L'organisation de la formation des ingénieurs en France

Note historique

The organisation of engineers' training in France. A historical survey

André Grelon

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/artefact/6252>

DOI : 10.4000/artefact.6252

ISSN : 2606-9245

Éditeur :

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

Édition imprimée

Date de publication : 7 janvier 2021

Pagination : 49-75

ISBN : 978-2-8107-0706-5

ISSN : 2273-0753

Référence électronique

André Grelon, « L'organisation de la formation des ingénieurs en France », *Artefact* [En ligne], 13 | 2020, mis en ligne le 23 décembre 2020, consulté le 25 décembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/artefact/6252> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/artefact.6252>

Artefact, Techniques, histoire et sciences humaines est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

L'organisation de la formation des ingénieurs en France

Note historique

André Grelon

Résumé

L'organisation de formations spécialisées pour les ingénieurs émerge en France au cours du XVIII^e siècle. La Révolution française transforme cet ensemble en formations d'application d'une nouvelle institution, l'École polytechnique qui assure l'enseignement scientifique de base. En même temps, les universités sont fermées. Sous Napoléon, une autre organisation structure l'enseignement supérieur en facultés qui dépendent directement du ministère et n'ont aucun lien entre elles. Le développement industriel appelle l'emploi d'ingénieurs pour la société civile. L'École centrale des arts et manufactures, créée en 1829, forme des ingénieurs industriels à qui elle délivre un diplôme, ce qui constitue une innovation. Dans la seconde moitié du siècle, d'autres écoles sont progressivement ouvertes. Avec le rétablissement des universités en 1896 et l'ouverture d'instituts de formation d'ingénieurs dans les facultés des sciences, le diplôme d'ingénieur se généralise. À l'issue de la Seconde Guerre mondiale, dans une période d'expansion économique, de nombreuses écoles sont créées. Cette croissance a continué jusqu'à nos jours : on compte aujourd'hui plus de 200 formations d'ingénieurs en France.

Mots-clés

Conservatoire des arts et métiers, diplôme d'ingénieur, Écoles des arts et métiers, École centrale des arts et manufactures, École polytechnique, Faculté des sciences

” André Grelon, « L'organisation de la formation des ingénieurs en France. Note historique », *Artefact*, 13, 2020, p. 49-75.

The organisation of engineers' training in France. A historical survey

Abstract

The organization of specialized training for engineers appeared in France during the 18th century. The French revolution reshaped all these schools into application training courses in a new institution, the École polytechnique, which provided basic scientific education. At the same time, the universities were closed. Under Napoleon, a new organization structured higher education into faculties which were directly attached to the ministry and had no connection between each other. Industrial development required the recruitment of engineers for civil society. The École Centrale des arts et manufactures, created in 1829, trained industrial engineers to whom it delivered a diploma, which constitutes an innovation. In the second half of the century, other schools are gradually opened. With the restauration of universities in 1896 and the opening of institutes for the training of engineers in the faculties of science, the engineering diploma spread. After the Second World War, in a period of economic boom, many schools were created. This growth has been carried on until the present day: There are more than 200 engineering training courses currently in France.

Keywords

Conservatoire des arts et métiers, engineer diploma, Écoles des arts et métiers, École centrale des arts et manufactures, École polytechnique, Faculty of sciences

Les ingénieurs français constituent aujourd'hui une population d'environ 875 000 individus¹. Ils sont formés dans 205 établissements habilités par la Commission des titres d'ingénieurs qui délivrent chaque année plus de 39 000 diplômes d'ingénieurs. La Commission, créée par la loi du 10 juillet 1934, rassemble des experts dont la moitié est composée de représentants des établissements d'enseignement supérieur désignés par le ministre chargé de l'enseignement supérieur, pour un quart de membres désignés par le groupement d'employeurs le plus représentatif, et pour un quart de membres désignés par les groupements techniques et les groupements professionnels d'ingénieurs les plus représentatifs². Si l'objet de cette instance était à l'origine essentiellement d'examiner les demandes d'habilitations d'établissements privés non reconnus par l'État, ses fonctions et prérogatives n'ont cessé de se renforcer au fil du temps, évaluant désormais périodiquement l'ensemble des écoles d'ingénieurs.

