La présence française dans la formation des ingénieurs américains durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle : aspects institutionnels et intellectuels

*French influence in the engineering education in the United States, 1800-1870:
institutional and intellectual aspects*

Konstantinos Chatzis et Thomas Preveraud

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/artefact/666>

DOI : 10.4000/artefact.666

ISSN : 2606-9245

Éditeur :

Association Artefact. Techniques histoire et sciences humaines, Presses universitaires du Midi

Édition imprimée

Date de publication : 15 juin 2017

Pagination : 113-126

ISBN : 978-2-7535-6525-8

ISSN : 2273-0753

Référence électronique

Konstantinos Chatzis et Thomas Preveraud, « La présence française dans la formation des ingénieurs américains durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle : aspects institutionnels et intellectuels », *Artefact* [En ligne], 5 | 2016, mis en ligne le 15 novembre 2017, consulté le 04 mars 2020. URL : <http://journals.openedition.org/artefact/666> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/artefact.666>

La présence française dans la formation des ingénieurs américains durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle : aspects institutionnels et intellectuels

Konstantinos CHATZIS et Thomas PREVERAUD*

Résumé

Aux États-Unis, dans les deux premiers tiers du XIX^e siècle, la présence française dans la formation des ingénieurs s'exerce tant au niveau institutionnel qu'intellectuel. Les nombreuses institutions dans lesquelles les ingénieurs américains sont instruits s'inspirent largement des structures et méthodes d'enseignement des écoles françaises, ainsi qu'elles importent puis traduisent des manuels français pour l'enseignement de la mécanique théorique. Cependant, ce transfert, qui croise les contextes locaux de l'enseignement supérieur américain et les besoins domestiques des auteurs-professeurs, est soumis à un important travail d'adaptation menant, à la fin du siècle, au spectacle d'un pays dont la formation en matière d'ingénierie s'impose sur la scène mondiale de la technique.

Mots-clés : *enseignement, École polytechnique (Paris), ingénieurs, manuels, mécanique, Norwich University, Rensselaer Institute, School of Mines, transfert, Virginia Military Institute, West Point.*

*. Konstantinos Chatzis est chercheur (HDR) à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR), mis à la disposition du Laboratoire techniques, territoires et sociétés (LATS). Ses travaux portent sur l'histoire de l'ingénieur moderne (XIX^e-XXI^e siècles). Contact : [chatzis@enpc.fr].

Thomas Preveraud est maître de conférences à l'université d'Artois et à l'ESPE Lille-Nord-de-France. Ses recherches concernent les transferts des savoirs mathématiques entre France et États-Unis au XIX^e siècle. Il a publié récemment « De Boston à Paris, Le "retour" de la Mécanique céleste de Laplace (1829-1839) », *Philosophia Scientiae*, vol. 19, n° 2, 2015, *Circulations et échanges mathématiques*, p. 95-114. Contact : [thomas.preveraud@espe-lnf.fr].

Abstract. French influence in the engineering education in the United States, 1800-1870 : institutional and intellectual aspects

The trajectories of several higher education institutions in the US clearly testify to the influence exerted by France over American engineering education from 1800 to 1870. Indeed, many institutions training American engineers in this period heavily borrowed structures and teaching methods from their French counterparts. They also imported, and then translated, French textbooks on mechanics. Nevertheless these borrowings, which intersected local high education contexts and authors-professors' needs, were subject to many adaptations (and innovations) that enabled the United-States to become an "engineering" powerhouse at the end of the 19th century.

Keywords : *École polytechnique (Paris), engineers, mechanics, Norwich College, Rensselaer Institute, School of Mines, teaching, textbooks, transfer, West Point, Virginia Military Institute.*

En 1872, le lecteur américain pouvait se procurer l'édition révisée, et largement augmentée, de *Military schools and courses of instruction in the science and art of war*¹, ouvrage paru initialement dix ans auparavant et dressant un panorama de l'enseignement militaire dans huit pays européens et aux États-Unis. La France, première nation citée sur la couverture de cette étude monumentale avoisinant les 1000 pages, y occupait alors environ 270 pages dont presque la moitié était consacrée à la seule École polytechnique.

À la même époque, de l'autre côté de l'Atlantique cette fois, on pouvait lire dans les procès-verbaux du Conseil de l'École des ponts et chaussées les lignes suivantes :

« Le Conseil accueille avec la plus grande faveur la proposition qui vient d'être développée. Il estime que l'intérêt immense qui s'attache à une mission en Amérique justifie

largement les quelques sacrifices qui doivent en être la conséquence, et il est unanime pour demander que, cette année, la mission d'Amérique soit substituée à la mission d'Angleterre. Il exprime aussi le vœu que cette mission comprenne l'envoi d'un ingénieur en même temps que l'envoi d'un élève, et que cet ingénieur soit choisi de préférence dans le Corps enseignant de l'École des Ponts et chaussées »².

Les vœux exprimés dans les lignes précédentes seront exaucés : la mission aura lieu ; elle sera de quatre mois, entre mi-juin et mi-octobre 1870, et, chose inédite pour ce type de mission dont les journaux manuscrits restent en général confinés dans l'espace de la bibliothèque de l'établissement, elle débouchera sur un rapport de quelque 570 pages, publié par ordre du ministère des Travaux publics en 1873³.

Ces documents qui portent respectivement la signature de Barnard et de Malézieux, parus tous les deux autour des années 1870, symbolisent bien un vrai tournant dans les rapports entre les ingénieurs français et leurs homologues américains. Alors que, pendant la majeure partie du XIX^e siècle, ces derniers cherchent activement à entrer en contact avec l'expérience française en matière d'ingénierie pour s'en inspirer, à partir du dernier tiers du siècle, ils sont en mesure d'offrir au reste du monde, dont la France, le spectacle d'un pays qui commence à compter sur la scène mondiale de la technique.

