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

Les ingénieurs français au XIX^eme siècle (1789 – 1914) – Émergence et construction d'une spécificité nationale

Konstantinos Chatzis

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/sabix/691>

DOI : 10.4000/sabix.691

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 : 53 – 63

ISBN : ISSN N° 2114-2130

ISSN : 0989-30-59

Référence électronique

Konstantinos Chatzis, « Les ingénieurs français au XIX^eme siècle (1789 – 1914) – Émergence et construction d'une spécificité nationale », *Bulletin de la Sabix* [En ligne], 44 | 2009, mis en ligne le 22 mai 2011, consulté le 07 septembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/sabix/691> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/sabix.691>

Ce document a été généré automatiquement le 7 septembre 2020.

© SABIX

Les ingénieurs français au XIXème siècle (1789 – 1914) – Émergence et construction d'une spécificité nationale

Konstantinos Chatzis

Introduction

- 1 Dans les années 1920, la *Society for the promotion of engineering education* entreprend une étude monumentale sur l'enseignement technique supérieur aux Etats-Unis et en Europe. Dans le rapport de synthèse, publié en 1930, le directeur de l'enquête, un certain W.E. Wickenden, livre au lecteur ses sentiments au sujet de la formation des ingénieurs en France. Il remarque que les élèves inscrits à la classe préparatoire des mathématiques spéciales pour préparer le concours d'entrée pour les Grandes écoles d'ingénieurs de l'époque doivent, avant même de pénétrer l'une de ces institutions, assimiler une quantité de mathématiques et de sciences que le futur ingénieur américain aura à acquérir durant la totalité de son parcours universitaire. Le grand nombre des établissements qui décernent le diplôme d'ingénieur en France ainsi que leur forte individualité, rendant difficile tout exercice de classification d'après le directeur de l'enquête, attire aussi l'attention de l'observateur américain. Celui-ci souligne également la forte corrélation entre le lieu des études de l'ingénieur français et le type de carrière suivie. Wickenden exprime aussi son étonnement devant le grand prestige dont jouissent les ingénieurs en France, l'excellente place que certains segments de la profession occupent dans les sommets de l'hierarchie entrepreneuriale et administrative du pays, l'attrait enfin que le métier exerce auprès des jeunes les plus brillants de leur génération¹.
- 2 Transporté dans la France d'aujourd'hui, l'observateur américain aurait certainement réitéré ses impressions de jadis. L'ingénieur français bénéficie toujours d'un prestige

social que ses collègues étrangers peuvent difficilement revendiquer. Le système de formation dont il est issu n'a cessé de poursuivre un processus de fragmentation, déjà bien entamé à l'époque de l'enquête américaine. Ainsi, en 1991, 211 établissements français ont produit quelque 18 000 diplômes d'ingénieur, alors qu'à la même époque en Allemagne (en 1989) et en Italie (en 1991) 18 et 26 écoles d'ingénieurs délivraient à elles seules 11 600 et 7 500 diplômes respectivement². Extrêmement fragmenté, l'enseignement technique supérieur français se présente également comme très hiérarchisé, en offrant au futur ingénieur un statut et une trajectoire de carrière qui sont en grande partie conditionnés, comme par le passé, par le lieu précis de ses études. Il faut par ailleurs noter ici que, de façon paradoxale, plus l'établissement dont on sort est haut dans la hiérarchie des écoles, plus la probabilité d'exercer un métier éloigné du domaine de la « technique » est grande. Et comme dans les années 1920, la profession apporte toujours des contingents importants de hauts fonctionnaires et de dirigeants pour le secteur privé.

- 3 Qu'il s'agisse alors de la période de l'entre-deux-guerres ou des temps présents, la communauté des ingénieurs français présente un certain nombre de caractéristiques qui la différencient fortement de ses consœurs dans des pays comparables du point de vue social et économique. C'est la construction de cette originalité française qui constitue l'objet de cet article. Se donnant comme horizon temporel le long XIX^e siècle, de la Révolution à la Grande guerre, je vais tenter alors de retracer les principaux épisodes historiques qui ont conféré à la communauté des ingénieurs français ses spécificités nationales les plus significatives.
- 4 Mais avant l'histoire, la préhistoire : enjambons plusieurs siècles avant de commencer véritablement notre historique, pour parler rapidement de l'ingénieur de l'Ancien Régime.

Les ingénieurs de l'ancien régime

- 5 Les origines lointaines de l'ingénieur français contemporain sont à rechercher chez les techniciens de la guerre, artilleurs et experts en fortifications. S'imposant comme une arme décisive à la fin de la guerre de Cent ans (1337-1453) et pendant les guerres d'Italie (1494-1559), l'Artillerie remet en question les anciennes façons de fortifier. Cette « révolution militaire » ne fait qu'augmenter l'importance des spécialistes de l'artillerie et des fortifications au sein des armées. François I^{er} (1494-1547) crée ainsi un service d'artillerie et, un peu plus tard, sous le règne de Henri IV (1553-1610), un service des fortifications voit le jour. Pendant un premier temps, ces personnels techniques, dotés d'un statut civil, sont recrutés individuellement. Mais petit à petit, ils vont se regrouper dans des corps, qui s'organisent selon des règles précises et qui, progressivement, se militarisent complètement. Le corps du génie voit le jour en 1691, celui de l'artillerie en 1755. Parallèlement à ces deux corps militaires, se développent des corps civils d'ingénieurs, comme celui des ponts et chaussées (en 1713/1716), chargé des voies de communication du royaume, ou le corps des mines, qui voit le jour à la fin du XVIII^e siècle³. Ces corps, militaires et civils, se trouvent à l'origine de plusieurs écoles de formation technique⁴. Même si les Artilleurs sont les premiers à fonder, en 1720, des écoles de formation, ce sont l'École des ponts et chaussées, fondée en 1747, et l'École du génie de Mézières, ouverte l'année suivante, qui sont

incontestablement les institutions les plus importantes durant la période précédant la Révolution.

