 1810 et au début des années 1820, connaissant un développement rapide auquel la production traditionnelle de fonte au charbon de bois à bien du mal à faire face. Les projets industriels « à l'anglaise » se mettent à fleurir, et tant le bassin rhodanien que celui associé de Saint-Étienne sont en effervescence, à l'image des Frérejean. Tous recherchent des compétences et sont prêts à très bien les payer !
- 13 Suivant une tradition propre à leur corps, les ingénieurs des Mines sont alors très impliqués dans l'industrie sidérurgique, au sein de compagnies privées, à l'image de Beaunier et de Gallois à Saint-Étienne, ou encore de George Dufaud, un polytechnicien fondateur de l'usine « à l'anglaise » de référence en France, à Fourchambault (Nièvre), quelques années après¹¹. D'un autre côté, la transition de l'Empire vers la Restauration s'est accompagnée d'une diminution sensible du territoire national, d'une perte massive de ressources minières et d'un effondrement des crédits pour la direction générale des Ponts et Chaussées et des Mines. L'affectation des jeunes ingénieurs s'en ressent, les postes sont rares et peu intéressants, les perspectives de carrière plus restreintes. Les gouvernements étrangers ne s'y trompent pas et les deux grands espaces territoriaux du moment, les jeunes États-Unis et l'Empire russe, viennent en quelque sorte faire leur marché de compétences techniques en France. La mission américaine Thayer au profit des enseignements de génie civil et militaire de l'Académie de West Point est assez bien connue des historiens¹² ; celle de la mission technique française présente en Russie depuis le début du XIX^e siècle l'est surtout depuis les travaux de Dmitri et Irina Gouzevitch¹³.
- 14 Si l'on se souvient que Lamé est par ailleurs considéré comme peu favorable au régime de la Restauration, l'alternative semble se résumer pour lui, à la sortie de l'École, entre une affectation en France pour le moins médiocre, une entrée dans l'industrie privée à

laquelle la direction des Mines n'est pas opposée, soit encore un départ à l'étranger dans le cadre d'accords officiels. C'est cette solution que choisissent ensemble Lamé et son ami de promotion Clapeyron, par une décision qui semble intervenir avant même le voyage de fin d'études, ce qui expliquerait en partie le manque d'intérêt pour le sujet proposé et le refus des propositions industrielles qui lui ont vraisemblablement été faites¹⁴.

Lamé, ingénieur du corps des voies de communication à Saint-Petersbourg

La mission des ingénieurs français en Russie, l'arrivée de Lamé

- 15 La mission technique française pour les voies de communication russe a été organisée par l'ingénieur Augustin Betancourt, à compter de 1808 et dans le cadre d'accords intervenus entre l'Empire russe et Napoléon, alors en paix¹⁵. D'origine espagnole, Betancourt a choisi les idéaux de la révolution française et il a mis ses compétences techniques à son service, notamment par des missions en Angleterre puis par la direction technique du corps d'ingénieurs d'État à Saint-Petersbourg, consacré aux voies de communication. Il est organisé sur le modèle français et utilise le français comme langue de formation et de travail. D'un point de vue général, il faut noter la continuité de la mission durant les périodes de conflit entre Napoléon et le Tsar. Elle est ensuite confirmée par la Restauration, notamment en raison de la situation du corps en France.
- 16 Le dernier article d'Augustin Betancourt est publié à Saint-Petersbourg en 1820, où il décède en 1824. Son assistant de la première heure, Bazaine, lui succède à la direction technique du corps¹⁶, et il occupe cette charge à l'arrivée de Lamé en Russie, durant l'été 1820.
- 17 Comme pour la dizaine d'ingénieurs français en poste dans la capitale de l'Empire russe, l'affectation comporte un double service, d'abord d'enseignement à l'Institut des voies de communications, ensuite dans la conception, l'évaluation et le suivi de travaux de génie civil. Du point de vue pédagogique, Lamé est tout d'abord en charge d'assister Bazaine dans son cours d'analyse mathématique¹⁷ puis d'un cours de mécanique appliquée en collaboration avec Clapeyron ; ces cours inspirent ses premiers travaux scientifiques. Du point de vue du service technique, il est rattaché au service des ponts avec Henry et Clapeyron, sous la responsabilité de Traitteur. Il ne vient pas des Ponts et Chaussées et il doit apprendre un nouveau métier.
- 18 Le corps des ingénieurs du tsar a un statut militaire ; Lamé est aspirant à son arrivée, puis successivement major, lieutenant-colonel et finalement colonel au moment de son départ.
- 19 La mission des ingénieurs français s'achève au milieu du XIX^e siècle. D'une certaine manière, elle se poursuit par l'intervention des compagnies de chemin de fer françaises dans l'Empire russe, durant la seconde moitié du XIX^e siècle et le début du XX^e.