Ce sont les années 1870 qui constituent alors la borne supérieure de cet article, lequel souhaite proposer une première cartographie de la présence française dans la formation des ingénieurs américains durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle. Pour lire cette présence, nous

adoptons deux clés d'analyse, certes en interaction mais qu'on peut isoler pour des raisons analytiques dans un premier temps. La première clé relève d'une approche « macro » et est plutôt de facture « institutionnelle » : nous allons essayer d'établir les différents types de connexions instaurés entre les établissements de formation d'ingénieurs aux États-Unis et en France durant la période 1800-1870. La seconde clé se situe à une échelle plus « micro » et est davantage de nature « intellectuelle » : en focalisant sur une discipline qui occupe une place importante dans les *curricula* des futurs ingénieurs américains de l'époque, la *mécanique théorique*, nous allons tenter de projeter des éclairages complémentaires, par rapport à la lecture « institutionnelle », sur les interactions qui ont eu lieu entre les deux rives de l'Atlantique en matière de formation des ingénieurs⁴.

Les ajustements des institutions américaines d'enseignement technique aux besoins nouveaux

Aux États-Unis, les années 1800-1870 marquent une période de profonds bouleversements démographiques et économiques. Ainsi, la population est multipliée par huit, pour atteindre 40 millions d'habitants en 1870. Avec l'expansion territoriale, le XIX^e siècle consacre l'essor des transports et de l'industrie. L'ensemble de ces transformations entraînent de nouveaux besoins en matière de formation technique⁵.

L'objet de cette première partie porte sur le volet « institutionnel » de la pré-

sence française dans la formation des ingénieurs américains, dont l'historiographie a déjà bien montré le polymorphisme : académies militaires et navales, pionnières au début du XIX^e siècle, puis institutions techniques autonomes et, à partir de la seconde moitié du siècle, les départements d'ingénierie au sein des universités (*colleges*). Qui plus est, dans les universités, des cours d'ingénierie *ponctuels* sont déjà dispensés dès la fin des années 1820⁶. Sans prétendre à l'exhaustivité, cette première partie s'appuie

sur une étude de trois cas : l'*United States Military Academy*, le *Rensselaer Institute* et la *School of Mines* adossée au *Columbia College*, dont les besoins en termes de formation seront analysés à l'aune des structures et méthodes offertes dans les écoles d'ingénieurs françaises. Le choix de ces trois institutions – une académie militaire, un institut d'enseignement technique, une école d'ingénieurs universitaire – illustre non seulement la diversité qui caractérise le paysage américain en matière de formation pour ingénieurs à cette époque, mais tient également compte du fait qu'elles constituent, chacune dans leur genre, des « modèles » en termes de structure des enseignements et de gouvernance pour la formation des ingénieurs au XIX^e siècle⁷.

Au début du XIX^e siècle, il n'existe qu'une seule institution chargée de la formation des ingénieurs américains. Fondée en 1802, l'Académie militaire des États-Unis basée à West Point⁸ forme les officiers-ingénieurs de l'armée, mais elle est également chargée de fournir au pays des ingénieurs en génie civil (des ponts et chaussées selon la nomenclature française). En 1817, les autorités fédérales, animées du désir de modernisation de l'Académie, confient au colonel Sylvanus Thayer (1785-1872) le commandement de l'établissement et la mission de le réformer⁹. Marqué par sa visite de l'École polytechnique de Paris en 1815¹⁰, Thayer transforme radicalement l'Académie autour de deux axes : l'organisation et le contrôle des élèves, ainsi que la modernisation du *curriculum*. Thayer met en place une discipline martiale au moyen d'une routine quotidienne suivie par tous les élèves, semblable à celle observée à l'École

polytechnique¹¹. À chaque instant de la journée, le cadet doit être occupé. Comme à l'École polytechnique, l'emploi du temps couvre une amplitude horaire du lever au coucher de l'élève. Il est rythmé par les *lectures* (cours magistral), immédiatement suivies de séances de *recitations* au cours desquelles on évalue oralement la qualité des prises de notes des élèves lors des *lectures* et on les prépare aux examens de fin de semestre. Thayer introduit des évaluations chiffrées des performances, compilées jour après jour, et établit le *Roll of Merit*, un classement général annuel des cadets. Ce système revêt les mêmes fonctions du classement de sortie mis en place en 1806 à l'École polytechnique : distribution du recrutement dans les services de l'État (de l'armée à West Point) et émulation parmi les cadets au cours de leur formation¹². Signalons que la réforme n'introduit aucun concours d'entrée pour sélectionner les cadets, comme c'est le cas en France. En conséquence, l'hétérogénéité du niveau des cadets empêche *de facto* un enseignement immédiatement très poussé, notamment en mathématiques. La réforme en accroît alors considérablement le poids lors des deux premières années avec des enseignements en algèbre, en géométrie, en analyse¹³, et avec l'introduction d'un cours de géométrie descriptive¹⁴.

En dehors de la place centrale des mathématiques, le programme des enseignements établi en 1817 ressemble peu au *curriculum* de l'École polytechnique ou à ceux des écoles d'application (École des ponts et chaussées, École des mines ou École de l'artillerie et du génie), même s'il agrège plusieurs de leurs enseignements respectifs. Puisqu'il n'existe pas

aux États-Unis, à cette époque, d'école d'application dédiée, comme en France, à la formation des différents corps des ingénieurs, il faut introduire des cours de construction, d'architecture, de minéralogie ou de géologie aux futurs ingénieurs de l'armée des États-Unis, ce qui rallonge la durée de la scolarité. Ces cours, plus pratiques, sont enseignés seulement en quatrième année, quand en France, ils relèvent des *curricula* des écoles d'application de l'École polytechnique. Bien qu'incarné différemment des deux côtés de l'Atlantique, il nous faut néanmoins noter combien le principe d'articulation d'un enseignement très théorique et de matières à dominante plus pratique qui structure le système polytechnicien pris comme un tout – École polytechnique puis écoles d'application – est instauré au sein même de l'Académie militaire des États-Unis.