L'Ecole polytechnique et ses écoles d'application

- 6 Le séisme de l'année 1789 va durement secouer le monde des ingénieurs français, déjà fort de ses premiers corps et établissements de formation. Parmi les créations révolutionnaires figure un établissement qui va marquer durablement la profession : l'École polytechnique. Créée en 1794, sous le nom de l'École centrale des travaux publics, elle est conçue par ses fondateurs, parmi lesquels on trouve Gaspard Monge (1746-1818), qui avait déjà professé à l'École du génie de Mézières, comme une arme contre les corps d'ingénieurs existants, qui rappelaient un Ancien Régime détesté. En effet, au moment de sa fondation, l'École polytechnique est censée remplacer toutes les écoles d'ingénieurs fondées au XVIII^e siècle en fournissant elle seule à l'ensemble de la société française - et non pas seulement à son État - les ingénieurs en tous genres dont elle avait besoin.
- 7 Mais comment pouvoir former en l'espace de trois ans - telle est la durée de scolarité prévue -, des ingénieurs des fortifications et des ponts et chaussées, des ingénieurs des mines et des constructeurs de vaisseaux, des ingénieurs géographes et, plus généralement, des ingénieurs capables d'œuvrer avec efficacité dans tout domaine technique ? Pour qu'on puisse atteindre un objectif aussi ambitieux, pour pouvoir produire la figure de l'ingénieur polytechnique dans une durée aussi courte, une seule solution se profile aux yeux des promoteurs de l'École polytechnique : enseigner aux futurs ingénieurs des connaissances scientifiques, donc universelles, ainsi que des outils et des méthodes généraux, les seuls capables, grâce justement à leur degré de généralité la plus élevée possible, de pouvoir être mobilisés dans une pluralité (infinie) de contextes pratiques. L'idée n'est pas totalement originale. Le projet d'associer la science et l'action, de mettre la première au service de la seconde, autrement dit l'idée de l'application de savoirs théoriques à des questions pratiques, date de la seconde moitié du XVIII^e siècle, voire avant. Elle gagne alors le milieu des encyclopédistes et, à partir des années 1770, le monde académique, Condorcet et Lavoisier en tête. Ce projet a pu même trouver un début de réalisation à l'École du génie de Mézières grâce aux efforts de Monge⁵. Mais il faudra attendre la création de l'École polytechnique pour que l'idée de l'application soit cultivée de façon systématique et pérenne. Suivons rapidement les étapes de mise en oeuvre de cette idée, qui a présidé, répétons-le, à la création de l'École polytechnique⁶.
- 8 Rappelons qu'au moment de sa fondation, en 1794, l'École polytechnique est censée fournir à la société française les ingénieurs en tous genres dont celle-ci a besoin. Mais, à peine conçu et annoncé, ce projet est radicalement remis en cause au bout d'un an, en 1795, par l'institution des écoles dites d'application. L'École polytechnique devient alors l'antichambre théorique qui va alimenter exclusivement les établissements qui formeront les futurs ingénieurs d'État. Quant à ces établissements, ils ne sont rien d'autre que les écoles d'ingénieurs de l'Ancien Régime, comme l'École des ponts et chaussées, l'École de l'artillerie et du génie installée en 1802 à la ville de Metz ou l'École des mines fondée en 1783...
- 9 En 1795 se met alors en place le système polytechnicien, composé de l'École polytechnique et de ses écoles d'application, système qui va perdurer jusqu'à nos jours⁷.

Mais il faudra presque une trentaine d'années pour qu'il commence à fonctionner efficacement. En effet, jusqu'aux années 1820, le polytechnicien vit au milieu d'une contradiction. Après avoir réussi un concours d'entrée difficile, il reçoit, pendant les deux ans de sa scolarité à l'École polytechnique, une formation mathématique et scientifique d'un niveau jamais atteint auparavant en France ou ailleurs dans le monde. Rien d'étonnant alors si durant les premières décennies du XIX^e siècle l'établissement abrite et produit la majeure partie de l'élite scientifique de l'époque en France, voire dans le monde entier⁸. Mais en arrivant dans une école d'application choisie en fonction de ses performances scolaires à l'École polytechnique, le même polytechnicien trouve un établissement qui offre un enseignement qui reste très en deçà de ce qu'il est en droit d'attendre. Ce hiatus entre une École polytechnique de plus en plus savante et des écoles d'application attachées aux habitudes du passé sera progressivement comblé à partir des années 1820. Les artisans de cette « réconciliation » seront quelques jeunes polytechniciens qui ont fait leurs classes à l'École polytechnique dans les premières décennies du XIX^e siècle. Professeurs dans les écoles formant le système polytechnicien pour les uns, ingénieurs opérationnels sur le terrain pour les autres, ces polytechniciens vont utiliser alors les ressources mathématiques et scientifiques que l'École polytechnique leur a offertes afin de procéder à une « mathématisation » et à une « scientification » sans précédent des savoirs relatifs à l'art de l'ingénieur. Je ne peux citer ici qu'un nombre limité de polytechniciens, qui ont œuvré notamment dans le domaine de la mécanique et de ses applications : Poisson, Cauchy, Navier, Poncelet, Coriolis, Saint-Venant, Darcy, Dupuit, Clapeyron, Lamé,... et la liste est loin d'être exhaustive. Grâce à la figure du polytechnicien-savant, illustrée par les noms que je viens de mentionner, l'entrée des sciences dans le domaine de l'art de l'ingénieur sera à la fois productive et définitive⁹.

- 10 En l'espace de vingt ans après la fondation de l'École polytechnique, plus de deux mille ingénieurs et officiers sont sortis de cette institution et de ses écoles d'application¹⁰. A la Restauration, le monde des ingénieurs d'État a déjà émergé en France et s'est imposé au sein de l'appareil d'État comme un univers culturel et professionnel aux caractéristiques propres et bénéficiant d'une grande autonomie¹¹. En alimentant les différents corps techniques d'État, les polytechniciens, nourris de savoirs théoriques plus ou moins bien assimilés, feront alors de la France le premier pays où le métier de l'ingénieur est établi comme une « profession savante » (*learned profession* diraient les anglais)¹².

« Les ingénieurs civils » entrent sur scène

- 11 A la même époque, la révolution industrielle commence à toucher la France et redynamise le milieu technique indépendant de la sphère étatique qui existait avant la Révolution, milieu composé de techniciens concepteurs et inventeurs sur le tas¹³. Très actifs dans les domaines de la mécanique et du génie civil, ces hommes de l'art, les « artistes » selon la nomenclature de l'époque, contribuent de manière décisive, à côté des ingénieurs d'État, à faire connaître sur le sol français les nouvelles techniques industrielles et à les perfectionner. Même si la formation systématique des ingénieurs des différents corps d'État lui fait encore défaut, ce milieu peut bénéficier d'un certain enseignement technique dont l'offre augmente et se diversifie durant le premier tiers du XIX^e siècle¹⁴ : le Conservatoire des arts et métiers est fondé en 1794, la même année

que l'École polytechnique ; les deux premières écoles d'arts et métiers, destinées officiellement à former des contremaîtres et des ouvriers qualifiés, ouvrent leurs portes à Châlons-sur-Marne et à Angers sous le Premier Empire. En 1816 voit le jour l'École des mines de Saint-Étienne : préparant, sous l'égide du corps des Mines, des chefs d'exploitation du sous-sol, cet établissement fournit dans les faits de nombreux ingénieurs, parmi lesquels on compte même des noms célèbres comme Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887), l'un des fondateurs de la chimie agricole, ou le non moins connu mécanicien Benoît Fourneyron (1802-1867), inventeur de la turbine¹⁵. Dans les années 1820, le monde patronal local alsacien, via la Société industrielle de Mulhouse, soutient ou crée directement plusieurs cours (cours de chimie industrielle, cours de dessin, cours de mécanique...). Les municipalités de plusieurs villes offrent également des cours techniques du soir, dont le plus célèbre aux yeux de la postérité est à coup sûr l'enseignement de mécanique industrielle assuré par le polytechnicien et officier du génie Jean-Victor Poncelet (1788-1867) à Metz entre 1827 et 1830¹⁶.