Les activités techniques et scientifiques générales de Lamé à Saint-Pétersbourg

- 20 Resté en correspondance à l'École des Mines avec son ancien professeur, Baillet, Lamé envoie rapidement à Paris un premier mémoire rédigé avec Clapeyron sur la stabilité des voûtes. Présenté à l'Académie des sciences, il est publié dès 1822 par les *Annales des Mines*¹⁸. Il s'agit d'une dimension de compilation et d'affinement méthodologique de travaux déjà anciens, car c'est un vieux sujet du XVIII^e siècle, aux Ponts et Chaussées, à l'époque de la Hire puis avec le surbaissement des voûtes maçonnées préconisé par de Perronet. Il s'agit probablement d'une question ayant fait l'objet d'un enseignement à l'Institut des voies de communication.
- 21 Dans la même veine, il publie peu après, toujours avec son ami Clapeyron, un article sur les engrenages dans les *Annales des Mines*¹⁹. Il faut noter qu'il s'agit de la reprise et de l'approfondissement d'un petit mémoire déjà publié par Clapeyron seul, à la fin de sa scolarité²⁰. A nouveau les préoccupations pédagogiques sont perceptibles.
- 22 Entre les deux mémoires, Lamé et Clapeyron participent ensemble à une mission d'étude en Allemagne, probablement au cours de l'année 1822, dans le massif minier du Harz alors bien connu pour ses mines de fer et sa sidérurgie. Les deux amis donnent un compte rendu de leur voyage, toujours dans les *Annales des Mines*²¹ et Lamé, seul, revient sur un sujet bénéficiant déjà d'une large bibliographie et de travaux d'amélioration, notamment par le chimiste anglais Humphry Davy : la lampe à gaz du mineur²². Il n'y aura pas de suite scientifique à ce voyage et c'est l'un des rares, et apparemment le dernier travail de recherche de sa part dans le droit fil de sa formation technique d'ingénieur des Mines.
- 23 Un moment, Lamé et Clapeyron collaborent avec Raucourt, un de leurs collègues ingénieurs en charge du cours de construction, à propos de la question des liants hydrauliques et plus largement des mortiers et des ciments²³. Le sujet est toutefois épisodique pour les deux amis et il se rattache à une coopération ponctuelle. C'est Raucourt qui publie quelques années après un ouvrage de référence dans ce domaine²⁴.
- 24 Enfin, dans les dernières années de son séjour, Lamé travailla avec Clapeyron aux côtés d'Auguste de Montferrand pour le projet de l'érection d'une colonne à la gloire d'Alexandre 1^{er}, le vainqueur de Napoléon. Cet immense monolithe en granit, de près de 48 mètres et de 450 tonnes, ne sera toutefois définitivement installé au centre de la place du Palais d'hiver, à Saint-Pétersbourg, que quelques années après, en 1834²⁵.

Lamé et Clapeyron au service des Ponts russes, le journal des voies de communication

- 25 De fait, à côté de leurs cours, Lamé et Clapeyron se consacrent pleinement au service des ouvrages d'art auquel ils sont affectés. Ils deviennent véritablement actifs en tant que rédacteurs d'articles au sein d'une équipe, à compter de 1825. Si leurs travaux précédents donnaient le sentiment d'une certaine dispersion, de la part de jeunes ingénieurs encore en recherche de leur véritable champ de compétences, le thème des ponts suspendus devient alors prédominant.
- 26 En outre, le corps dispose, à compter de juillet 1826, d'un périodique mensuel en langue française : le *Journal des voies de communication*, auquel Lamé participe activement. Il

faut, semble-t-il, considérer les productions de cette époque, surtout les premières, comme l'expression du groupe des ingénieurs français en Russie plus que de Lamé seul. En 1825, il signe deux mémoires édités à Saint-Petersbourg, l'un décrivant un projet de pont suspendu²⁶, et l'autre faisant le point sur deux autres projets d'ouvrages dont l'un en fonte²⁷.

- 27 Le voici bien lancé ; il tient la plume sur un sujet véritablement novateur, du moins dans le contexte russe, et il entend faire connaître les projets et les travaux de son corps auxquels il participe. C'est successivement deux articles, l'un sur les ponts suspendus par chaînes en Russie²⁸, de dimensions pour l'instant modestes, et un second sur un immense projet de Bazaine, pour franchir la Néva, qui pulvériserait les records de portée de l'époque, au point que le typographe de l'édition française le réduisit spontanément de 1022 pieds à 192 pieds²⁹ ! Il n'a pas été réalisé à notre connaissance.
- 28 Le *Journal des voies de communication* devient, à compter de l'été 1826, l'organe favori de Lamé et de son ami Clapeyron, dont ils assurent l'animation scientifique. La collaboration aux *Annales des Mines* cesse par ailleurs à cette époque, pour une raison que nous ignorons. Par contre, la plupart des travaux des deux hommes publiés en Russie seront repris en France, entre 1828-1831, par le *Journal du génie civil*³⁰. Il s'agit d'un essai très nouveau d'une presse technique indépendante, créée par Alexandre Corréard, un opposant notoire au régime de la Restauration et que Lamé soutient par ses nombreux articles. Le *Journal du génie civil* ne survivra cependant pas à la crise économique et sociale du début des années 1830³¹.
- 29 Outre le mémoire sur la stabilité des voûtes déjà mentionné, et le rapport de l'Académie sur ce travail³², une série d'articles sur les ponts suspendus est alors publiée par le *Journal des voies de communication*. Par ordre chronologique, il s'agit d'un « Mémoire sur les ponts suspendus »³³ qui effectue un vaste survol de la situation de cette nouvelle technologie apparue aux Etats-Unis au tout début du siècle, puis qui s'est développée en Angleterre à partir de la fin des années 1810 et en France au début des années 1820. Elle est jugée très prometteuse pour la Russie par sa simplicité et sa rapidité d'installation. Deux petits ponts suspendus par chaînes existent déjà sur les canaux de Saint-Petersbourg, outre les projets en cours. Il évoque le « sidéromètre », un appareil construit par Traitteur pour tester les chaînes de fer, et il présente les résultats obtenus. Il aborde également la question du calcul préalable des tensions et des dimensions des chaînes en référence aux travaux de Navier, l'expert des Ponts et Chaussées français en la matière³⁴. De son côté, Clapeyron est envoyé en mission à Ekaterinof pour diriger la construction de trois ouvrages d'art³⁵.
- 30 Quelques mois après, aidé de Clapeyron, Lamé reprend la question théorique de la prévision du pont suspendu, sous forme d'un « Mémoire sur la construction des polygones funiculaires »³⁶.
- 31 Il faut noter qu'une répartition des tâches intervient au sein du groupe d'ingénieurs s'occupant des ponts suspendus. La question délicate de la métallurgie des chaînes et de la résistance des matériaux est confiée à Henry, manifestement en charge avec Traitteur de ce sujet technique essentiel à la réussite des ouvrages suspendus³⁷. C'est d'ailleurs Henry qui est chargé par Bazaine de la mise en chantier d'un manuel théorique et pratique de construction en général et de la construction des ouvrages d'art en particulier, sans doute dans le cadre du cours de construction³⁸. Toutefois, ce vaste ouvrage encyclopédique sera mené à bien par Bazaine lui-même, et publié en français à Saint-Petersbourg, en 1830³⁹.