Au début des années 1820, un nouveau type de structure d'enseignement supérieur voit le jour aux États-Unis : les instituts techniques. Leur objectif principal, sous-tendu par l'essor de « l'esprit utilitariste¹⁵ » et de l'industrie, est de former des ingénieurs civils (non militaires) pour le secteur privé, des maîtres d'œuvre, des directeurs de travaux, des chefs d'usines et des architectes. Le *Rensselaer Institute*, un des premiers du genre, ouvre en 1824, à Troy, dans l'État de New York¹⁶. À partir de 1835, il devient la première structure d'enseignement supérieur délivrant un diplôme d'ingénieur en génie civil (*civil engineering*) aux États-Unis. En 1849, Franklin B. Greene, le nouveau directeur, estime que les objectifs de formation technique des ingénieurs sont vagues et que les deux années de formation de l'époque

ne suffisent pas. Pour réorganiser son institution, il étudie longuement les écoles techniques d'Europe¹⁷. Jugeant la formation prodiguée à l'École polytechnique de Paris non adaptée « aux professions scientifiques dans les domaines de l'ingénierie, de l'architecture, de la métallurgie, etc.¹⁸ », Greene lui préfère¹⁹ les missions de l'École centrale des arts et manufactures, fondée à Paris en 1829²⁰. Ainsi, il allonge la scolarité d'une année de spécialisation, divisée en quatre sections : les architectes, les ingénieurs pour l'industrie, les ingénieurs des mines et les ingénieurs des travaux publics. Par ailleurs, la structure et l'organisation de la journée des élèves s'inspirent des usages de l'École centrale (*lectures* et travaux pratiques). Enfin, Greene restreint le programme aux objets éducatifs « immédiatement reliés à l'architecture et à l'ingénierie²¹ » : les cours de mécanique industrielle, de construction, d'exploitation des mines, de physique industrielle, la géométrie descriptive et l'analyse appliquée à la mécanique²² rappellent parmi d'autres les programmes de l'École centrale des arts et des manufactures. Cependant, Greene doit consolider la base mathématique du *curriculum* de l'École centrale, car ses élèves ont des niveaux très disparates : algèbre, géométrie élémentaire, géométrie analytique viennent compléter les enseignements à Troy.

La *School of Mines*, adossée au *Columbia College*, constitue une des premières²³ véritables écoles d'ingénieurs diplômantes au sein de l'université américaine (*College*). Rappelons que, pendant la majeure partie de notre période, l'enseignement universitaire en matière d'ingénierie renvoie à une formation

élective. En 1863, un ancien élève de Yale mais aussi de l'École des mines de Paris, Thomas Edward Egleston J.-R. (1832-1900), soumet un plan d'organisation d'une École des mines au sein du *Columbia College*, école qui va ouvrir ses portes en novembre 1864. À cette date, aucun établissement ne s'occupe spécifiquement de l'enseignement de l'exploitation des mines et de la métallurgie aux États-Unis. Marqué par son expérience parisienne, Egleston fonde la *School of Mines* avec l'intention d'importer sur le sol américain les réalités parisiennes²⁴. Il s'adjoint, par exemple, les services de professeurs dont beaucoup ont aussi étudié à l'École des mines de Paris. Cependant, le transfert aux États-Unis de ce type de structure n'est pas sans poser des difficultés. En effet, l'École des mines française est intégrée au sein d'une structure plus large : les élèves admis, qu'ils soient des Polytechniciens destinés à faire partie du corps des ingénieurs des mines, ou des élèves-externes (des non Polytechniciens), destinés au secteur privé, ont déjà reçu une formation mathématique et scientifique de qualité, sanctionnée par des examens exigeants. Aux États-Unis, il n'existe aucune structure hiérarchique des institutions d'enseignement supérieur susceptible de conditionner de façon aussi stricte l'admission dans un programme d'ingénieur. La *School of Mines* accueille des étudiants déjà diplômés d'un *college* (université), d'une académie militaire ou d'un institut technique. L'admission est seulement soumise à un entretien où sont vérifiées des connaissances très inférieures à celles acquises par les candidats à l'École des mines en France : algèbre, géométrie et trigonométrie plane. Dès

lors, le *curriculum* qu'Egleston formalise pour la formation des futurs ingénieurs des mines américains inclut un enseignement important en mathématiques, assez semblable à celui prodigué à l'École polytechnique²⁵.

Des trois cas d'étude que nous venons de présenter²⁶, il apparaît que les écoles d'ingénieurs françaises constituent une source d'inspiration (et d'informations) incontestable – au niveau du *curriculum*, de l'organisation générale et des pratiques d'évaluation et de contrôle des élèves – pour les institutions d'enseignement supérieur assurant la formation des ingénieurs américains durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle. Pourtant, dans leurs tentatives de transfert des structures et pratiques « françaises », les Américains se heurtent, entre autres, à la place des mathématiques qui, en France, assoient la formation des futurs ingénieurs en amont de leur entrée dans un établissement technique. Standardisé en France, le niveau très variable en mathématiques dont font preuve les jeunes Américains souhaitant étudier les sciences de l'ingénieur impose un renforcement domestique des enseignements théoriques, principalement les mathématiques, et une réorganisation des enseignements pratiques. Répondant aux besoins en termes de formation sur le temps long du XIX^e siècle, les mathématiques, discipline marginale dans tout l'enseignement supérieur américain au début du siècle, s'autonomisent et se professionnalisent alors progressivement – essor de l'édition d'ouvrages mathématiques, presse spécialisée, sociétés savantes dédiées, ouverture de programmes d'excellence dans les universités²⁷.

Gros plan sur la mécanique théorique

Mais la présence française dans la formation des ingénieurs américains se manifeste aussi à un niveau plus « micro » : le contenu même des cours dispensés. Le cas de l'enseignement de la mécanique théorique en donne la preuve, et ceci malgré la place différente que cette dernière discipline occupe dans le tableau général des savoirs d'un côté et de l'autre de l'Atlantique. Rappelons que, alors que dans la tradition française la mécanique théorique est associée aux mathématiques²⁸, elle constitue le plus souvent aux États-Unis la première partie d'un cours plus large de *Natural and experimental philosophy*, laquelle comprend, en règle générale, l'étude du magnétisme, de l'électricité, de l'optique et de l'astronomie.