L'histoire de ce groupe professionnel est longue et compliquée, se déroulant sur plusieurs siècles : l'organisation actuelle de la formation est issue de ce processus loin d'être linéaire. Les ingénieurs actuels, qu'ils le sachent ou non, qu'ils s'y intéressent ou pas, sont les héritiers de cette histoire dont certains éléments modèlent encore leurs façons d'être collectives. Rendre compte par le menu le déroulement de cette évolution dépasserait, et de loin, le cadre d'un simple article. On se proposera seulement d'exposer quelques composants de la complexité d'un groupe professionnel qui, au fil du temps, ont impacté durablement les étapes de sa construction.

Émergence de l'« ingénieur moderne »

Si l'on suit l'analyse d'Antoine Picon, l'ingénieur moderne est « inventé » au milieu du XVIII^e siècle³. Tel est en effet le titre qu'il a choisi pour exposer

1. Données de la Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs (CDEFI), 2019.

2. La composition est fixée par décret. La commission publie chaque année la liste des établissements habilités au *Journal officiel*. Elle est membre de l'*European Association for Quality Assurance in Higher Education* (ENQA).

3. On notera ici l'ambivalence du terme choisi par l'auteur. Car l'invention peut aussi bien signifier l'acte de trouver quelque chose d'inconnu (l'invention d'un trésor par exemple) que la création d'un objet ou d'une structure nouvelle. De fait, il existait des ingénieurs « modernes » avant même la création des écoles, même si les individus qui pouvaient répondre à cette acception ignoraient sans doute qu'ils ne faisaient plus partie du monde « ancien ».

la naissance et le développement de l'École des ponts et chaussées⁴. On y voit un nouveau paradigme. Cet ingénieur moderne apparaîtrait donc dans le cadre de la création et l'essor des premières écoles d'ingénieurs : celle des Ponts et Chaussées (datée de 1747), celle du Génie implantée à Mézières, forteresse à la frontière nord du pays (1748), celle des ingénieurs constructeurs de vaisseaux, future École du génie maritime (1765) et l'École des mines (1783). Encore oublie-t-on les écoles d'artillerie, sans doute les premières écoles pour les armes savantes, ouvertes trois décennies plus tôt, car les officiers artilleurs ne se contentent pas d'apprendre à tirer au canon, mais surtout à intégrer les arsenaux où on les fabrique, ce qui en fait des experts métallurgistes. On sait que dans l'une d'entre elles, à La Fère, enseigne pendant vingt ans Bernard Forest de Bélidor dont les ouvrages techniques sur la science des ingénieurs seront utilisés pendant des décennies, diffusés et traduits dans toute l'Europe et au-delà⁵. Un peu plus tard, dans la seconde partie du siècle, Jean-Baptiste Gribeauval, concepteur et praticien hors pair, revoit entièrement la fabrication de l'artillerie et entreprend la première standardisation industrielle dans le domaine de la fabrication des armements⁶.

En réalité, les préoccupations de formation des ingénieurs militaires sont largement antérieures à la création des écoles. Lorsque Vauban prend la tête du corps des ingénieurs du roi en 1691, il ne veut les enrôler qu'en fonction de leurs capacités. Il différencie les ingénieurs des tranchées des ingénieurs des places : les premiers se formeront seulement par la pratique sur les champs de bataille. Pour les seconds, il institue un examen difficile sur toutes les parties des mathématiques, la géographie, le dessin, l'art de lever des cartes, l'architecture civile... Ceux qui passent l'examen sont envoyés deux ans dans des places fortes où ils apprendront la pratique et la gestion des différents corps de métiers. Ceux qui sont retenus entrent dans le corps des ingénieurs, les autres sont versés dans l'infanterie... Ces jeunes gens ont évidemment reçu préalablement une formation de qualité, le plus souvent dans les collèges implantés dans les villes et notamment par les jésuites⁷. On voit déjà les prémises de la scolarisation alors qu'auparavant