- 32 Un dernier article à propos des ouvrages suspendus est rédigé par Lamé, en 1828, à caractère purement expérimental, sur les « résultats d'expériences faites sur les fils de fer de Russie⁴⁰ ». Outre qu'il sera le dernier texte publié sur ce sujet par Lamé, il apparaît d'une part comme la reconnaissance du nouveau standard de construction mis en place en France par Marc Seguin⁴¹ et d'autre part comme un travail au sein du groupe des ponts russes, en complément des travaux de Henry.

Brève mise en perspective des travaux de Lamé sur les ponts en Russie

- 33 La première remarque est sans aucun doute que Lamé s'insère, comme nous l'avons dit, au sein du groupe d'ingénieurs français en charge tant de concevoir de nouveaux ouvrages d'art que de former les futurs cadres techniques du corps des Voies de communication de l'Empire. Il agit dans le cadre d'un partage des tâches qui en fait, dans un premier temps, le suppléant de Bazaine pour la rédaction des études et des articles sur les ponts suspendus. Dans un second temps, il apparaît comme le théoricien du groupe de Saint-Pétersbourg pour cette question ; mais la question majeure se situe, comme en France, dans le choix des matériaux pour la suspension et dans l'étude expérimentale de leur résistance. Même s'il revient dans un dernier article sur ce terrain, avec les fils de fer, il n'est pas en charge de l'ouvrage de référence qu'ambitionne Bazaine dans ce domaine.
- 34 En termes internationaux, comment se situent les apports de Lamé, et plus largement du groupe de Saint-Pétersbourg ? Il s'agit clairement d'idées venues d'ailleurs, comme nous l'avons indiqué. Les deux petits ponts construits par Bazaine et Traitteur, en 1824 à Saint-Pétersbourg⁴², apparaissent comme des prototypes contemporains des premiers projets français, notamment de Navier à Paris ou de Crozet à Grenoble, pour des ouvrages suspendus par des chaînes. Ils sont toutefois de dimensions nettement plus modestes et les vastes projets mentionnés pour la Russie ne semblent pas avoir été réalisés, en tout cas pas immédiatement. Les travaux des Français étaient par ailleurs inspirés par les réalisations pionnières de Finley aux Etats-Unis⁴³ puis de Thomas Telford et Samuel Brown en Angleterre. Le seul constructeur réellement innovateur en France dans ce domaine fut finalement Marc Seguin, par son standard du pont suspendu léger à câbles de fil de fer fin, effectif dès 1825 au pont de Tournon sur le Rhône⁴⁴. Sur un plan théorique, Lamé produit un effort notable pour poser mathématiquement la question de la suspension et de sa prévision, tant géométrique que mécanique. Il reprend ainsi la logique du travail d'analyse mathématique complètement novateur de Navier dans ce domaine⁴⁵, en essayant de marier les approches géométrique et analytique afin de fournir un modèle plus facile à manier et plus parlant pour les ingénieurs praticiens. Disons que le résultat est moyennement convainquant quand à sa facilité d'emploi, et il convient plutôt de mentionner l'ingénieur constructeur genevois Dufour comme celui qui produisit, peu après, les standards de prévision des suspensions d'ouvrages d'art dans des termes clairs d'une « science pour l'ingénieur⁴⁶ ».
- 35 Enfin, Lamé ne semble pas avoir dirigé par lui-même de chantier d'ouvrages d'art, comme le firent par exemple ses collègues Clapeyron et Henry.

Le retour en France

Le réseau des amitiés russes

- 36 Plusieurs des jeunes ingénieurs français qui ont séjourné en Russie durant les années 1820 et au début des années 1830, constituent un réseau de relations original, aux fortes solidarités. De plus, Lamé, Clapeyron, Stéphane Flachet et Haüy se connaissaient depuis l'École des Mines. L'amitié de Lamé et de Clapeyron est bien connue pour que l'on n'insiste pas. Ils signent souvent des articles en commun et ils resteront amis apparemment toute leur vie.
- 37 Haüy est de son côté affecté à Odessa où il existe aussi une école technique faisant partie du même ensemble : l'École des sondages. Une revue en français est également éditée : *le Journal des travaux de l'École de sondage à Odessa* et Haüy participe dans un premier temps à d'importants travaux d'aménagement portuaire⁴⁷.
- 38 Stéphane Flachet est par ailleurs venu travailler à Odessa avec Haüy, et plus largement en Russie au début des années 1830. Une publication russe en atteste⁴⁸. Il est par ailleurs connu en France pour avoir dirigé à cette époque une société de sondages.
- 39 Par ailleurs, un milieu intellectuel français assez actif réside à Saint-Pétersbourg, où il est influencé par le saint-simonisme naissant : Enfantin y séjourne en 1821 ; Lazare Carnot y passe après l'Empire en France avec un statut d'émigré sous la protection du tsar (il décède à Magdebourg en 1823) ; le grand savant allemand des Lumières Humboldt s'y trouve en 1829⁴⁹. La maison de Lamé est réputée pour être un lieu de rencontre des partisans d'idées avancées et hostiles à la Restauration⁵⁰.