Sans surprise, les premiers *class books* utilisés à West Point pour le cours de la mécanique théorique sont, à l'instar des autres disciplines enseignées dans cet établissement ou dans d'autres lieux académiques américains, des documents d'origine britannique²⁹. Ainsi, après la réforme de 1812 et suite à la nomination de Jared A. Mansfield (1759-1830) comme professeur de *Natural and experimental philosophy* deux ans plus tard, les élèves peuvent s'appuyer, à partir de l'automne 1818, sur le *Treatise of mechanics* d'Olinthus Gilbert Gregory (1774-1841), un professeur de l'Académie militaire anglaise de Woolwich. Publié d'abord en 1806, le traité en question en est à sa troisième édition en 1815³⁰. En 1824, il figure toujours, avec les *Principia Mathematica* de Newton, comme manuel de référence³¹. Mais, jugé trop difficile pour les moins bons élèves dès 1819, il semble être

réservé, à partir du mois de janvier 1824, uniquement à l'instruction des élèves les plus avancés, les éléments plus faibles se contentant de la mécanique de Bewick Bridge (1767-1833) parue en 1814³². Cela étant, à en juger par les livres contenus dans la bibliothèque de l'établissement à cette époque, les « Français » sont déjà majoritaires en matière de « philosophie naturelle » (dont la mécanique théorique fait partie), car, sur les 84 titres qui figurent sous cette rubrique, 55 sont de langue française³³.

La réorganisation de l'établissement « sous influence » française au tournant des années 1820 (*supra*) produira des effets au niveau des manuels d'enseignement également. Ainsi, Edward H. Courtenay (1803-1853), ancien élève de West Point, qui professe le cours de « philosophie naturelle et expérimentale » entre 1828 et 1834, visiblement mécontent du traité de mécanique que son collègue à Harvard John Farrar (1779-1853) avait proposé en 1825 aux étudiants américains – en s'appuyant entre autres sur les Français Biot, Bézout, Poisson et Francoeur³⁴ –, décide de traduire les *Éléments de mécanique* de Jean-Louis Boucharlat (1773-1848), un bestseller de l'édition française, dont la première édition date de 1815³⁵. Ancien élève de l'École polytechnique de la première promotion (1794), professant les mathématiques dans différents établissements, Boucharlat est déjà l'auteur d'un premier ouvrage didactique à succès, les *Éléments de calcul différentiel et de calcul intégral*³⁶, sur lequel Charles Davies (1798-1876), professant aussi à West Point entre 1823 et 1837, s'appuiera

pour rédiger ses *Elements of differential and integral calculus*, paru en 1836³⁷. La traduction des *Éléments de mécanique* paraît en 1833³⁸, à une époque où peu de traités de mécanique théorique conçus spécialement pour les besoins de formation des ingénieurs sont disponibles sur le marché français³⁹. Une comparaison de l'original et de sa traduction anglaise montre que le traducteur ne suit pas passivement le texte français. Courtenay est par ailleurs explicite au sujet de sa démarche de traducteur-auteur quand il annonce dans la préface que « *it has been deemed necessary to introduce several subjects which are not noticed in the original, and to extend or modify others* ». Ainsi, ici il procède à des coupes, là il propose des ajouts, une trentaine de pages sur la résistance des matériaux par exemple (p. 145-177), sujet totalement absent du texte français. Notons aussi que, dans ses efforts pour adapter l'original français aux besoins de son public, Courtenay ne s'en appuie pas moins très souvent sur d'autres auteurs français, tels que Poisson, Francœur, Navier, Persy et Genieys, tout en recourant aussi au traité de Gregory déjà mentionné.

La mécanique de Boucharlat, revue par Courtenay, est remplacée en septembre 1850 par une production domestique, la première section, consacrée justement à la mécanique, des *Elements of natural philosophy*, un ouvrage signé par William H. C. Bartlett (1804-1893)⁴⁰. Ancien élève de l'établissement, Bartlett y retourne comme enseignant en 1834 pour y rester jusqu'en 1871, après avoir effectué une série d'expériences sur l'étirement et la contraction de pierres de construction en fonction de la température au début des années 1830⁴¹.

Signé par un Américain, la *Mécanique* de Bartlett n'en est pas moins traversée par la présence française. Bartlett reconnaît ouvertement que durant la préparation de son texte « *constant reference was made to the admirable labors of M. Poncelet* » (*Preface*). Il s'agit évidemment du Polytechnicien et officier du Génie, Jean-Victor Poncelet (1788-1867), un mathématicien et mécanicien de renommée mondiale à l'époque. De Poncelet, Bartlett adopte, entre autres, la conception moléculaire des corps naturels, selon laquelle ces derniers sont formés de « molécules » exerçant les unes sur les autres des actions d'attraction et de répulsion en fonction de leurs distances, conception partagée également par plusieurs grands mécaniciens français de la première moitié du XIX^e siècle⁴². Comme l'officier du Génie, le professeur de West Point place également le concept de travail (*work*) à la base de l'édifice conceptuel de sa mécanique et, à l'instar du Polytechnicien dans ses fameux cours devant les ouvriers et artistes de la ville de Metz entre l'automne 1827 et le mois d'avril 1830, il se passe totalement du calcul infinitésimal⁴³.