4. Picon, 1992.

5. Bélidor, 1725, 1729, 1731 et 1737. Sur ces ouvrages, voir Delaunay, 2020.

6. Berkowitz et Dumez, 2016.

7. Jusque dans les années 1675, les jésuites tiendraient les deux tiers des effectifs collégiens, installés dans les grandes villes dont François de Dainville montre dans une comparaison entre les

la formation se faisait au sein de la famille ou dans le corps technique lui-même. On note aussi que sous une même appellation générale, certains sont plus ingénieurs que d'autres⁸.

Les dates de création des écoles sont commodes pour nous, à l'heure actuelle, notamment quand il s'agit de commémorations. En réalité, le moment de leur institutionnalisation est beaucoup plus flou. La création du corps des Ponts et chaussées le 1^{er} février 1716 vise à homogénéiser et rassembler en un même ensemble hiérarchisé les ingénieurs des provinces, isolés et indépendants, dont les compétences étaient loin d'être toutes égales, sous une administration centrale. On attendra cependant trente ans pour organiser un début d'enseignement un tant soit peu formalisé. Lorsqu'en 1747, Perronet prend la direction du Bureau des dessinateurs, chargé d'élaborer les cartes géographiques des routes, chemins et canaux, le niveau de formation des employés est très hétérogène. Il s'agit de faire de la formation continue. Les employés sont alors répartis en deux classes en fonction de leurs connaissances et de leurs capacités. On ouvre une troisième classe pour des jeunes gens célibataires et de bonnes mœurs, destinés à devenir employés. Les deux premières catégories disparaissent peu à peu, il ne reste plus que des élèves. Mais si le terme école commence à être usité à partir du milieu des années 1750, il faut attendre un règlement signé par Turgot en 1775 pour que le nom d'école des ponts et chaussées devienne officiel⁹.

Pour les ingénieurs du roi, c'est-à-dire les ingénieurs militaires, le problème d'une formation complémentaire était déjà bien connu. C'est pourtant seulement en 1748 qu'un arrêté royal envoie des ingénieurs volontaires dans des places pour recevoir une instruction en mathématiques et en dessin. La place de Mézières ayant reçu beaucoup de ces aspirants, son directeur décide d'organiser leur enseignement sous forme d'une école qui

programmes de 1701 et 1761, l'extension de l'enseignement scientifique (Dainville, 1964). Ils sont alors concurrencés par les oratoriens qui enseignent sciences naturelles, physique et mathématiques selon les principes de Descartes, et dans une moindre mesure par les prêtres de la doctrine chrétienne. L'expulsion des jésuites en 1762 change la donne. Les oratoriens ne disposent pas, semble-t-il, d'assez de personnel enseignant pour reprendre la totalité des établissements. D'autres collèges sont créés par les villes. Marie-Madeleine Compère et Dominique Julia ont rassemblé un répertoire des collèges sur la plus grande partie du territoire français (Compère et Julia, 1988). Ils en ont exposé les principes dans Compère et Julia, 1981.

8. Bousquet-Bressolier, 2008.

9. Serbos, 1964.

utilise d'abord comme encadrants les ressources locales des ingénieurs de la place, puis recrute des professeurs extérieurs¹⁰. Un examen d'entrée difficile est alors institué qui nécessite une formation préalable donnée dans des « écoles préparatoires » parisiennes fort chères. Certains postulants reçoivent une préparation à Mézières au sein d'autres places. Les élèves passent un examen à l'issue d'une première année, puis un second à la fin de la seconde année. Un nouveau directeur renforce encore les exigences en s'appuyant sur un nouveau répétiteur en 1770, Gaspard Monge, qui donne un lustre supplémentaire à l'établissement¹¹. Mais dès la mort du directeur de l'école en 1776, une lente dégradation s'installe, les crédits sont de plus en plus chichement attribués, le recrutement est limité, des passe-droits ouverts aux rejetons de la haute aristocratie apparaissent. En 1789, il n'y a plus qu'une dizaine d'élèves peu portés vers les transformations politiques qui s'amorcent¹².