Une dernière mission pour le Tsar

- 40 Alors que les premières promotions d'ingénieurs russes formés par l'Institut commencent à exercer des responsabilités, Lamé et Clapeyron paraissent devenir moins indispensables au corps des Voies de communication, surtout après la révolution de juillet 1830, en France, très mal venue pour le Tsar et l'aristocratie russe. Le pouvoir redoute alors leur influence sur les élites intellectuelles de la capitale et la direction des Voies de communication leur propose des missions qui les éloignent.
- 41 Lamé part pour l'Angleterre en 1830, via la France, pour une mission d'étude de l'industrie et des travaux publics britanniques. Il prend alors son temps pour découvrir les réalisations de la révolution industrielle en Grande-Bretagne, tout particulièrement son réseau de transport fluvial faisant appel à de nombreuses interconnexions par des canaux techniquement sobres mais efficaces, ainsi que ses premiers chemins de fer et ses aménagements portuaires. Son rapport, méconnu et que nous n'avons malheureusement pas pu lire, est resté non publié, sous forme manuscrite, dans les archives des écoles techniques de Saint-Pétersbourg⁵¹. C'est un document important, en deux tomes de 178 et 62 f°, comprenant en outre un atlas en 3 tomes pour près de 100 f° d'illustrations⁵². Cet ouvrage semble à même de nous dire ce que Lamé a réellement retenu et noté de son voyage anglais, en particulier sur le rôle des chemins de fer, ce que ne permettent malheureusement guère ses textes imprimés par la suite en France.
- 42 Nous y reviendrons, mais indiquons brièvement l'extrême importance de la période dans l'histoire des chemins de fer britanniques, pionniers en la matière. Si diverses

lignes de désenclavement minier existent depuis le début des années 1820, il faut attendre 1827 pour l'ouverture d'une première ligne publique de Stockton à Darlington et, surtout, la mise en chantier d'une ligne en train de devenir un symbole : le Liverpool - Manchester. Son génie civil impressionnant et le choix d'une traction locomotive par le fameux concours de Rainhill viennent d'avoir lieu, en octobre 1829. Ils ont marqué les esprits et Lamé a peut-être même assisté à l'inauguration officielle de la ligne, en septembre 1830, voire rencontré les ingénieurs civils en charge de cette réalisation : George et Robert Stephenson, les frères Rennie.

- 43 Nous ne savons pas le sort réservé à l'important rapport illustré que rédige Lamé à son retour en Russie, sauf à noter qu'il n'est pas édité et que la question des chemins de fer n'est pas inscrite à l'ordre du jour du service des Voies de communication.

Le retour définitif en France

- 44 Clapeyron rentre définitivement en France dès 1830, Lamé très probablement à la fin de l'année 1831, au plus tard au début de 1832. La monarchie constitutionnelle de Louis-Philippe leur paraît favorable au développement de projets ambitieux impliquant simultanément tant les ingénieurs civils, les services de l'État que les entreprises privées.
- 45 Lamé publie, en juillet 1832, un petit opuscule sur les chemins de fer, avec l'aide d'Auguste Perdonnet⁵³. Le contenu de cette Notice correspond à deux conférences faites à l'Association polytechnique. Lamé intervient dans le second article, sous la forme d'un *Mémoire sur les chemins de fer considérés sous le point de vue de la défense du territoire*. Il s'agit de considérations générales et stratégiques, mais en rien de données techniques. Une image de l'avenir ferroviaire s'y dessine, promis pour partie à un bel avenir. Il y aura deux catégories de chemin de fer en France : ceux qui convergeront de manière radiale des frontières vers la capitale, et ceux qui assureront un rôle de liaison militaire rapide le long ou au voisinage des frontières.
- 46 À nouveau, et un peu comme pour leur découverte des ponts suspendus en Russie, Lamé et Clapeyron ne sont pas les premiers auteurs techniques du domaine, ni ceux de référence. Lamé tout particulièrement n'est pas impliqué personnellement comme ingénieur dans ces questions et, à la différence de Clapeyron, il ne semble guère rechercher une telle position. Mais il sait développer une collaboration directe avec Perdonnet qui, lui, joue un rôle personnel notable dans les chemins de fer à cette époque. Il a été en contact étroit avec les Seguin lors de la construction d'une ligne française tout aussi précoce et pionnière que les lignes anglaises : le Saint-Étienne - Lyon, dont l'ouverture partielle a eu lieu dès juillet 1830⁵⁴. Ces derniers ont parrainé son voyage d'étude des chemins de fer en Angleterre et il est en train de créer le premier cours de machines locomotives à la toute récente École centrale des arts et manufactures.
- 47 De son côté, Clapeyron est entré en relation avec les frères Pereire, des banquiers proches du mouvement saint-simonien, à propos de leurs projets de chemins de fer. La question à l'ordre du jour est la construction de la ligne de Paris à Saint-Germain, entreprise en 1832, et à laquelle Clapeyron collabore. Il prend en charge la redoutable question de la traction locomotive. Les Flachet sont aussi impliqués dans ce projet ferroviaire.

- 48 Si Clapeyron travaille ensuite durablement au sein du groupe Pereire dans le domaine des chemins de fer et de la traction locomotive, dans la mouvance du cabinet d'ingénieurs des frères Flachet, il n'en est rien de Lamé. Comme nous l'avons vu, il est sélectionné par l'Académie pour occuper un poste de professeur à l'École polytechnique, à la rentrée de l'automne 1832. Il opte pour une carrière pédagogique et scientifique, délaissant rapidement et définitivement le champ des activités techniques de l'ingénieur.