Jugé quelque peu élémentaire pour un public qui maîtrise le calcul différentiel et intégral – le traité de Boucharlat traduit par Courtenay faisait usage de ce langage mathématique –, le *textbook* de Bartlett est remplacé à partir du mois d'août 1853⁴⁴ par un autre livre de l'auteur, les *Elements of analytical mechanics*⁴⁵, ouvrage à grand succès, puisque, entre 1853 et 1874, il ne connaît pas moins de neuf éditions. C'est la neuvième édition qui sera utilisée par ailleurs par Peter S. Michie (1839-1901), le successeur de Bartlett, avant que le nouveau profes-

seur de philosophie naturelle et expérimentale ne publie ses propres *Elements of analytical mechanics* une première fois en 1886⁴⁶. Les *Elements of analytical mechanics* de Bartlett partagent avec le livre précédent de l'auteur, qui sera un succès commercial également sous le titre d'*Elements of synthetic mechanics*⁴⁷, la conception moléculaire des corps de la nature. Mais le « langage » de la présentation change, car l'auteur n'hésite pas à faire appel désormais à l'analyse. Poncelet n'est cette fois pas cité dans la préface du nouvel ouvrage de Bartlett, mais plusieurs autres Français sont « remerciés » par l'auteur, à l'instar de Lagrange, Poisson, « Couchey » – il s'agit vraisemblablement de Cauchy, mal orthographié –, Fresnel et Lamé. Notons enfin qu'au moment où Bartlett sort ses deux *Mécaniques* (synthétique et analytique), le catalogue de la bibliothèque de l'établissement fait figurer, sous la rubrique *Mechanics, including statics, dynamics, hydrostatics, and hydrodynamics*, trente-huit documents de langue française (sur quatre-vingt-sept)⁴⁸.

Au vu de l'influence exercée par West Point, la présence française que nous venons de déceler en matière de mécanique théorique au sein de cet établissement sera diffusée sur d'autres points du territoire américain, à commencer par une série d'établissements militaires. C'est le cas, par exemple, du *Virginia Military Institute* (VMI), qui ouvre ses portes en 1839⁴⁹. Ainsi, c'est le traité de Boucharlat qui est utilisé comme *text-book* pour le cours de mécanique dans les années 1840; les élèves ont même droit à la version originale du texte⁵⁰, ce qui s'explique par le fait que le *curriculum* de l'établissement comprend un cours de

français⁵¹, langue enseignée également à West Point à partir de 1803⁵², mais aussi présente dans plusieurs autres établissements américains de formation pour ingénieurs durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle (voir *infra*). En 1869, la mécanique de Boucharlat est toujours utilisée comme manuel au VMI, probablement dans la traduction de Courtenay cette fois⁵³.

Quant à la *Mécanique analytique* de Bartlett (*supra*), il est utilisé comme *text-book* à *Norwich University* dans les années 1860⁵⁴, ainsi qu'au *Rensselaer Institute* dans les années 1850. Ce dernier établissement propose par ailleurs à ses élèves comme *works of reference* en matière de mécanique théorique le *Cours de mécanique de l'École polytechnique* de Duhamel et le *Traité de mécanique* de Poisson (les titres sont en français même pour le *Traité* de Poisson qui est pourtant disponible en anglais à partir de 1842)⁵⁵. La présence française est attestée aussi dans l'enseignement de la mécanique théorique à *Union College*, le premier *liberal art college* à offrir une formation d'ingénieur à partir de 1845. D'après ses propres dires, le professeur Isaac Wilber Jackson (1804-1877) de l'*Union College* a construit son *Traité de mécanique*, publié au tout début des années 1850, en s'appuyant grandement sur les travaux de Poisson et de Boucharlat⁵⁶. Au milieu des années 1870, le *Worcester Institute of industrial science* utilise comme manuel de référence le traité d'Augustus W. Smith (1802-1866)⁵⁷, qui mobilise, entre autres, les travaux de Poincaré (pour la théorie des couples en particulier), ainsi que ceux de Poisson et de Francœur⁵⁸. Ancien élève de West Point entre 1840 et 1844, William Guy Peck (1820-1892) est le premier profes-

seur de mécanique au *School of Mines de Columbia College* (1864-1892)⁵⁹. Si le traité de mécanique théorique signé par Peck, dont la première édition date de 1859, ne contient pas de références à des auteurs qui ont pu l'avoir inspiré dans la rédaction de ce document⁶⁰, la mécanique « française » est largement représentée à l'École des mines puisque le catalogue de la bibliothèque de l'établissement à la fin des années 1860 contient, dans la rubrique *Mechanics and machines*,

treize ouvrages de langue française (sur trente-neuf)⁶¹.

Visiblement très attentifs à la production française en matière de mécanique théorique, particulièrement riche et originale pendant les premières décennies du XIX^e siècle, les responsables de l'enseignement de cette matière dans les établissements américains de formation pour ingénieurs ont su bâtir des cours à la fois originaux et très informés des dernières évolutions de la discipline.

Conclusion

Durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle, la présence française dans la formation des ingénieurs américains se manifeste tant au niveau institutionnel qu'intellectuel. Toutes les institutions spécialisées dans lesquelles les ingénieurs d'outre-Atlantique peuvent être instruits à l'époque s'inspirent, en effet, ouvertement et explicitement des structures et des méthodes d'enseignement des écoles françaises. C'est ainsi qu'elles importent puis traduisent des manuels français pour l'enseignement de différentes disciplines formant les *curricula* offerts. Mais, si présence française il y a, elle ne s'incarne pas pour autant de façon autoritaire : les emprunts sont soumis à un important travail d'adaptation aux contextes locaux et d'hybridation avec les pratiques alors en usage. Ainsi, la diversité et l'autonomie des lieux de formation des ingénieurs américains, en opposition à l'articulation souvent pyramidale des écoles françaises – surtout au sein du système polytechnicien avec l'École polytechnique et ses écoles d'ap-

plication –, impose une adaptation des structures institutionnelles, notamment en termes de recrutement des étudiants et de contenus des enseignements, ces derniers combinant le plus souvent des matières enseignées à l'École polytechnique, telles que les mathématiques et la mécanique théorique, et dans des écoles (françaises) à orientation plus appliquée. Sur le plan des ouvrages mobilisés dans l'enseignement, les manuels français – en mécanique, comme dans d'autres champs disciplinaires par ailleurs, comme la géométrie descriptive et le cours de *civil engineering* – investissent un paysage éditorial qui est déjà rempli de documents d'origine britannique, et leurs adaptations en langue anglaise répondent à des besoins qui ne sont pas toujours ceux des lecteurs français. Face à l'idée du supposé rattrapage⁶² américain grâce aux apports de la science et de l'enseignement français qui a longtemps prédominé dans l'historiographie, notre analyse montre au contraire une autonomisation de la formation domestique

des ingénieurs américains et dépeint un espace relationnel transatlantique qui est loin d'être univoque⁶³ : certes, les savoirs et pratiques circulent d'est en ouest, mais les Américains filtrent leur diffusion et leur intégration dans un paysage qui n'est pas vierge et qui gardera une forte coloration nationale en dépit de multiples emprunts. À cet égard, les années 1870 marquent des changements importants : en élargissant, du côté de l'Allemagne mais aussi de la Grande-Bretagne, son commerce intellectuel avec le monde européen, le système américain de formation d'ingénieurs affirme toujours davantage son individualité et commence à s'imposer comme un acteur important sur la scène mondiale de la technique.