Une dizaine de polytechniciens ayant contribué au développement de la mécanique et de ses applications dans la première moitié du XIX^e siècle

Poisson X1798

Navier X1802

Cauchy X1805

Poncelet X1807

Coriolis X1808

Saint-Venant X1813

Clapeyron X1815

Lamé X1815

Darcy X1821

Dupuit X1822

- ¹² Ce milieu d'« artistes » - lequel, d'après les dires d'un de ses représentants les plus éminents, Eugène Flachet¹⁷, était à ses débuts « sans force et sans influence », obligé de « disputer pied à pied le terrain sur lequel devait s'exercer [son] activité », composé à l'époque d'« hommes obscurs, nouveaux venus dans une carrière dont le nom n'existait même pas¹⁸ » - ne tarde pas à se rendre compte de l'essor extraordinaire du machinisme outre-Manche. Il constate également que les principaux acteurs de ce bouleversement historique sans précédent, ni savants ni ingénieurs d'État, sont semblables à plusieurs égards aux hommes de l'« art » qui exercent en France. Il découvre aussi que ces « artistes » britanniques portent même un nom : ils se reconnaissent, en effet, dans le terme de *civil engineers*, vocable qu'ils adoptent pour se distinguer de *military engineers*. La traduction littérale en français du terme anglais, à savoir l'expression d'ingénieur civil, commence à circuler dans l'Hexagone dès le début des années 1820 ; à la fin de la décennie, le terme est d'un usage large et est revendiquée comme titre désignant un milieu professionnel technique distinct du monde des ingénieurs d'État¹⁹. Dès le début des années 1830, les premiers manuels destinés explicitement à la formation de cette nouvelle figure paraissent en France²⁰.
- ¹³ C'est dans ce contexte qu'intervient la fondation, en 1829, de l'École centrale des arts et manufactures, institution privée dont l'objectif est de produire justement de l'ingénieur civil « à la française » (c'est-à-dire par voie scolaire). Se référant à la première École polytechnique, celle de 1794, avant la transformation de celle-ci en antichambre théorique pour ses écoles d'applications spécialisées, les promoteurs de l'École centrale souhaitent produire un ingénieur capable de couvrir un champ d'activité extrêmement large : l'ensemble des industries, les travaux publics et le bâtiment y compris. Pour ce faire, ils vont proposer une formation originale, qui emprunte de façon sélective à la fois à l'École polytechnique et à ses écoles d'application. Certes moins exposé que le polytechnicien à de hautes doses de mathématiques et de mécanique théorique, le centralien n'en reste pas moins un ingénieur scientifique : en effet, le calcul différentiel et intégral ainsi que la mécanique rationnelle sont enseignés, souvent par des polytechniciens d'ailleurs, dès l'ouverture de l'École²¹.

- 14 Avec la création de l'École centrale, le champ des ingénieurs diplômés en France augmente en volume et se fragmente en se bi-polarisant : aux ingénieurs d'État, issus du système polytechnicien, répondent désormais les diplômés de l'École centrale²², qui alimentent régulièrement le milieu des ingénieurs civils, fort en 1846, à en croire le *Journal du génie civil*, de 2 670 membres bien identifiés²³. A la même époque, en 1854, sur environ 5 500 polytechniciens en vie, 3 132 sont employés dans l'Administration²⁴.
- 15 Si la création de l'École centrale participe beaucoup à la diffusion de l'appellation « ingénieur civil », le porteur du titre n'est pas pour autant statutairement reconnu. Ainsi, à défaut d'un label officialisé par l'État, un projet d'association regroupant les ingénieurs civils, sur le modèle de l'*Institution of civil engineers* d'outre-Manche, voit le jour. Il aboutira, au lendemain de la Révolution de février 1848, dans un contexte marqué par des attaques violentes menées par les ingénieurs civils contre le monopole exercé par les ingénieurs d'État - le corps des ponts et chaussées, notamment²⁵ -, sur les travaux publics²⁶, à la création de la Société des ingénieurs civils de France (SICF)²⁷. Suivant l'exemple des différents corps d'ingénieurs d'État, qui se dotent durant le premier tiers du XIX^e siècle d'organes périodiques, la Société des ingénieurs civils crée sa propre revue : *les Mémoires et comptes rendus des travaux de la Société des ingénieurs civils de France* paraissent ainsi à partir de l'année 1848 et prennent leur place à côté du *Mémorial de l'officier du génie* fondé en 1803, des *Annales des mines* - qui prennent la suite du *Journal des mines*, fondé en 1794 - créés en 1816, ou des *Annales des ponts et chaussées* qui sortent en 1831²⁸.
- 16 Reconnu d'utilité publique en 1860, la Société des ingénieurs civils de France connaît un essor certain puisque ses membres, admis suite à cooptation et parrainage, passent de 134 en 1848 à 525 en 1860, à 1 800 en 1880. Ils sont 3 054 en 1897²⁹, quelque 6 000 à la veille de la première Guerre mondiale³⁰ (A des fins de comparaison, notons que, vers 1914, la *Verein Deutscher Ingenieure* compte quelque 25 000 membres³¹). Très présents au moment de la fondation de la Société, les anciens élèves de l'École centrale représentent à la fin du XIX^e siècle seulement 40 % de ses effectifs³². D'où viennent alors les membres non centraliens de la Société ?

La seconde révolution industrielle et le monde des ingénieurs en France, 1870 - 1914

- 17 Entre l'époque des premiers centraliens et le début du XX^e siècle, le monde des ingénieurs français va connaître des changements substantiels, qui reflètent par ailleurs l'évolution industrielle et économique du pays. En effet, la France s'engage à partir des années 1820 dans une phase de croissance industrielle qui, même brisée dans son élan durant les années 1880-1895³³, se prolonge jusqu'à la veille de la Grande guerre. Cette croissance est à l'origine d'une demande soutenue pour des techniciens qualifiés, dont des ingénieurs. Plusieurs sources vont alimenter alors l'industrie française du personnel technique dont elle avait besoin.
- 18 La première source est composée par le tandem « École centrale- système polytechnicien ». Alors qu'en 1832 (première promotion) l'École centrale décerne au total vingt-six diplômes (17) et certificats de capacité (9)³⁴, en 1885 ce chiffre est multiplié par sept et demi (196)³⁵. A la fin du XIX^e siècle, l'École centrale compte alors

quelque 8 000 anciens élèves dont 5 830 sont encore en vie ; et parmi ceux-ci 4 727 travaillaient (en 1890) en France³⁶.

- 19 Quant au système polytechnicien, s'il est censé produire des ingénieurs au service de l'État³⁷, plusieurs polytechniciens vont travailler pour le compte du secteur privé, où les rémunérations sont bien plus intéressantes par rapport au secteur public³⁸. C'est le « pantoufflage », phénomène qui trouve dans le développement des chemins de fer à partir des années 1840 un moteur décisif : ainsi de 4 % à peine des effectifs du corps des ponts et chaussées en 1831, de 6 % en 1852, les « pantoufflards » sont 21 % (dont 80 % dans les chemins de fer) en 1862³⁹. Les écoles d'application de l'École polytechnique vont également ouvrir progressivement leurs portes à un nombre limité d'élèves, français et étrangers, qui ne sont pas passés au préalable par l'École polytechnique et qui vont travailler par la suite dans le secteur privé⁴⁰. Ce flux d'ingénieurs diplômés, sortis des « Grandes écoles⁴¹», vers le secteur privé, certes croissant⁴², n'est pas pourtant suffisant. Le « déficit » en matière d'ingénieurs, est comblé, en partie du moins, par l'appel à des techniciens anglais jusqu'aux années 1840 et surtout par la promotion sur le tas des ouvriers qualifiés et des contremaîtres, formés souvent dans des établissements de formation technique qui n'avaient pas pour vocation de « produire » des ingénieurs, ou dans des cours du soir. Le cas des anciens élèves des écoles d'arts et métiers, les « gadzarts », est particulièrement instructif à cet égard. S'appuyant sur un échantillon de 800 anciens élèves ayant étudié dans l'une des écoles d'arts et métiers entre 1825 et 1875 - pendant la même période, le nombre estimé des anciens élèves est de l'ordre de 10 000 -, l'historien Charles Day montre que, bien que débutant d'ordinaire comme ouvriers qualifiés ou dessinateurs, la plupart des anciens élèves inissent par accéder à des postes de responsables d'atelier, de chefs de fabrication ou de directeurs d'usine, situation qui leur donne généralement le titre d'ingénieur. Seuls 11 % d'entre eux achèvent leur carrière comme ouvriers qualifiés, contremaîtres ou dessinateurs⁴³.
- 20 Ce système hybride, composé d'ingénieurs qui avaient reçu une formation dans une école d'ingénieurs « patentée » et d'ingénieurs formés sur le tas dans les lieux de travail rencontre ses limites à la fin du XIX^e siècle, au moment où la France s'engage, avec d'autres pays, dans la Seconde révolution industrielle⁴⁴. Celle-ci exige notamment des ingénieurs ayant reçu une formation universitaire dans de nouvelles spécialités, en chimie et en physique industrielle, plus particulièrement en électricité et en électromécanique, ainsi que des ingénieurs mécaniciens pour des nouveaux secteurs comme l'automobile. Beaucoup plus consommatrice de « sciences », la Seconde révolution industrielle promeut aussi le développement de la grande entreprise⁴⁵. Celle-ci met à son tour les questions financières, organisationnelles et gestionnaires au premier plan et favorise l'accession aux responsabilités d'une nouvelle génération de dirigeants. Ces évolutions dans l'industrie, qui modifient de façon substantielle le contexte de travail des ingénieurs, se doublent d'une autre évolution de fond, qui concerne, cette fois, les modalités de production des connaissances nouvelles en matière de sciences et de techniques. Nous nous référons ici au développement de la recherche organisée et collective, symbolisée, d'un côté, par le développement des formations doctorales et le titre de docteur, de l'autre par le lieu du « laboratoire ».
- 21 C'est dans cette conjoncture historique qui va se jouer, un siècle après la création de l'École polytechnique, un demi-siècle après la fondation de l'École centrale, le second grand acte dans l'histoire des ingénieurs français, acte dont les effets se prolongent