Le livre manifeste de 1832 : vues politiques et pratiques sur les travaux publics en France⁵⁵

Le contexte de l'ouvrage

- 49 Ce livre est important à plus d'un titre. Il apparaît dans un contexte nouveau et à un moment charnière du décollage des projets ferroviaires en France. Il est d'autre part signé, dans l'ordre, par Lamé et Clapeyron « ingénieurs des Mines », Stéphane et Eugène Flachet, « ingénieurs civils ». Cet ordre est en fait celui de l'âge des signataires et il n'a donc pas de signification particulière quant au rôle de chacun, notamment d'une prééminence quelconque de Lamé. Un tel manifeste exprime les projets et les ambitions d'un groupe que l'on a volontiers présenté comme saint-simonien mais qui, à nos yeux, concrétise en premier lieu les idéaux nés au sein du réseau amical des ingénieurs français en Russie, particulièrement sensible à la dimension des territoires. Enfin, cet ouvrage marque une prise de position publique et politique de Lamé, au moment même où il entre en fonction à l'École polytechnique ; un rôle emblématique qu'il ne renouvellera toutefois d'aucune manière dans la suite de sa carrière !
- 50 La violente crise économique et sociale de 1830 est loin d'être achevée au moment de la rédaction de l'ouvrage, même si elle a donné naissance à la Monarchie constitutionnelle. A un moment où la France sort difficilement de cette première crise à caractère industriel, les espoirs politiques et économiques sont importants. La grande bourgeoisie d'affaires est plus que jamais dans les allées du pouvoir et l'exemple anglais pousse à l'initiative. Les ingénieurs apparaissent alors comme un groupe social charnière aux ambitions bien plus larges que les seuls corps techniques de l'État.

Chemin de fer de Lyon à Saint-Etienne

- 51 L'influence du saint-simonisme sur le milieu des ingénieurs est réelle. Au-delà d'une revendication affirmée comme telle, ce qui n'est pas le cas ici, le groupe des amitiés russes en est à l'évidence imprégné, tout comme il l'est de son expérience au service du tsar ou encore de son hostilité au défunt régime de la Restauration. Les auteurs expriment ici une forme d'ouverture professionnelle attendue par bon nombre d'ingénieurs et d'entrepreneurs. Elle se manifeste par un appel à la modernisation des corps de l'État, à un renouveau de leurs missions comme à une ouverture en direction des entreprises privées. L'objectif est d'établir une coopération franche et honnête de tous afin de doter le pays d'un véritable système de voies de communications.
- 52 Dans la lecture de la crise économique et politique des quatre auteurs, il faut également noter l'important effet repoussoir formé par les aspects spéculatifs des premiers chemins de fer, au Saint-Étienne - Lyon notamment ; un sentiment entretenu par les ingénieurs de l'État tenus à l'écart des travaux tant par la direction des Ponts et Chaussées que par les entrepreneurs. Les auteurs n'auront pas de mots assez durs pour condamner les affairistes et les spéculateurs en matière de travaux publics et d'industrie.

Une approche des contenus et des significations du livre de 1832

- 53 Il n'est pas possible de se livrer ici à une analyse détaillée du contenu de cet ouvrage, souvent dense et de plus de 300 pages, mais auquel le lecteur peu facilement se référer car il a été édité numériquement par la BNF. Au risque d'être sommaire et forcément incomplet, nous voulons en souligner quelques lignes de forces, ou de faiblesses, en apprécier l'esprit et le contenu ainsi que son influence sur le développement ultérieur des chemins de fer en France.

- 54 L'introduction pose le principe d'une nécessaire réorganisation des Ponts et Chaussées et d'une redéfinition de leur mission dans le cadre du développement fulgurant des entreprises nouvelles de transports. Le ton militant est donné par les premières lignes :

S'il existait un tribunal où toute grande entreprise de commerce, d'industrie, de travaux publics pût être impartialement et sainement jugée, qui pût mettre les capitalistes à l'abri du charlatanisme des spéculateurs, et toute la société à l'abri des illusions ou des fautes de l'intérêt privé en matière de questions d'intérêt général, nul doute que ce fut là une grande et utile institution. Cette institution, ce tribunal [ne peuvent être garantis que par le gouvernement]⁵⁶.

- 55 Le système des adjudications, de l'intervention des ingénieurs de l'État et du contrôle des travaux doit être revu. Le cœur de la question est l'organisation de la relation entre l'État et les entreprises. Le premier chapitre prolonge l'introduction en insistant sur les initiatives que doit prendre l'État en termes d'aménagement du territoire. Il est pour cela nécessaire de définir une vue d'ensemble des travaux d'infrastructures à venir pour la France.

- 56 Ensuite, les auteurs reviennent avec beaucoup de détails sur les canaux, ceux réalisés en Angleterre et qui forment un réseau des plus efficaces au service de l'industrie, et ceux que l'on a projetés et tentés en France dans le même but, mais avec beaucoup de difficultés tant géographiques que d'organisation des chantiers⁵⁷.

- 57 Le chapitre 4 présente un bilan des relations État - entreprise à la lumière de l'expérience acquise dans les grands canaux. Un plan à dix ans est nécessaire, avec un pilotage strict par l'État et en contrepartie des aides aux entreprises.

- 58 Au chapitre 5, la problématique des chemins de fer est abordée. D'une part les ingénieurs français les ont trop sous-estimés jusque-là, d'autre part l'expérience anglaise est marquée par la spéculation ; mais la réalisation du Liverpool - Manchester est techniquement des plus intéressantes. Une comparaison économique et financière est esquissée avec les premières lignes françaises d'Andrézieux et surtout du Saint-Étienne - Lyon, jugées de « deuxième ordre ». L'avantage des Britanniques est non seulement d'un usage économique plus important, mais aussi dans la qualité des travaux de construction et les choix techniques effectués. Les auteurs citent, fort malheureusement d'ailleurs, la supériorité des plans inclinés du Liverpool - Manchester sur les pentes régulières de la ligne rhodanienne⁵⁸ ! Les notes finales du livre reviennent en détail sur cette comparaison, notamment sur les coûts de construction. Toutefois, le trafic réel de la ligne française, après son ouverture complète au début de 1833, sera supérieur aux prévisions les plus optimistes et comparable en bien des points à celui de la mythique ligne anglaise. La suite de l'ouvrage propose une étude comparative entre un aménagement de canaux et de chemins de fer pour la France. C'est sans doute là que l'ouvrage des quatre ingénieurs est le plus intéressant. Il exprime une pensée globale de complémentarité entre les deux systèmes et non d'exclusion. C'est en outre une projection à moyen terme assez juste des capacités ferroviaires, pour l'instant reconnues comme encore limitées.