Notes

1. Henry BARNARD, LL.D., *Military schools and courses of instruction in the science and art of war, in France, Prussia, Austria, Russia, Sweden...*, revised edition, New York, E. Steiger, 1872.

2. *Registre des procès-verbaux des séances du Conseil de l'École des ponts et chaussées*, séance du 26 avril 1870, Bibliothèque de l'École des ponts et chaussées, cote 9562.

3. Émile MALÉZIEUX, *Travaux publics des États-Unis d'Amérique en 1870; rapport de mission*, Paris, Dunod, 1873.

4. Cet article est la première manifestation d'un projet de recherche en cours sur les échanges entre la France et les États-Unis en matière de formation des ingénieurs durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle. Vu l'espace disponible, s'il livre les premiers résultats de l'enquête, il informe surtout sur l'approche générale adoptée.

5. Sur ces transformations, Pauline MAIER, Merritt ROE SMITH, Alexander KEYSSAR et Daniel J. KEVLES, *Inventing America : a history of the United States*, 2^e éd., New York et Londres, W.W. Norton & Company, 2006.

6. La bibliographie commence à être assez conséquente. Pour des vues d'ensemble et sans viser à l'exhaustivité : Terry S. REYNOLDS (éd.),

The engineer in America : a historical anthology from technology and culture, Chicago, University of Chicago Press, 1991 ; Id., « The education of engineers in America before the Morrill Act of 1862 », *History of education quarterly*, vol. 32, n° 4, 1992, p. 459-482 ; Roger L. GEIGER, « The rise and fall of useful knowledge. Higher education for science, agriculture, and the mechanic arts, 1850-1875 », in Id. (éd.), *The American college in the nineteenth century*, Nashville, Vanderbilt University Press, 2000, p. 153-168 ; Id., *The history of American higher education : learning and culture from the founding to World War II*, Princeton (NJ), Princeton University Press, 2015, not. chap. 6 et 7. La vieille brochure de S. Edward WARREN, professeur de géométrie descriptive au Rensselaer Polytechnic Institute, intitulée *Notes on polytechnic or scientific schools, in the United States; their nature, position, aims and wants*, New York, John Wiley and Son, 1866, est toujours utile.

7. Le cas de West Point est le plus documenté. La plupart des académies militaires qui ouvrent au cours du XIX^e siècle aux États-Unis (Norwich University, Virginia Military Institute, Military College of South Carolina, Delaware Military Academy, United States Naval Academy) empruntent aux méthodes d'enseignement et utilisent les manuels de West Point, notamment en raison de la migration de ses anciens cadets devenus enseignants. Voir à ce sujet T.S. REYNOLDS, « The education of engineers », *op. cit.*, p. 459-464.

8. L'historiographie est bien renseignée à son sujet ; Theodore J. CRACKEL, *West Point : A bicentennial history*, Lawrence, University Press of Kansas, 2002.

9. Sur les carences en terme d'organisation et de contenus des enseignements avant ladite réforme, Thomas PREVERAUD, *Circulations mathématiques franco-américaines : transferts, réceptions, incorporations et sédimentations (1815-1876)*, thèse de doctorat, université Nantes Angers Le Mans, 2014, p. 28-34 (qui contient aussi une bibliographie).

10. Au sujet du voyage de Thayer en France, Thomas PREVERAUD, « Transmissions des enseignements mathématiques français à l'Académie militaire américaine de West Point (1815-1836) », *Amnis*, n° 12, 2013, [<http://amnis.revues.org/1943>], consulté le 23 juin 2016.

11. Sur l'École polytechnique, Bruno BELHOSTE, *La formation d'une technocratie. L'École polytechnique et ses élèves de la Révolution au Second Empire*, Paris, Belin, 2003. Pour une vue d'ensemble sur la formation des ingénieurs français au XIX^e siècle, voir l'article de synthèse suivant qui contient aussi une riche bibliographie : Konstantinos CHATZIS,

« Theory and practice in the education of French engineers from the middle of the 18th century to the present », *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 60, n° 164, juin 2010, p. 43-78.

12. Sur l'ensemble de ces points, Th. PREVERAUD, *Circulations mathématiques franco-américaines...*, op. cit., p. 59-61.

13. United States, *Articles of war, military laws, and rules and regulations for the Army of the United States*, Washington, De Krafft, 1820.

14. Un chapitre rédigé par Thomas Preveraud sur l'introduction de la géométrie descriptive aux États-Unis est à paraître (courant 2017) dans un ouvrage collectif sur l'enseignement de la géométrie descriptive dans plusieurs pays, faisant suite à un colloque international intitulé « Descriptive geometry : its role in history of mathematics and in teaching » qui a eu lieu à Luminy (France), 18-22 janvier 2016. Voir aussi T. PREVERAUD, *Circulations mathématiques franco-américaines...*, op. cit., p. 64-76.

15. John S. BRUBACHER et Willis RUDY, *Higher education in transition. A history of American colleges and universities, 1636-1968*, New York, Evanston, Londres, Harper & Row, 1968, p. 63.

16. L'étude de référence sur l'histoire de la création de l'Institut reste Palmer C. RICKETTS, *History of the Rensselaer Polytechnic Institute (1824-1894)*, New York, Wiley and sons, 1895.

17. Voir le rapport qu'il rédige suite à sa visite des principales institutions d'enseignement européennes, Franklin B. GREENE, *The Rensselaer Polytechnic Institute, its reorganization in 1849-50, its condition at the present time; its plans and hopes for the future by the director of the Institute*, Troy, Jones and Co, 1855.