L'École des ingénieurs constructeurs de vaisseaux avait été précédée par un premier établissement créé à Paris par Henri-Louis Duhamel du Monceau dès 1741 qui avait constaté lors d'un voyage en Angleterre que les constructeurs de navires utilisaient des méthodes graphiques et mathématiques, au lieu d'en rester aux transmissions familiales des maîtres charpentiers qui prévalaient en France. Faute de crédits, elle ferme en 1758. Elle renaîtra, confiée au même savant, sous forme d'école royale en 1765. Mais les ingénieurs qui en sortent sont toujours considérés comme des parvenus par les officiers de marine qui veulent garder le contrôle de la construction¹³. Devenue sous l'Empire école du Génie maritime, elle se transformera dans le monde contemporain en École nationale supérieure des techniques avancées.

L'École des mines est une création tardive (1783) qui vise à s'inspirer de la fameuse Bergakademie de Freiberg créée en 1765, sans en avoir les moyens. Si l'École des mines de Freiberg n'est pas la première créée, quoiqu'en disent ses thuriféraires, car devancée de trois ans par celle de Schemnitz (1762, aujourd'hui en Slovaquie) sur décision de l'impératrice Marie Thérèse d'Autriche, elle a toutefois acquis rapidement une célébrité au-delà des frontières. L'électorat de Saxe, battu par la Prusse durant la

10. Chartier, 1973.

11. Sakarovich, 1998, chap. 3 : « Monge. La géométrie descriptive : une discipline révolutionnaire ».

12. Taton, 1964. Pour une approche renouvelée : Pautet, 2013 et 2016.

13. Vérin, 1993, p. 217-220.

Guerre de Sept ans devait payer une dette de guerre considérable. Il fallait multiplier les ressources minières rapidement et de façon plus rationnelle que les procédés empiriques traditionnels. Friedrich Wilhelm von Opel proposa au prince Xavier de Saxe la création d'une école rassemblant des cours de dessin géométrique, de chimie et de métallurgie, tout en améliorant les procédés d'extraction et la fabrication de machines appropriées. Des professeurs renommés, tel Abraham Gottlieb Werner qui développa des enseignements originaux en minéralogie, assurèrent durablement la réputation de l'établissement. L'École des mines de Paris, ouverte par un chimiste adjoint de l'Académie des sciences, Balthazar Sage, bon professeur, mais médiocre savant, ferme au bout de cinq ans, faute de crédits d'une royauté fortement endettée et la poignée d'auditeurs qui y ont été formés a bien du mal à trouver un emploi, à défaut d'obtenir de l'État une fonction d'inspecteur des mines¹⁴.

Un mot quand même sur les particularités du recrutement et de la formation à l'École des ponts. À la différence des écoles militaires, pas d'examen à l'entrée, mais des lettres de recommandation adressées au directeur. Peu de formation interne, si ce n'est l'enseignement mutuel, les élèves les plus avancés instruisant les novices. On va chercher les cours à l'extérieur chez des professeurs particuliers qu'il faut payer, à l'école d'architecture de Blondel puis, après sa fermeture, à celle de l'Académie d'architecture. Des concours obligatoires sur des questions particulières sont régulièrement ouverts qui permettent d'accumuler des points lesquels permettent de passer de la troisième à la deuxième classe et à la première afin d'accéder au statut d'ingénieur. L'été, des stages auprès d'ingénieurs en province offrent une formation pratique. Mais comme l'école accueille beaucoup plus d'élèves que le corps ne peut en absorber (soit cinq à six par an), la durée de la formation peut atteindre huit ou neuf ans voire plus, en attendant d'intégrer le corps. La moitié des élèves n'est finalement pas recrutée. Ils versent alors dans le privé. Ce mode de formation perdurera après la Révolution et ne disparaîtra définitivement qu'après 1851.