jusqu'à nos jours. Comment les écoles d'ingénieurs existantes en France vont-elles se positionner par rapport aux nouvelles données que nous venons de mentionner ?

- 22 Une comparaison avec l'Allemagne nous aidera à mieux cerner la spécificité (nationale) de leur attitude face à ces mutations⁴⁶. Vers le milieu du XIX^e siècle, les établissements allemands de formation d'ingénieurs offrent un cursus moins théorique que celui des institutions françaises. Mais à partir des années 1850-1860, elles ne cessent de s'aligner sur le modèle universitaire qui prévaut à cette époque en Allemagne et rattrapent progressivement en termes de formation théorique leurs homologues en France, tout en adoptant dans leur fonctionnement des critères d'excellence académique : recrutement des professeurs selon leurs titres et travaux académiques, recherche collective soigneusement organisée, s'appuyant de plus en plus sur des laboratoires et des instituts de recherche ainsi que sur la mise en place d'une formation doctorale (en 1899, les *Technische Hochschulen* obtiennent le droit de délivrer le doctorat). En même temps qu'elles s'alignent sur le modèle universitaire, les écoles d'ingénieurs en Allemagne procèdent à une augmentation importante de leurs effectifs grâce, entre autres, à la création de nouveaux départements, tels que le département du génie électrique, en phase avec les besoins de la Seconde révolution industrielle.
- 23 Toute autre est l'attitude des deux grands piliers de formation d'ingénieurs en France, le système polytechnicien, d'un côté, l'École centrale des arts et manufactures, de l'autre. Pas de laboratoires de recherche ni de formations doctorales pour les écoles d'ingénieurs sur place. Il est vrai que les écoles d'ingénieurs en Allemagne ont un modèle à imiter, l'Université allemande, alors que l'Université napoléonienne, organisée dans les années 1800, ne fait qu'assurer pour l'essentiel, jusqu'aux années 1880, les examens du baccalauréat et proposer des cours mondains⁴⁷, sans pouvoir concurrencer, sur le plan du prestige social les écoles d'ingénieurs déjà en place. Rien d'étonnant donc à ce qu'on assiste, à partir des années 1870, à un amenuisement, voire à la disparition pure et simple, et ce pour une longue période, de la vocation scientifique du système polytechnicien (dans le domaine des sciences de l'ingénieur y compris⁴⁸).
- 24 Pas de recherche organisée, pas d'augmentation significative des effectifs ni de création des nouvelles spécialités non plus. A partir de la fin du XIX^e siècle, les élèves qui pénètrent dans ces Grandes écoles de formation des ingénieurs, d'un nombre limité, sélectionnés sur la base du mérite scolaire à la suite d'une série d'examens difficiles⁴⁹, reçoivent désormais une formation de plus en plus généraliste - car « la spécialisation ne forme pas de chefs » - avant d'occuper des postes à haute responsabilité à la fois au sein de l'administration et dans les grandes entreprises privées⁵⁰. La petite taille de ces établissements ainsi que la (très) grande difficulté des concours d'entrée⁵¹ confèrent définitivement à leurs anciens élèves un prestige social dont ne bénéficient pas les ingénieurs d'autres pays.
- 25 Où les entreprises françaises de la Seconde révolution industrielle vont-elles chercher alors les ingénieurs spécialisés dont elles ont besoin⁵², étant donné l'« immobilisme » des Grandes écoles ? C'est la *création d'une nouvelle génération d'établissements spécialisés* qui va permettre à l'ancien système sur place - École polytechnique et ses écoles d'application, d'une part, École centrale de l'autre - de continuer à exister sans modifications majeures. Ainsi de 1880 à 1918, 42 nouveaux établissements de formation technique voient le jour⁵³. La spécialisation domine ici : ainsi parmi ces 42 établissements, on compte seulement cinq écoles « généralistes », contre neuf

spécialisées dans l'électricité, 12 autres en physique et chimie. Pour mesurer le degré de fragmentation du système de formation français, rappelons qu'en 1910 on enregistre en Allemagne seulement 11 universités techniques et trois écoles des mines. Cette nouvelle génération d'établissements de formation pour ingénieurs spécialisés, de plus en plus nombreux, de petite taille, naissant au fur et à mesure de l'apparition de nouvelles technologies, sans souci de coordination avec des établissements similaires, naît d'initiatives diverses⁵⁴.

- 26 Un premier grand ensemble de ces établissements spécialisés se développe dans le giron de l'institution universitaire : ce sont les *Instituts des sciences appliquées*, dont les plus importants sont à Grenoble, Lille, Lyon, Nancy et Toulouse. D'autres établissements sont créés par des municipalités - ainsi la ville de Paris crée en 1882 l'École municipale de physique et de chimie industrielles de Paris. Les acteurs économiques ne sont pas absents de ce mouvement. Parmi des fondations privées, signalons l'École supérieure d'électricité (1894), plus connue sous l'appellation de « Supelec » - sorte d'« école d'application spécialisée », fréquentée par un large spectre d'ingénieurs, du polytechnicien au gadzart -, ou l'École spéciale des travaux publics, du bâtiment et de l'industrie, fondée en 1898 par un ancien conducteur du corps des ponts et chaussées, Léon Eyrolles (1861-1945). Même des acteurs religieux (catholiques) fondent des écoles d'ingénieurs. Dans la même période, concurrencés par ces nouvelles institutions spécialisées, des établissements techniques ayant comme objectif initial la formation d'ouvriers qualifiés ou des contremaîtres se transforment en écoles d'ingénieurs. C'est le cas notamment des Écoles d'arts et métiers qui décernent le diplôme d'ingénieur à partir de 1907.