18. *Ibid.*, p. 12.

19. *Ibid.*

20. Sur l'École centrale des arts et des manufactures, Sylvie MAZURAT, Jean-Yves MUTRICY, Aymeric POISOT, *Petite histoire d'une Grande école, l'École centrale de 1829 à nos jours*, Paris, École centrale Paris, 1995, pour les premières années et les objectifs de formation des ingénieurs, ou encore François LAAGE DE MEUX, *L'École centrale, origines et destinées de l'École centrale des arts et des manufactures de Paris*, Paris, Bédécom, 1981, pour le curriculum.

21. F. B. GREENE, *The Rensselaer Polytechnic Institute, its reorganization...*, op. cit., p. 4.

22. P. C. RICKETTS, *History of the Rensselaer...*, op. cit., p. 99-101.

23. Ce sont en fait dans les années 1840 que se développent les premières expériences de mise en place de programmes spécifiques de formation pour ingénieurs au sein de grandes universités

américaines : à Harvard avec la *Lawrence Scientific School* et à Yale avec la *Sheffield Scientific School*.

24. Th. PREVERAUD, *Circulations mathématiques franco-américaines...*, op. cit., p. 152 et p. 154; Robert MCCAUGHEY, *A lever long enough : a history of Columbia's school of engineering and applied science since 1864*, New York, Columbia University Press, 2014, chap. 2.

25. Comparer notamment les *curricula* de l'École des mines de New York et de celle de Paris : respectivement dans *Columbia College* (dir.), *Catalogue of the officers and students of Columbia College for the year 1865-1866*, New York, Van Nostrand, 1866, p. 56-57, et sur le site des *Annales des mines* à l'adresse [<http://www.annales.org/archives/dirparis.html#profs>], récupéré le 23 juin 2016.

26. Dans le même registre, la structure et les enseignements de l'École des ponts et chaussées à Paris ont été très observés par les fondateurs de la *Thayer Engineering School* qui ouvre à Dartmouth, en 1872; Th. PREVERAUD, *Circulations mathématiques franco-américaines...*, op. cit., p. 151-152.

27. Pour un aperçu de la discipline en construction dans les trois premiers quarts du XIX^e siècle, Karen H. PARSHALL et David E. ROWE, *The emergence of the American mathematical research community, 1876-1900* : J.J. Sylvester, Felix Klein, and E. H. Moore, Providence, American Mathematical Society, 1994, p. 1-80.

28. Ainsi, entre 1816 et 1851, analyse et mécanique théorique sont confiées, à l'École polytechnique, au même professeur : Konstantinos CHATZIS, « Mécanique rationnelle et mécanique des machines », in Bruno BELHOSTE, Amy DAHAN DALMEDICO et Antoine PICON (dir.), *La formation polytechnicienne, 1794-1994*, Paris, Dunod, 1994, p. 95-108.

29. Pour le cas des mathématiques, Th. PREVERAUD, *Circulations mathématiques franco-américaines...*, op. cit.

30. Olinthus GREGORY, *A treatise of mechanics, theoretical, practical, and descriptive*, Londres, George Kearsley, 1806, 2 vol.; la bibliothèque de l'établissement dispose aujourd'hui de deux exemplaires de l'édition de 1815 : Joe ALBREE, David C. ARNEY et V. Frederick RICEY, *A station favorable to the pursuits of science : primary materials in the history of mathematics at the United States Military Academy*, Providence, American Mathematical Society, 2000, p. 129.

31. *National Government Journal, and Register of official papers*, vol. I, n° 43, 28 août 1824, p. 684.

32. Bewick BRIDGE, *A treatise on mechanics : intended as an introduction to the study of natural philosophy*, Londres, T. Cadell and W. Davies, etc.,

1814. Sur ce qui précède, voir surtout *The centennial of the United States Military Academy at West Point, New York, 1802-1902, vol. I : Addresses and histories*, Washington, Government Printing Office, 1904, p. 261-264 ; J. ALBREE et al., *A station favorable to the pursuits of science...*, op. cit., p. 17.

33. *Catalogue of books in the library of the Military Academy, August 1822*, Newburgh (N.Y.), Ward M. Gazlay, 1822, p. 18-20 (nos calculs).

34. John FARRAR, *An elementary treatise on mechanics, comprehending the doctrine of equilibrium and motion, as applied to solids and fluids, chiefly compiled, and designed for the use of the students of the University at Cambridge, New England*, Cambridge (N.E), Hilliard and Metcalf, 1825, « Advertisement ». Sur Farrar, Th. PREVERAUD, *Circulations mathématiques franco-américaines...*, op. cit., p. 88-89.

35. Jean-Louis BOUCHARLAT, *Éléments de mécanique*, Paris, Chez M^{me} V^{ve} Courcier, 1815 (2^e et 3^e éd. en 1827 et 1840 chez Bachelier ; 4^e éd. en 1861 chez Mallet-Bachelier).

36. Jean-Louis BOUCHARLAT, *Éléments de calcul différentiel et de calcul intégral*, Paris, Béchét, 1813 (9^e éd. en 1891 chez Gauthier-Villars et fils).

37. Th. PREVERAUD, *Circulations mathématiques franco-américaines...*, op. cit., p. 245-247.

38. Jean-Louis BOUCHARLAT, *An elementary treatise on mechanics, translated from the French of M. Boucharlat, with additions and emendations, designed to adapt it to the use of the cadets of the U.S. Military Academy*, by Edward H. Courtenay, New York, J. & J. Harper, 1833.

39. Sur les manuels de mécanique théorique pour ingénieurs en France durant la période 1830-1860, Konstantinos CHATZIS, « Le polytechnicien Jean-Baptiste Bélanger et son traité de mécanique théorique pour ingénieurs (1864-1866) », in Liliane HILAIRE-PÉREZ et al. (dir.), *Le livre technique avant le xx^e siècle. À l'échelle du monde*, Paris, CNRS Éditions, 2017.

40. William H. C. BARTLETT, *Elements of natural philosophy, section I : Mechanics*, New York, A. S. Barnes and Company ; Cincinnati, H. W. Derby and Company, 1850.