14. Birembaut, 1964. L'auteur indique qu'en 1787, « un malaise certain régnait chez les élèves qui ne trouvaient de débouchés ni dans l'administration du roi, ni dans les exploitations minières ou métallurgiques » (p. 402). Au total, l'école de Sage a formé cinq promotions d'ingénieurs, soit une quarantaine. L'école dont les cours étaient publics et gratuits accueillait également des surnuméraires, pratique qui sera reprise avec la réouverture d'une école des mines à Paris en 1816. Pour une étude renouvelée : Laboulais, 2012.

Ce petit monde des ingénieurs est affecté à l'État. Toutefois, les ingénieurs n'ont pas le monopole de l'enseignement technique... Les cabinets de machines, de physique et de chimie constituent des pôles d'apprentissage et d'invention technique. Les arts graphiques sont également enseignés à partir de la deuxième moitié du XVIII^e siècle. Il y a un véritable réseau provincial de ces institutions (Rouen, Lille, Marseille, Toulouse, Amiens, Lyon...). À Paris, c'est en 1766 que l'École royale gratuite de dessin ouvre ses portes, sous l'impulsion de Jean-Jacques Bachelier. Orientée vers les arts mécaniques et les applications pratiques, cette institution s'articule aux exigences du monde industriel naissant : elle rassemble plusieurs centaines de pratiquants¹⁵.

Nouvelle structuration des écoles d'État

Lorsque la Révolution arrive, et que les gouvernants successifs portent le regard sur le système d'enseignement au niveau supérieur, on perçoit qu'il n'y a pas que les structures universitaires médiévales qui sont verrouillées. Celles-ci disparaissent du reste sans soulever grande contestation en 1793. Quant au système des écoles d'ingénieurs, il est lui aussi tout à fait problématique... C'est ce qui amènera à une réorganisation sous l'égide d'un nouvel établissement : l'École polytechnique destinée à fournir les cadres civils et militaires de l'État, sur la base d'une formation générale de deux ans et d'une répartition des élèves à l'issue de celle-ci dans les écoles spécialisées des services publics, à savoir les écoles de l'Ancien Régime repensées en écoles d'application¹⁶. Napoléon, quant à lui, créera l'Université de France, monopole de l'État regroupant les niveaux élémentaires, moyens et supérieurs d'enseignement. Des facultés de lettres, de sciences, de droit, de médecine et de théologie sont ouvertes sans relations entre elles et dont chacune dépend directement du Grand Maître de l'Université. Mais si le droit et la médecine forment des professionnels, les facultés de lettres et de sciences délivrent des cours publics et leurs professeurs font essentiellement passer l'examen du baccalauréat, premier grade universitaire. Si à

15. Leben, 2004. L'École nationale supérieure des arts décoratifs est l'héritière de cette institution.

16. À la différence d'autres établissements de formation, l'École polytechnique a été l'objet de très nombreuses publications. Dès 1828, Ambroise Fourcy écrit une *Histoire de l'École polytechnique* (Fourcy, 1987). La référence la plus complète sur le premier siècle de cette institution est : Belhoste, 2003. Voir aussi : Belhoste, Dahan-Dalmedico et Picon, 1994.

Paris, il y a réellement un enseignement facultaire supérieur, en province les délivrances de grades de licence sont peu nombreuses, et plus encore, les doctorats se délivrent à l'unité. Pour autant, même si, comme l'exposait Antoine Prost dans son ouvrage fondateur¹⁷, l'étudiant est créé avec la Troisième République, le public qui suit les exposés en lettres et en sciences est mélangé : on y trouve des étudiants, et tous les auditeurs ne viennent pas forcément pour du délassement. Ainsi, les exposés botaniques aux jardins des plantes peuvent rassembler des propriétaires intéressés par le développement de l'agriculture. Jean-François Persoz, nommé professeur de chimie à Strasbourg, développe d'importantes relations avec le milieu industriel. Son *Traité théorique et pratique sur l'impression des tissus*, issu de ses cours, s'adresse aussi bien aux fabricants qu'à la classe laborieuse et lui assure une consécration nationale qui le porte au Conservatoire national des arts et métiers¹⁸. Les premières conférences du soir sur l'électricité mobilisent d'entrée des professionnels¹⁹.