En guise de conclusion

- 27 De plus en plus nombreux sur le marché du travail⁵⁵, les ingénieurs français forment à la veille de la Première Guerre mondiale un milieu hautement fragmenté, composé de plusieurs segments professionnels⁵⁶. Porteurs d'un « corporatisme d'école », qui se superpose, voire se substitue en grande partie, à l'opposition « binaire » et frontale entre les ingénieurs d'État et ingénieurs civils du milieu du XIX^e siècle⁵⁷, ces segments sont pris dans des rapports hiérarchiques prononcés.
- 28 Au sommet de la pyramide on trouve les ingénieurs sortis des écoles les plus anciennes : le système polytechnicien et l'École centrale des arts et manufactures. Les milieux aisés sont surreprésentés parmi les élèves qui entrent dans ces écoles⁵⁸ suite à un système d'examen hautement sélectif. Ces établissements, les Grandes écoles, se spécialisent en quelque sorte de plus en plus dans la production de l'élite économique et sociale de la nation en fournissant aux futurs cadres dirigeants de l'administration et du secteur privé un enseignement de plus en plus général, « encyclopédique », selon les termes de l'époque⁵⁹. Situés au sommet de la profession, leurs diplômés se veulent aussi producteurs d'idéologie pour l'ensemble de la communauté des ingénieurs⁶⁰ : ainsi après le saint-simonisme des années 1825-1835⁶¹, on leur doit, à la fin du siècle, des réflexions sur le « rôle social de l'ingénieur⁶² ». On trouve également plusieurs diplômés de ces établissements prestigieux à l'origine du premier syndicat : « L'Union sociale des ingénieurs catholiques » (USIC) créée en 1905⁶³.
- 29 Une autre partie de la profession est composée des diplômés des écoles nouvellement créées dans le sillage de la Seconde révolution industrielle, auxquels s'ajoutent les

diplômés des établissements plus anciens, transformés en écoles d'ingénieurs, à l'instar des Écoles d'arts et métiers. Ces institutions, dotées d'un prestige moindre par rapport aux Grandes écoles⁶⁴, puisent leurs élèves dans des milieux plus modestes⁶⁵ et ont des standards d'admission moins sévères que les Grandes écoles : elles recrutent des bacheliers ou des élèves au sortir de l'enseignement primaire supérieur et proposent des cursus au sein desquels les sciences théoriques, les mathématiques et la mécanique théorique par exemple, sont moins présentes au profit des cours techniques spécialisés et des travaux pratiques (travaux en laboratoire, stages.. .)⁶⁶. Les diplômés de ces établissements ont des carrières qui sont plus ou moins bornées par le lieu de leurs études⁶⁷, alors que leurs rémunérations restent globalement modestes, sans pouvoir concurrencer ceux des anciens élèves des Grandes écoles⁶⁸.

- 30 Dernier segment enfin de la profession : les autodidactes, sans formation académique poussée, mais dont le nombre, à en juger par des données dont on dispose pour des périodes postérieures, est sûrement non négligeable⁶⁹.
- 31 Système de formation extrêmement fragmentaire, qui produit plusieurs segments professionnels pris dans des rapports hiérarchiques et dont certains bénéficient d'un statut économique et d'une aura sociale particulièrement élevée ; connexion étroite entre le lieu d'études et type de carrière suivie... On reconnaîtra facilement dans ce tableau récapitulatif de l'univers des ingénieurs français à la veille de la Grand guerre, la description que l'américain Wickenden donnera de la profession quelques années plus tard et avec laquelle j'ai ouvert ce texte.

NOTES

1. Wickenden, W.E., « A comparative study of engineering education in the United States and in Europe », in Society for the promotion of engineering education, *Report of the investigation of engineering education, 1923-1929*, vol. 1, Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1930, pp. 750-1015 (pp. 829-830, p. 832 et p. 877, en particulier).
2. Chatzis, Konstantinos, « Coping with the Second industrial revolution : fragmentation of the French engineering education system, 1870s to the present », *Engineering studies*, vol. 1, n° 2 (à paraître en 2009).
3. Sur ces corps, voir rapidement Belhoste, Bruno, et Chatzis, Konstantinos, « From technical corps to technocratic power : French state engineers and their professional and cultural universe in the first half of the 19th century », *History and technology*, vol. 23, n° 3, 2007, pp. 209-225 (pp. 211-212, en particulier).
4. Sur la formation dispensée dans ces établissements au XVIII^e siècle, voir Chatzis, Konstantinos, « 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* (à paraître).
5. Sur l'idée de l'application au XVIII^e siècle, voir : Belhoste, B., et Chatzis, K., « From technical corps ... », op. cit., p. 215 ; Hilaire-Pérez, Liliane, « Les sociabilités industrielles en France et en Angleterre au XVIII^e siècle : réseaux, institutions, enjeux », in Benoit, Serge, Emptoz, Gérard, et Woronoff, Denis (éd.), *Encourager l'innovation en France et en Europe*, Paris : Editions du CTHS, 2006, pp. 201-238 (pp. 208-209 et passim.).