- 59 Le livre détaille au chapitre 6 des « considérations générales sur un réseau de premier ordre ». Les logiques de construction doivent être économiques et commerciales, ce sont des faits « bien autrement importants » et dont le développement doit contribuer « à mettre un terme à l'état de guerre ». Ce point n'avait cependant pas empêché Lamé de prononcer, au même moment et comme nous l'avons vu, une conférence à

Polytechnique sur l'intérêt d'un aménagement ferroviaire à but militaire. Les canaux restent l'ossature des transports au sein d'une région, mais les chemins de fer doivent compléter pour les liaisons interrégionales et dans les zones géographiques difficiles. Dans l'architecture générale de ce réseau mixte, le rôle central de Paris est réaffirmé et cinq radiales majeures sont proposées, précisément celles que l'on retrouve peu après dans ce que l'on a parfois appelé « l'étoile Legrand », du nom de l'ingénieur et directeur des Ponts et Chaussées au milieu des années 1830. L'importance majeure du livre est sans doute concrétisée par cette vision de l'aménagement du territoire qui se réalisera sur le plan ferroviaire à partir des années 1840 et surtout durant le Second empire. Toutefois, les études régionales proposées pour ce réseau sont nettement moins heureuses. Elles tendent à montrer un travail beaucoup moins approfondi que pour la réflexion générale sur le système global. Elles préconisent par exemple la réalisation d'un canal latéral au Rhône pour répondre à ses difficultés de navigation, en reproduisant sans esprit critique les études des années 1820 qui pourtant concluaient à l'impossibilité technique et financière d'un tel chantier. Par ailleurs les premiers bateaux à vapeur sont déjà capables de remonter le fleuve et des intérêts privés régionaux songent sérieusement à créer... un chemin de fer parallèle au fleuve.

- 60 Dans les chapitres suivants, les auteurs donnent des projets complémentaires, notamment portuaires ; puis ils reviennent longuement sur les différentes manières de réaliser les grands projets de travaux publics, sur les relations que doivent avoir les entreprises privées et l'État, sur le rôle des ingénieurs. Les initiatives des particuliers ne peuvent être que désordonnées et à but spéculatif ; elles ne correspondent pas forcément à l'intérêt public, surtout s'il est considéré à l'échelle de la France. Ce sont finalement des expériences coûteuses et pas forcément très utiles pour la collectivité. Il y a donc intérêt à planifier les travaux par une vision de long terme, à les organiser et à contrôler leur exécution. D'une manière plus conceptuelle, l'ouvrage indique que l'expérience revient trop chère en matière de travaux publics et qu'il est bien préférable d'avoir au départ une solide vision d'ensemble, reposant sur de bonnes bases scientifiques et indépendante des intérêts particuliers.
- 61 L'ouvrage se conclue par la proposition d'un système financier et la nécessité de dégager deux milliards de francs sur dix ans pour réaliser ce programme ambitieux.

Conclusion

- 62 Après sa nomination à l'École polytechnique, Lamé ne semble plus avoir d'activité d'ingénieur ou même de « science appliquée ». Il se consacre alors essentiellement à ses recherches de géomètre et à ses enseignements de mathématiques.
- 63 Quel bilan tirer de sa carrière technique et quels liens entretient-elle avec celle qui lui fait suite du professeur unanimement reconnu ? Tout d'abord, à Saint-Pétersbourg, Lamé semble déjà et avant tout un professeur, ce que laisse percevoir tant le style de plusieurs de ses publications que son emploi du temps présumé. Il appartient toutefois à une équipe d'ingénieurs et à un corps d'État auxquels il contribue sincèrement et en pleine empathie ; il n'y a aucun doute là-dessus. Il accepte fort bien la répartition des tâches et il s'y plie, même lorsqu'il s'agit de travaux purement expérimentaux qui manifestement ne l'enthousiasment pas. La plupart de ses initiatives sont inscrites dans un projet collectif, pour le moins un binôme de travail à l'exemple de ses collaborations avec Clapeyron, mais avec bien d'autres comme nous l'avons vu.