Faisons un saut dans le temps. L'École polytechnique est installée, les anciennes écoles devenues d'application ont dû s'adapter, ce qui ne s'est pas fait sans difficultés ni contestation. Sous Napoléon avaient été ouvertes deux écoles pratiques des mines à Geislautern (Sarre) et Pesey (Savoie), mais elles sont fermées à la fin de l'Empire²⁰. Les élèves reviennent à Paris en 1814, dans des conditions provisoires. Une ordonnance royale du 5 décembre 1816 restructure l'École des mines en officialisant sa réouverture²¹. Particularité : parallèlement aux élèves ingénieurs qui viennent y apprendre les disciplines minières et métallurgiques à l'issue de la formation de base à l'X, la réglementation prévoit l'accueil d'élèves externes envoyés par les préfets, les concessionnaires de mines, les propriétaires d'usines métallurgiques. Ils sont admis à l'issue d'un examen qui vérifie

17. Prost, 1968.

18. Bensaude-Vincent et Christophe, 1994.

19. Noguès, 2008.

20. En 1794, le Comité de salut public avait créé une Agence des mines chargée d'organiser le corps des mines et d'installer une nouvelle école à Paris. Des concours sont organisés pour recruter 40 élèves. Les professeurs, tels Vauquelin, Haüy, Guillemot-Duhamel sont des savants reconnus. Les élèves passent à la pratique sous la direction d'ingénieurs. Cependant, en 1802, Chaptal supprime l'école de Paris pour ouvrir deux écoles pratiques, seules considérées comme étant utiles pour la formation des ingénieurs des mines. Laboulais, 2012.

21. Ignorant résolument tout ce qui s'est passé sous la Révolution et l'Empire, l'ordonnance expose que « l'école des mines créée par l'arrêt du Conseil-Etat du roi du 19 mars 1783 est rétablie à Paris ». Sur la formation des élèves-ingénieurs des Mines au XIX^e siècle, voir : Passaqui, 2015.

leurs connaissances. Leur formation dure trois ans et est sanctionnée chaque année par un examen final. Leur nombre ne peut en principe dépasser celui des élèves-ingénieurs. En fait, rapidement le nombre d'élèves externes dépasse celui des élèves ingénieurs, dont il est vrai que la moyenne de recrutement annuel sur un siècle oscille de trois à cinq. Il faut aussi mettre en place une formation préparatoire pour pouvoir suivre ensuite le cursus dans son entier. Ce qui n'avait pas été prévu par l'ordonnance, c'est l'arrivée de polytechniciens démissionnaires des corps où ils sont affectés en raison de leur classement ou encore d'élèves qui n'ont pas achevé leur scolarité. Les enfants de la bourgeoisie urbaine ne goûtent guère les joies de la vie militaire dont les écoles forment pourtant l'essentiel des recrutements de polytechniciens. Hervé Joly, qui a étudié ce phénomène, montre qu'un certain nombre de ces jeunes gens sont des fils de polytechniciens qui se positionnent en relatif déclassement par rapport à leurs pères sortis dans les grands corps. À l'instar des « vrais » externes, ils mènent ensuite des vies professionnelles honorables comme ingénieurs en chef dans les compagnies de chemins de fer ou comme directeurs d'entreprise²². Si le conseil des Mines est tolérant et ouvert aux élèves externes de l'École de Paris, il est beaucoup plus réservé vis-à-vis de l'établissement fondé la même année à Saint-Étienne dans l'esprit des anciennes écoles pratiques. En effet, l'idée qui a présidé à cette création est de former en deux ans des maîtres-mineurs, d'un grade inférieur aux externes parisiens. Mais la créature échappe vite à ses concepteurs. Les cours sont d'une haute tenue, des enseignements pratiques sont organisés, on utilise une « usine-pilote » pour se frotter au monde de l'entreprise, et pour pallier la limitation à deux ans de la formation, des « redoublements » sont institués. Toutefois, le nombre d'élèves admis reste très contingenté, soit des promotions de vingt environ. Les anciens élèves, en bonne partie des fils de directeurs d'établissements industriels, sont largement recrutés à des fonctions d'ingénieur, si l'on en croit les annuaires d'anciens élèves. Il faudra pourtant attendre 1880 pour obtenir la troisième année d'enseignement et finalement, après une série d'atermoiements, la délivrance du diplôme d'ingénieur civil des mines en 1891²³.