6. Belhoste, B., et Chatzis, K., « From technical corps ... », *op. cit.*, pp. 217-219 ; Chatzis, K., « Theory and practice... », *op. cit.*
7. Sur le système polytechnicien, voir : Belhoste, Bruno, *La formation d'une technocratie. L'École polytechnique et ses élèves de la Révolution au Second Empire*, Paris : Belin, 2003, chapitre 2 ; Belhoste, B., et Chatzis, K., « From technical corps... », *op. cit.*, p. 214.
8. Dhombres, Nicole, et Jean, *Naissance d'un nouveau pouvoir : sciences et savants en France (1793-1824)*, Paris : Payot, 1989 ; Grattan-Guinness, Ivor, *Convolutions in French mathematics, 1800-1840*, Bâle : Birkhäuser, 1990 ; Belhoste, B., *La formation d'une technocratie...*, *op. cit.*, chapitre 3.
9. Sur la figure du polytechnicien-savant, voir Belhoste, B., et Chatzis, K., « From technical corps... », *op. cit.*, pp. 219-221.
10. Belhoste, B., *La formation d'une technocratie...*, *op. cit.*, p. 132.
11. Belhoste, B., *La formation d'une technocratie...*, *op. cit.*, ch. 1 ; Belhoste, B., et Chatzis, K., « From technical corps... », *op. cit.*, pp. 215-217.
12. Pour une vue synthétique sur les actions des polytechniciens dans la France du XIX^e siècle, voir Belhoste, Bruno, Dahan Dalmedico, Amy, Pestre, Dominique, et Picon, Antoine (éd.), *La France des X. Deux siècles d'histoire*, Paris : Economica, 1995. Voir aussi, Belhoste, B., *La formation d'une technocratie...*, *op. cit.*, pp. 405-413.
13. Belhoste, B., *La formation d'une technocratie...*, *op. cit.*, pp. 106-109 ; Hilaire-Pérez, L., « Les sociabilités industrielles... », *op. cit.*
14. Chatzis, K., « Theory and practice... », *op. cit.*
15. Garçon, Anne-Françoise, *Entre l'État et l'usine. L'École des mines de Saint-Étienne au XIX^e siècle*, Rennes : PUR, 2004, pp. 87-89 et pp. 143-146.
16. Chatzis, Konstantinos, « Charles Dupin, Jean-Victor Poncelet et leurs mécaniques pour artistes et ouvriers », in Christen-Lécuyer, Carole, et Vatin, François (éd.), *Charles Dupin (1784-1873) : ingénieur, savant, économiste, pédagogue et parlementaire du Premier au Second Empire*, Rennes : PUR (à paraître en 2009).
17. Auclair, Alain, *Les ingénieurs et l'équipement de la France. Eugène Flachet (1802-1873)*, Mâcon : EcoMusée de la Communauté urbaine Le Creusot-Montceau-les-Mines, 1999.
18. Propos cités par Ribeill, Georges, « Profils des ingénieurs civils au XIX^e siècle. Le cas des centraux », in Thépot, André (éd.), *L'ingénieur dans la société française*, Paris : Les éditions ouvrières, 1985, pp. 111-125 (p. 111, pour les citations).
19. D'après un auteur du XIX^e siècle, le terme d'ingénieur civil était utilisé aussi tôt qu'en 1815 (Weiss, John H., « Bridges and barriers : narrowing access and changing structure in the French engineering profession, 1800-1850 », in Geison, Gerald L., (éd.), *Professions and the French State, 1700-1900*, Philadelphie : University of Pennsylvania Press, 1984, pp. 15-65 (p. 36, en particulier). Nous avons repéré nous-même l'occurrence de l'expression en 1821 : voir Dupin, Charles, Notice nécrologique sur John Rennie esq : ingénieur civil, et premier ingénieur de la marine royale d'Angleterre, adressée à l'Institut royal de France, Londres : chez Martin Bossange, 1821. Le terme apparaît de façon systématique et est même « thématized » à la fin des années 1820, dans le Journal du génie civil, des sciences et des arts (fondé en 1828) notamment (voir Weiss, J.H., « Bridges and barriers... », *op. cit.*, pp. 36-38). Sur les premiers ingénieurs civils français, voir : Cotte, Michel, *Le choix de la révolution industrielle. Les entreprises de Marc Seguin et des ses frères (1815-1835)*, Rennes : PUR, 2007 ; Ribeill, Georges, *La révolution ferroviaire. La formation des compagnies de chemins de fer en France (1823-1870)*, Paris : Belin, 1993.
20. Voir, par exemple : Adhémar, Joseph, *Cours de mathématiques à l'usage de l'ingénieur civil. Géométrie descriptive*, Paris : Carilian-Goeury, 1832 ; Schmitz, E., Jullien, C.-E., et Lorentz, E., *Nouveau manuel complet de l'ingénieur civil, ou traité sur l'application directe des sciences aux arts et manufactures...*, Paris : Librairie encyclopédique de Roret, 1845.
21. Sur la formation donnée à l'École centrale et au sein du système polytechnicien durant les deux premiers tiers du XIX^e siècle, voir Chatzis, K., « Theory and practice ... », *op. cit.*

22. Sur l'action des centraliens au XIX^e siècle, voir : Bouillé, Michel, *Enseignement technique et idéologies au 19^e siècle*, Thèse de 3^e cycle, EPHE, 1972, pp. 141-150 ; Barjot, Dominique, et Dureuil, Jacques (éd.), *150 ans de génie civil : une histoire de centraliens*, Paris : PUPS, 2008.
23. Weiss, J.H., « Bridges and barriers... », op. cit., p. 47. Sur une composante importante de ce milieu, les « mécaniciens », voir Edmonson, James M, *From mécanicien to ingénieur. Technical education and the machine building industry in nineteenth-century France*, New York et Londres : Garland publishing, Inc., 1987. Sur une autre composante de cet univers, les diplômés de l'École des mines de Saint-Étienne, voir Garçon, A.-F., *Entre l'État et l'usine.*, op. cit.
24. Belhoste, B., *La formation d'une technocratie...*, op. cit., pp. 405-406.
25. Les ingénieurs du corps des ponts et chaussées sont attaqués en même temps par leurs « subordonnés », les conducteurs des ponts et chaussées, qui revendiquent la possibilité de pouvoir intégrer « au mérite » le corps de leurs supérieurs hiérarchiques. Voir : Guillaume, André, *Corps à corps sur la route*, Paris : Presses de l'ENPC, 1984 ; Weiss, John H., « The lost baton : the politics of intraprofessional conflict in nineteenth century French engineering », *Journal of social history*, vol. 16, n° 1, 1982, pp. 3-19.
26. Voir, par exemple, Weiss, J.H., « Bridges and barriers. », op. cit.
27. Sur la SICF, voir, par exemple, Jacomy, Bruno, « A la recherche de sa mission. La Société des ingénieurs civils », *Culture technique*, n° 12, mars 1984, pp. 209-219.
28. Les autres corps d'ingénieurs d'État sont aussi dotés de leur propre revue : en 1826 est fondé ainsi le *Mémorial de l'artillerie* et en 1847 le *Mémorial du génie maritime*, alors qu'en 1855 paraissent les *Annales télégraphiques* (Chatzis, Konstantinos, et Ribeill, Georges, « Des périodiques techniques par et pour les ingénieurs. Un panorama suggestif, 1800-1914 », in Bret, Patrice, Chatzis, Konstantinos, et Pérez, Liliane (éd.), *La presse et les périodiques techniques en Europe, 1750-1950*, Paris : L'Harmattan, 2008, pp. 115-157).
29. Ribeill, G., « Profils des ingénieurs civils... », op. cit., p. 113.
30. Shinn, Terry, « From 'corps' to 'profession' : the emergence and definition of industrial engineering in modern France », in Fox, Robert et Weisz, George (éd.), *The organization of science and technology in France, 1808-1914*, Cambridge : Cambridge university press ; Paris : Editions de la Maison des sciences de l'homme, 1980, pp. 183-208 (p. 203).
31. Gispén, Kees, « The long quest for professional identity : German engineers in historical perspective, 1850-1990 », in Meiksins, Peter, et Smith, Chris (éd.), *Engineering labour. Technical workers in comparative perspective*, Londres : Verso, 1996, pp. 132-167 (p. 151).
32. Woronoff, Denis, *Histoire de l'industrie en France du XVI^e siècle à nos jours*, Paris : Ed. du Seuil, 1998 (1^{ère} éd. 1994), pp. 312-317 et pp. 350-353.
33. Woronoff, Denis, *Histoire de l'industrie en France du XVI^e siècle à nos jours*, Paris : Ed. du Seuil, 1998 (1^{ère} éd. 1994), pp. 312-317 et pp. 350-353.
34. Williot, Jean-Pierre, *Jules Petier (1813-1871). Un grand ingénieur du XIX^e siècle*, Pantin : Imprimerie Delcambre, sd., p. 72.
35. Bouillé, M., *Enseignement technique...*, op. cit., tableau n° 17. Notons ici que malgré l'augmentation significative du nombre de ses diplômés, l'École centrale reste « petite » par rapport à des établissements étrangers, comme l'École polytechnique de Karlsruhe (Ahlström, Göran, *Engineers and industrial growth*, Londres : Croom Helm Ltd, 1982, p. 43).
36. Day, Charles R., *Les Écoles d'arts et métiers. L'enseignement technique en France, XIX^e-XX^e siècles*, Paris : Belin, 1991 (1^{ère} éd. anglaise : 1987), p. 29. D'après Georges Ribeill, les centraliens ont accompagné principalement l'essor des industries nouvelles (chemins de fer, construction de machines et constructions métalliques, chimie, gaz, électricité, cimenterie...) plutôt que les secteurs traditionnels (textile, agronomie...). A la veille de la Grande guerre, le centralien tend à être tantôt ingénieur ou directeur de fabrication, tantôt fabricant à la tête d'une petite entreprise mais il semble absent du pouvoir économique et de la finance industrielle, dominés par les polytechniciens (Ribeill, G., « Profils des ingénieurs civils... », op. cit., p. 118 et p. 125). Sur les

carrières des centraliens au XIX^e siècle voir aussi : Grelon, André, « La naissance de l'enseignement supérieur industriel en France », *Quaderns d'història de l'enginyeria*, vol. 1, 1996, pp. 40-60 (pp. 59-60 notamment) ; Day, Ch.R., *Les Écoles d'arts et métiers...*, op. cit., p. 30.