- 64 Que dire des sujets et des styles de ses publications ? Elles sont relativement nombreuses, en France et en Russie, mais il y a de nombreux doublons. Elles sont surtout assez dispersées dans leurs centres d'intérêt, et de niveau assez inégal. A travers ce que nous avons vu de sa carrière d'auteur technique, il passe rapidement des sujets liés à sa formation (mines, sidérurgie) à celui des ponts, plus particulièrement suspendus, en raison de son affectation à ce service du corps des Voies de communication. Il traite parallèlement divers sujets dispersés qu'il ne semble pas avoir choisis par goût mais par la nécessité du service, et sur lesquels il revient rarement. Pour finir, à son retour en France, il s'intéresse aux chemins de fer, aux canaux et à l'aménagement du territoire, mais dans un registre plus d'économie politique que de recherche technique.
- 65 Est-ce à dire qu'il n'y a pas véritablement d'intérêt pour la chose technique chez Lamé, et qu'il fait simplement son métier d'ingénieur au service d'un État ? C'est sans doute vrai pour la direction de travaux, qu'il n'apprécie guère et qu'il semble éviter lors de son séjour russe. Disons que Lamé n'est pas un homme de terrain et qu'il n'est pas attiré par l'entreprise. Il trouvera des arguments théoriques pour exprimer cette défiance envers les entrepreneurs et les ingénieurs trop exclusivement pragmatiques, dans le livre de 1832 notamment. Ce manque d'intérêt se retrouve aussi dans ses rares articles purement expérimentaux ou décrivant des dispositifs techniques.
- 66 Mais il y a, dans plusieurs de ses textes, des éléments importants pour l'avancement de la technologie et qu'il ne faut pas négliger. Lamé a le souci de la synthèse d'un sujet, y compris classique et apparemment bien connu ; il a la volonté d'appliquer des méthodes mathématiques rigoureuses, tant géométriques qu'analytiques et si possible en synergie démonstrative. Au fond, pour lui, les objets techniques n'ont d'intérêt que s'ils peuvent s'exprimer et surtout se prévoir par des règles véritablement objectives et clairement établies. Il s'inscrit dans les pas de Navier, ce qu'il revendique d'ailleurs explicitement à propos de son mémoire sur les ponts suspendus. En outre, ses approches sont plus nombreuses et plus variées que celles de Navier, pour fonder une science de l'ingénieur sur des bases rationnelles et à fonctionnement déductif. S'il a une ambition technique, notamment dans le milieu des années 1820 : elle est là, associée au projet pédagogique. Par ailleurs, la carrière des deux hommes est assez similaire : ils délaissent finalement le domaine pratique et expérimental pour devenir de brillants théoriciens ayant pour fil conducteur leurs enseignements dans les Grandes écoles. C'est un moment important de la naissance d'une science pour l'ingénieur, reposant sur des bases mathématiques éprouvées. Où Lamé peine, c'est probablement par la dispersion de ses sujets et le fait qu'il n'y ait pas de vraiment de continuité thématique dans ses travaux techniques, sauf peut-être pour les ponts suspendus. Toutefois, nous l'avons dit, il ne parvient pas à être un auteur de référence dans ce domaine, sans doute pas assez impliqué dans des projets réels et dans l'expertise concrète de chantiers, moins en tout cas que ses collègues dont l'histoire a retenu le nom. Même si nous n'avons pas pu lire le rapport au tsar sur l'industrie britannique, l'incursion de Lamé dans les chemins de fer paraît assez limitée sur le plan technique et scientifique, à la différence de son ami Clapeyron qui fera une brillante carrière de constructeur de machines locomotives mais aussi de théoricien de la thermodynamique.
- 67 Par contre, l'ouvrage collectif de 1832 montre une belle intuition systémique en matière de transports, qui marquera un jalon pour le futur développement ferroviaire de la France et dans laquelle se reconnaîtront volontiers les saint-simoniens. Il exprime

également une critique pertinente des initiatives privées et du rôle que doit jouer l'État dans l'initiation des projets de génie civil, leur financement puis leur contrôle.

NOTES

1. Albert de LAPPARENT, « Notice sur Gabriel Lamé », *Le livre du centenaire de l'École polytechnique*, Paris, Gauthier-Villars, 1897, t. 1, p. 120.
2. Gabriel Lamé, « Sur une nouvelle manière de calculer les angles des cristaux », *Annales des Mines* (AM par la suite), 1^{ère} série, IV, [1819], p. 69.
3. Gabriel Lamé, « Formule pour déterminer l'inclinaison d'une couche minérale reconnue par trou de sonde », AM, 1^{ère} série, IV, [1819], p. 81.
4. Louis Bergeron, *Le Creusot, une ville industrielle, un patrimoine glorieux*, Paris, Belin Herscher, 2001.
5. Lamé et Thirria, « Description d'un fourneau de grillage pour le minerai de fer, employé au Creusot et à Vienne », AM, 1^{ère} série, V, [1820], p. 391-392.
6. Thirria et Lamé, « Mémoire sur la mine de fer de La Voulte (département de l'Ardèche) », AM, 1^{ère} série, V, [1820], p. 325-332.
7. A. Frérejean et E. Haymann, *Les maîtres de forges, la saga d'une dynastie lyonnaise*, Paris, Albin Michel, 1996.
8. AM, 1^{ère} série, V, [1820], p. 92-93 et 100.
9. Thirria et Lamé, *article cité*, [1820].
10. Lamé et Thirria, *article cité*, [1820] et planche V
11. Annie Laurant, *Des fers de Loire à l'acier Martin*, vol. 1, Paris, Royer, 1995.
12. Michel Cotte, *De l'espionnage industriel à la veille technologique*, Belfort - Besançon, PUFC & UTBM, 2005.
13. Irina Gouzevitch, « Le transfert du savoir technique et scientifique et la construction de l'État russe (fin du XV^e -début du XIX^e siècles », thèse, Paris VIII, 2001 ; extraits in *De la Moscovie à l'Empire russe : le transfert des savoirs européens*, *Bulletin de la SABIX*, Paris, vol. 33, mai 2003.
14. Thirria effectue de son côté une carrière administrative classique d'ingénieur des Mines en France.
15. Irina et Dmitri Gouzevitch, *op. cité* et communications à ce colloque.
16. La direction générale du corps dépend de « son altesse royale, Monseigneur le duc de Wurtemberg », mais la charge semble essentiellement honorifique au sein de l'aristocratie russe.
17. Bazaine et Lamé, « Traité élémentaire de calcul intégral », Mémoire examiné par l'Académie des sciences à Paris en 1828.
18. Lamé et Clapeyron, « Mémoire sur la stabilité des voûtes et principalement sur leur point de rupture », AM, 1^{ère} série, VII, [1822], en deux parties : p. 789 et al, p. 811 et al. ; et *Journal des voies de communication* (JVC par la suite), 1826, p. 15-25 et 35-49.
19. Lamé et Clapeyron, « Mémoire sur les engrenages », AM, 1^{ère} série, IX, [1824], p. 601 et al.
20. Clapeyron, « Engrenages », AM, 1^{ère} série, V, [1820], p. 113 et al.
21. Lamé et Clapeyron, « Précis d'une course dans le Pays du Harz », AM, 1^{ère} série, VIII, [1823], p. 21 et al.
22. Lamé, « Sur la lampe à gaz hydrogène », AM, 1^{ère} série, VIII, [1823], p. 119 et al.
23. Clapeyron, « Le ciment russe », AM, 1^{ère} série, VIII, [1823], p. 306 et al.