41. Ann JOHNSON, « Material experiments : environment and engineering institutions in the Early American Republic », *Osiris*, vol. 24, n° 1, 2009, p. 53-74 (réf. à Bartlett, p. 65-66).

42. Sur la mécanique moléculaire en France, Konstantinos CHATZIS, « Les conceptions de Barré de Saint-Venant en matière de théorie de la connaissance », *L'art de l'ingénieur, de Perronet à Caquot* (numéro hors-série des *Annales des ponts et chaussées*), Paris, Presses de l'ENPC, 2004, p. 93-115.

43. Konstantinos CHATZIS, « Charles Dupin, Jean-Victor Poncelet et leurs mécaniques pour "artistes" et ouvriers », in Carole CHRISTEN et François VATIN (éd.), *Charles Dupin (1784-1873) : ingénieur, savant, économiste, pédagogue et parlementaire du Premier au Second Empire*, Rennes, PUR, 2009, p. 99-113.

44. *The centennial of the United States Military Academy at West Point...*, op. cit., p. 267.

45. Voir, par exemple, William H. C. BARTLETT, *Elements of analytical mechanics*, 8th edition, revised, corrected, and enlarged, New York, A. S. Barnes & Co, 1866 (la préface date de 1858).

46. Peter S. MICHIE, *Elements of analytical mechanics*, s. l., West Point, United States Military Academy Press, 1886 ; *The centennial of the United States Military Academy at West Point...*, op. cit., p. 268-269.

47. William H. C. BARTLETT, *Elements of synthetic mechanics*, 6th edition, revised and corrected, New York, A. S. Barnes and Company ; Cincinnati, H. W. Derby and Company, 1857.

48. *Catalogue of the library of the U.S. Military Academy, West Point, N.Y. Exhibiting its condition at the close of the year 1852*, New York, John F. Trow, 1853, p. 159-162 (nos calculs).

49. Jonson MILLER, « Pathways and purposes of the 'French tradition' of engineering in antebellum America : the case of Virginia Military Institute », *Engineering Studies*, vol. 5, n° 2, août 2013, p. 117-136.

50. *Register of the officers and cadets of the Virginia Military Institute*, Lexington, Va., Philadelphie, Crissy & Markley, juillet 1847, p. 9 (il est marqué : « Boucharlat (in French) » ; pour le cours de français, voir *ibid.*, p. 9).

51. Jonson MILLER, *Citizen soldiers and professional engineers : the antebellum engineering culture of the Virginia Military Institute*, Ph. D. dissertation, Blacksburg, Virginia Polytechnic Institute and State University, septembre 2008, p. 186.

52. Sur le cours de français à West Point, Patricia B. GENUNG, « Teaching foreign languages at West Point », in Lance BETROS (éd.), *West Point : two centuries and beyond*, Abilene (TX), McWhiney Foundation Press, 2004, p. 507-532.

53. *Register of the officers and cadets of the Virginia Military Institute*, Lexington, Va., s.n., 1869, p. 32 (il est marqué : « Boucharlat's Mechanics », sans autre précision ; pour le cours de français, *ibid.*, p. 33 et p. 34).

54. Grenville M. DODGE et William ARBA ELLIS (éd.), *Norwich University 1819-1911 : her history, her graduates, her roll of honor, vol. 1 : General history, 1819-1911*, Montpelier (Vt.), The Capital City Press, 1911, p. 114, années 1865-1866 (pour

l'enseignement du français, *ibid.*, p. 77, p. 113, années 1865-1866).

55. *Register of the officers and students of the Rensselaer Polytechnic Institute at the city of Troy*, Troy, s.n., août 1854, p. 46 (pour les « text books » du cours de français, p. 54).

56. Isaac.W. JACKSON, *An elementary treatise on mechanics*, Albany, Gray, Sprague & Co., 1852, « Advertisement ».

57. *Sixth annual catalogue of the Worcester County Free Institute of Industrial Science; with the plan of instruction, 1875-76*, Worcester, Charles Hamilton Printer, 1875, p. 21. Les étudiants ont droit à deux ans d'étude de la langue française et ils peuvent choisir entre le français et l'allemand pendant la troisième année.

58. Augustus W. SMITH, *An elementary treatise on mechanics, embracing the theory of statics and dynamics, and its application to solids and fluids, prepared for the under-graduate course in the Wesleyan University*, New York, Harper & Brothers, 1858 (1^{re} éd. 1849), p. iv.

59. Voir sa notice nécrologique par John H. Van AMRINGE, *Columbia Spectator*, vol. xxx, n° 1, 18 février 1892, p. 4-5.

60. William G. РЕСК, *Elements of mechanics : for the use of colleges, academies, and high schools*, New York, A. S. Barnes & Burr, 1859. Très vite,

Peck publie une version de son document où les questions de mécanique sont traitées à l'aide de l'analyse : *Elements of mechanics : treated by means of the differential and integral calculus*, 2^e éd., New York, A. S. Barnes & Company, 1860 (plusieurs éditions par la suite).

61. *Catalogue of the library of the School of Mines of COLUMBIA College, New York, May, 1869*, New York, S. Angell, 1869, p. 10-11 (nos calculs).

62. Voir notamment Florian CAJORI, *The teaching and history of mathematics in the United States*, Washington, D. C., Bureau of Education, 1890, ou encore Lao G. SIMONS, « The influence of French mathematicians at the end of the eighteenth century upon the teaching of mathematics in American colleges », *Isis*, vol. 15, n° 1, 1931, p. 104-123.

63. Sur la question de la non-univocité des transferts entre deux espaces géographiques, voir, entre autres, les travaux de Liliane HILAIRE-PÉREZ sur les échanges franco-britanniques, « Les échanges techniques entre la France et l'Angleterre au XVIII^e siècle : la révolution industrielle en question », in Pierre-Yves BEAUREPAIRE et Pierrick POURCHASSE (dir.), *Les circulations internationales en Europe, années 1680-années 1780*, Rennes, PUR, 2010, p. 197-212.