37. En 1870, on comptabilise 4 135 polytechniciens faisant partie des différents corps qui recrutent à la sortie de l'École polytechnique : 1 828 pour l'artillerie, 221 pour l'artillerie de la marine, 745 pour le génie, 64 pour le dépôt de la guerre, 122 pour le génie maritime, 17 pour le service hydrographique au dépôt de la marine, 705 pour les ponts et chaussées, 135 pour les mines, 235 pour les lignes télégraphiques et 63 pour les manufactures de l'État (Belhoste, B., *La formation d'une technocratie...*, op. cit., p. 19).

38. Au milieu du XIX^e siècle, un ingénieur du corps des ponts et chaussées reçoit de l'administration, selon son grade, entre 1 500 et 12 000 francs par an. A des fins de comparaison, notons que les « cantonniers » gagnent de 30 à 50 francs par mois (Chatzis, Konstantinos, « Jules Dupuit, ingénieur des ponts et chaussées », in *Oeuvres économiques complètes de Jules Dupuit* (éditées par Breton, Yves, et Klotz, Gérard), vol. I, Paris : Economica (à paraître en 2009)). Au début des années 1860, on recense dans les chemins de fer 320 centraliens dont 28 directeurs et ingénieurs en chef, au traitement annuel de 20 000 à 70 000 francs (Grelon, A., « La naissance de l'enseignement... », op. cit., p. 59).

39. Chatzis, Konstantinos, et Ribeill, Georges, « L'espace des carrières des ingénieurs de l'Équipement dans le public et le privé (1800-2000) », *Revue française d'administration publique*, n° 116, 2005, pp. 651-670 (p. 656). Sur le pantouflage des ingénieurs du corps des mines, voir Thépot, André, *Les ingénieurs des mines du XIX^e siècle : histoire d'un corps technique d'État, 1810-1914*, t. I, Paris : Editions Eska/IDHI, 1998, ch. VII. 66 % des postes de directeur général ou d'ingénieur en chef dans les six grandes compagnies de chemin de fer durant la période qui va de leur constitution à l'année 1870 sont détenus par des polytechniciens (Ribeill, G., *La révolution ferroviaire...*, op. cit., pp. 309-310).

40. L'École des ponts et chaussées crée une filière d'ingénieurs civils en 1851 (Ribeill, Georges, « Des ingénieurs civils en quête d'un titre : le cas de l'École des ponts et chaussées (1851-1934) », in Grelon, André (éd.), *Les ingénieurs de la crise*, Paris : Editions de l'EHESS, 1986, pp. 197-209). Pour des données quantitatives, voir Suquet, L., « L'École des ponts et chaussées de 1831 à 1931 », *Annales des ponts et chaussées*, (numéro spécial pour le centenaire de la fondation des Annales), mars-avril 1931, pour le pp. 13-42 (p. 36, en particulier)). Sur l'École des mines de Paris, voir Belhoste, B., *La formation d'une technocratie...*, op. cit., p. 71.

41. L'expression est déjà mise en circulation par les acteurs de l'époque. Voir, par exemple, d'Ocagne, Mortimer, *Les Grandes écoles de France*, Paris : J. Hetzel, 1873.

42. Après élimination de ceux qui se destinent aux carrières de l'armée, les ingénieurs formés dans quatre Grandes écoles parisiennes (École polytechnique, École centrale, École des mines de Paris et École du génie maritime) sont par moyenne annuelle de : (années 1850-54) 108 ; (1870-1874) 197 ; (1890-94) 251 ; (1910-14) 351 (Lévy-Leboyer, Maurice, « Le patronat français a-t-il été malthusien ? », *Le Mouvement social*, n° 88, juillet-septembre 1974, pp. 3-47 (p. 22, en particulier)).

43. Day, Charles R., « Education for the industrial world : technical and modern instruction in France under the Third Republic, 1870-1914 », in Fox, R., et Weisz, G. (éd.), *The organization...*, op. cit., pp. 127-153 (tableau 4, et pp. 145-148). Voir aussi Day, Ch.R., *Les Écoles d'arts et métiers...*, op. cit., pp. 288-307.

44. Sur la Seconde révolution industrielle, voir, par exemple, Caron, François, *Les deux révolutions industrielles du XX^e siècle*, Paris : Albin Michel, 1997.

45. Les entreprises françaises qui emploient plus de 500 salariés représentent 18,5 % du nombre total en 1906 et 26,6 % en 1931 (Beltran, Alain, *Un siècle d'histoire industrielle en France (1880-1970)*, Paris : SEDES, 1998, p. 72).

46. Pour cette mise en regard, voir : K. Chatzis, « Coping with the Second industrial revolution... », *op. cit.* ; Chatzis, K., « Theory and practice... », *op. cit.*
47. On enregistre, bien sûr, des « exceptions », comme le cours de Poncelet à la Sorbonne dans les années 1840 (voir Chatzis, Konstantinos, « Fabriquer et recevoir un cours magistral : les cours de mécanique appliquée de Jean-Victor Poncelet à l'École de l'artillerie et du génie et à la Sorbonne, 1825-1848 », *Histoire de l'éducation*, n° 120, octobre-décembre 2008, pp. 113-138).
48. C'est une autre création de la Révolution, l'École normale supérieure, qui devient à partir de cette époque la pépinière des futurs universitaires et scientifiques.
49. Rappelons qu'en Allemagne tout titulaire d'*Abitur* (l'équivalent du baccalauréat) peut s'inscrire à n'importe quelle Université technique (voir Locke, Robert, *The end of the practical man. Entrepreneurship and higher education in Germany, France, and Great Britain, 1880-1940*, Greenwich et Londres : JAI PRESS Inc., 1984, p. 45).
50. A cet égard, les diplômés des Grandes écoles ont très bien réussi. Sur la place des ces diplômés dans le patronat français et dans les « élites » en France, voir : Chatzis, K., « Coping with the Second industrial revolution... », *op. cit.* ; Charle, Christophe, *Les élites de la République, 1880-1900*, Paris : Fayard, 2006 (2^e éd.).
51. Ahlström, G., *Engineers and industrial growth*, *op. cit.*, pp. 60-61, donne des ratios nombre de candidats/nombre d'admis pour l'École polytechnique et l'École centrale.
52. Notons que ces ingénieurs « de nouveau type » assureront en général des activités « fonctionnelles » (et non pas hiérarchiques) dans les grandes usines de la Seconde révolution industrielle (on les trouve souvent dans les bureaux d'études, les centres de recherche...) (voir Grelon, André, « French engineers : between unity and heterogeneity », *History of technology*, vol. 27, 2006, pp. 107-123 (p. 114, en particulier)).
53. Grelon, André, « Formation et carrière des ingénieurs en France (1880-1939) », in Bergeron, Louis et Bourdelais, Patrice (éd.), *La France n'est-elle pas douée pour l'industrie ?*, Paris : Belin, 1998, pp. 231-274 (p. 254, en particulier). Notons qu'un certain nombre de ces établissements ne décernaient pas, au moment de leur fondation, de diplôme d'ingénieur.
54. Pour une vue synthétique sur ces établissements, voir Chatzis, K., « Coping with the Second industrial revolution. », *op. cit.*
55. A la veille de la 1^{ère} guerre mondiale, les Instituts des sciences appliquées délivraient environ 500 diplômes, majoritairement en chimie et en génie électrique. Les Grandes écoles produisaient de leur côté quelque 500 ingénieurs, et les Écoles d'arts et métiers formaient annuellement à peu près le même nombre d'ingénieurs et de techniciens (Day, Ch.R., *Les Écoles d'arts et métiers...*, *op. cit.*, p. 42). Pour plus de précisions, voir Chatzis, K., « Coping with the Second industrial revolution. », *op. cit.*
56. Le cas des ingénieurs français correspond donc moins au paradigme « fonctionnaliste » - constitution d'une communauté relativement homogène dont les membres partagent identité, valeurs, définition des rôles et intérêts - et plus à la description « interactionniste » des professions - l'évolution de la profession s'apparente, en effet, davantage à un processus évolutif mettant en jeu plusieurs segments (voir Bucher, Rue, et Strauss, Anselm, « La dynamique des professions » (1961), in Strauss, Anselm L., *La trame de la négociation. Sociologie qualitative et interactionnisme*, Paris : L'Harmattan, 1992, pp. 67-86).
57. L'expression « corporatisme d'école » est de Georges Ribeill. Ce corporatisme - qui coexiste avec des oppositions plus globales, entre Grandes écoles et établissements moins prestigieux par exemple - se signale, entre autres, par la création des amicales auxquelles les anciens élèves adhèrent assez massivement (Ribeill, Georges, « Les associations d'anciens élèves d'écoles d'ingénieurs des origines à 1914. Approche comparative », *Revue française de sociologie*, vol. 27, n° 2, 1986, pp. 317-338).
58. On trouve un tableau synthétique sur les origines sociales des élèves des Grandes écoles au XIX^e siècle dans : Lévy-Leboyer, M., « Le patronat français. », *op. cit.*, p. 25 ; Shinn, T., « From