24. Antoine Raucourt, *Traité sur l'art de faire les bons mortiers et d'en bien diriger l'emploi*, Paris, Malher, 1828.
25. Lamé et Clapeyron, *Mémoire sur l'équilibre intérieur des corps solides homogènes*, présenté à l'Académie des sciences de Paris, 1828.
26. Lamé, *Projet de pont suspendu sur la Louga*, Saint-Pétersbourg, 1825.
27. Lamé et Clapeyron, *Projet de pont à construire sur la Moscova et d'un pont de fonte sur la Jalouse*, Saint-Pétersbourg, 1825.
28. Lamé, « Sur les ponts de chaîne en Russie et sur la résistance des fers employés dans leur construction », AM, 1^{ère} série, X, [1825], p. 331 et al.
29. Lamé et Clapeyron, « Description d'un pont suspendu de [1022] pieds d'ouverture projeté par M. Bazaine », AM, 1^{ère} série, XI, [1826], p. 265 et al.
30. Pour une bibliographie exhaustive des travaux de Lamé en Russie, y compris les articles repris dans le *Journal du génie civil*, voir la communication de Dmitri Gouzevitch.
31. Cotte, op. cité, 2005, p. 75 et al.
32. Prony et Dupin, « Extrait d'un rapport à l'Académie des sciences de Paris sur le mémoire de MM. Lamé et Clapeyron sur la stabilité des voûtes ». JVC, 1826, I, p. 28.
33. JVC, 1826, III, p. 49-71.
34. Navier, *Rapport et mémoire sur les ponts suspendus*, Paris, 1824.
35. JVC, 1826, IV, p. 57.
36. JVC, 1826, VI, p. 35-47 et 1827, VII, p. 43-55.
37. JVC, 1826, V, p. 19-34 et 1827, IX.
38. JVC, 1828, XII, article n° 5.
39. Bazaine, *Observations relatives à l'art de la construction*, 1830, 8 vol. , 1 atlas 58 f°, Bibliothèque de l'Université Inzenerov Zeleznodoroznogo Transporta (BUIZT par la suite), Saint-Pétersbourg.
40. JVC, 1828, XII, article n° 4.
41. Michel Cotte, *Le choix de la révolution industrielle, les entreprises de Marc Seguin et ses frères (1815-1835)*, Rennes, PUR fondation Carnot, 2007.
42. Traitteur, *Description des ponts en chaînes exécutés à Saint-Pétersbourg en 1824*, Saint-Pétersbourg, 1825.
43. Finlay, *Patente américaine*, 1808.
44. Cotte, op. cité, 2007.
45. Navier, op. cité, 1824.
46. Guillaume Dufour, *Principes généraux des ponts suspendus*, La bibliothèque de Genève, 1831 ; « Ponts suspendus », *Annales des Ponts et Chaussées*, Paris, 1832, p. 85 et al.
47. Haüy, « Mémoire sur les travaux du port de quarantaine d'Odessa », 1825-1826, ms. 52 f°, BUIZT, Saint-Pétersbourg.
48. S. Flachet et J. Haüy « Sondages à Odessa exécutés en 1832-1833 » *Journal des travaux de l'École de sondage à Odessa*, 1839-1840.
49. Sébastien Charléty, *Histoire du Saint-simonisme*, Genève, Gauthier, 1965.
50. Voir sur ce point la communication d'Irina Gouzevitch.
51. Lamé, « Observations relatives à l'art de l'ingénieur recueillies durant le voyage en Angleterre fait d'après l'ordre de sa majesté l'empereur Nicolas 1er pendant l'été 1830 », manuscrit, BUIZT, Saint-Pétersbourg.
52. Inventaire annoté du fonds français manuscrit de la Bibliothèque de l'Université Inzenerov Zeleznodoroznogo Transporta à Saint-Pétersbourg, Archives de la Bibliothèque de l'Institution des ingénieurs civils, Londres.
53. Lamé et Perdonnet, *Notices sur le chemin de fer*, Genève, Pelletier, 1832.
54. Michel Cotte, *Innovation et transfert de technologies, le cas des entreprises de Marc Seguin (France 1815-1835)*, Lille, PU du Septentrion, 1998.

55. Lamé, Clapeyron, Stéphane et Eugène Flachat, *Vues politiques et pratiques sur les travaux publics en France*, Paris, Everat, 1832.

56. *Ibid.*, p. 11.

57. Fait référence au plan de canalisation de la France, 1820-21 ; voir Redd G. Geiger, *Planning the French Canals, Bureaucracy, Politics, and Enterprise under the Restoration*, Newark, University of Delaware Press, 1994.

58. Avec la facilité qu'autorise le recul historique, ce point est aujourd'hui jugé comme le seul anachronisme technique de la ligne anglaise, par ailleurs totalement novatrice, et *a contrario* les pentes régulières comme l'une des innovations les plus marquantes du Saint-Étienne - Lyon ! Voir Cotte, op. cité, 2007.

AUTEUR

MICHEL COTTE

Centre François Viète, Université de Nantes