'corps' to 'profession'. », *op. cit.*, p. 189, et, p. 193. Belhoste, B., *La formation d'une technocratie.*, *op. cit.*, pp. 330-339, contient beaucoup d'informations sur les origines sociales des élèves de l'École polytechnique et de l'École centrale pour la période 1800-1870 et offre une discussion serrée de difficultés que pose ce type d'analyse.

59. Sur l'enseignement dispensé dans les Grande écoles pendant la seconde révolution industrielle, voir Chatzis, K., « Theory and practice. », *op. cit.*

60. A ce sujet, voir les remarques de Larson, Magali S., *The rise of professionalism : A sociological analysis*, Berkeley : University of California Press, 1977, p. 227 notamment.

61. Voir, entre autres, Picon, Antoine, *Les Saint-simoniens. Raison, imaginaire et utopie*, Paris : Belin, 2002.

62. En observant la « machine sociale », l'ingénieur « social » vise à identifier les points de friction et les différentes sources de conflits et ambitionne de développer une véritable « thérapeutique sociale ». Notons l'influence catholique dans la formation de cette doctrine, celle de l'Encyclique *Rerum Novarum* (mai 1891) notamment. Sur le « rôle social de l'ingénieur », voir : Grall, Bernard, *Economie de forces et production d'utilités. L'émergence du calcul économique chez les ingénieurs des ponts et chaussées (1831-1891)*, Rennes : PUR, 2003, pp. 38-44 ; Grelon, André, « L'ingénieur catholique et son rôle social », in Cohen, Yves, et Baudouï, Rémi (éd.), *Les chantiers de la paix sociale (1900-1940)*, Fontenay-aux-Roses : ENS Editions Fontenay/Saint-Cloud, 1995, pp. 167-184 ; Savoye, Antoine, et Cardoni, Fabien (éd.), *Frédéric Le Play. Parcours, audience, héritage*, Paris : Presses de l'École des mines, 2007. Sur les catholiques et la technologie, on peut consulter aussi Lagrée, Michel, *La bénédiction de Prométhée. Religion et technologie (XIXe-XXe siècle)*, Paris : Fayard, 1999.

63. Aux origines de ce syndicat se trouve l'« Union des ingénieurs catholiques », fondée en 1892. L'USIC touchait vers 1939 le cinquième des ingénieurs français (estimés à 50-60 000) (voir Thépot, André, « L'Union sociale des ingénieurs catholiques durant la première moitié du XX^e siècle », in Thépot, A. (éd.), *L'ingénieur dans la société française*, *op. cit.*, pp. 217-227 (pp. 217-218 et p. 220, notamment)).

64. Il faut noter que cette hiérarchie des écoles est reproduite de façon régulière dans la distribution de différents postes de direction dans les grandes firmes françaises de l'époque (voir Chatzis, K., « Coping with the Second industrial revolution. », *op. cit.*).

65. Voir, par exemple, les données réunies par Shinn, T., « From 'corps' to 'profession'... », *op. cit.*, p. 200, concernant l'École de physique et de chimie industrielles de Paris sur la période 1885-1914. Pour les *Écoles d'arts et métiers*, voir surtout Day Ch.R., *Les Écoles d'arts et métiers...*, *op. cit.*, pp. 275-282 et p. 287.

66. Voir Chatzis, K., « Theory and practice. », *op. cit.*

67. Pour l'implantation des gadzarts dans les différentes branches d'activité en 1904, voir Grelon, A., « Formation et carrière . », *op. cit.*, p. 255 ; Sur les gadzarts, voir aussi Day, Ch.R., *Les Écoles d'arts et métiers.*, *op. cit.*, pp. 298-307. Sur les carrières des élèves de l'École municipale de physique et de chimie industrielles de Paris pour la période 1885-1914, voir Shinn, T., « From 'corps' to 'profession'... », *op. cit.*, p. 202.

68. Notons que plusieurs industriels, dans l'automobile en particulier, préfèrent souvent promouvoir des collaborateurs qui n'ont pas reçu une formation académique (Fridenson, Patrick, « Les ingénieurs et cadres de l'automobile en France au XX^e siècle », in Joutard, Philippe, et Lecuir, Jean (éd.), *Histoire sociale, sensibilités collectives et mentalités* (Mélanges Robert Mandrou), Paris : PUF, 1985, pp. 431-448). Et même une fois parvenu à la fonction convoitée, l'ingénieur diplômé d'un de ces établissements ne reçoit pas nécessairement des satisfactions matérielles à la hauteur de ses espérances. Ainsi, vers 1910, l'écart entre le salaire d'un gadzart travaillant dans le secteur des chemins de fer après 15-20 de carrière et celui d'un ouvrier professionnel parisien travaillant à plein temps (en moyenne 2 700 francs par an) est assez étroit (Grelon, A., « Formation et carrière ... », *op. cit.*, p. 262). En 1907, un ingénieur du corps des mines reçoit

annuellement de l'administration entre 5 000 et 17 500 francs en fonction de son grade (Thépot, A., *Les ingénieurs des mines*, op. cit. , pp. 146-147).

69. En 1960, environ 40 % des ingénieurs français sont des « autodidactes ». Voir Lamard, Pierre, et Lequin, Yves-Claude, *La technologie entre à l'université (Compiègne, Sevenans, Belfort-Montbéliard...)*, Montbéliard : UTBM, 2005, p. 59.

AUTEUR

KONSTANTINOS CHATZIS

Université Paris-Est - LATTs - UMR CNRS 8134