Lorsque le conseil des Mines créera une école de porions à Alès en 1841, il veillera soigneusement à ce que les entrants aient déjà une expérience

22. Joly, 2016.

23. Garçon, 2004.

concrète de la mine et que leur niveau d'instruction ne permette pas la même évolution qu'à Saint-Étienne. La formation est soigneusement bornée, l'internat est obligatoire et la discipline quasi militaire²⁴. Même si la formation ne cesse d'évoluer et le niveau d'enseignement de s'élever au fil du temps, ce n'est qu'en 1965 que l'École des mines d'Alès délivrera un diplôme d'ingénieur – en même temps que celle de Douai, ouverte en 1878 pour alimenter les mines du nord de la France.

L'autre grande école civile de service public, les Ponts, est beaucoup plus frileuse vis-à-vis des externes. Il faut un décret particulier en 1830 pour que l'établissement soit tenu d'accueillir les polytechniciens non recrutés dans les services publics, ce qui tend à prouver que l'Administration veille à gérer l'ensemble des sortants de l'X. Un autre décret de 1851 est censé faciliter l'entrée des élèves externes. Mais c'est seulement en 1875 que des cours préparatoires leur sont dédiés. On voit qu'avec l'accroissement progressif du nombre des experts techniques, une subtile hiérarchie se met graduellement en place qui ne fera que croître et embellir avec le temps. Il faudra attendre l'entre-deux-guerres pour que l'école consente à délivrer un diplôme d'ingénieur civil.

Un diplôme pour les ingénieurs civils

Il faut évidemment parler de l'École centrale des arts et manufactures dont la création aura des effets à court, moyen et long terme sur l'univers de l'enseignement technique en France, voire plus largement. À la fin des années 1820, malgré la méfiance du régime réactionnaire de Charles X vis-à-vis de telles initiatives²⁵, avec le développement progressif de la grande industrie, l'idée d'une école industrielle est dans l'air. Un physicien normilien, Binet de Saint-Preuve, a bâti un projet pour former 50 élèves, l'établissement étant installé dans l'École normale, projet qui fait long feu. Alphonse Lavallée, un homme d'affaires nantais qui rassemble autour de lui des experts fréquentés à l'Athénée, ce club progressiste mal aimé du

24. Turion, 2002.

25. De 1825 à 1828, sous le ministère Villèle, les cours du soir du Conservatoire des arts et métiers sont supprimés et reportés dans l'après-midi, privant les trois professeurs de leur public industriel et populaire. C'est durant le court ministère plus libéral de Martignac que Vatimesnil, ministre de l'Instruction publique, ré-autorise les cours du soir. C'est le même ministre qui permet l'ouverture de l'École centrale.

pouvoir, a des idées beaucoup plus ambitieuses : créer une institution nouvelle, indépendante de l'État car financée par les droits d'inscription, rassemblant 450 à 500 élèves, fondée sur un principe fédérateur théorique : la science industrielle. Celle-ci est une, et tout industriel doit la connaître en son entier. Le projet bénéficie d'un rare moment de conjoncture politique favorable entre deux gouvernements ultras. L'autorisation est donnée de lancer l'opération, assortie d'une dispense d'un an de la lourde rétribution que doit verser un établissement privé dans un régime d'enseignement de monopole d'État. Les quatre savants qui conduisent le projet sur le plan scientifique sont deux polytechniciens, Théodore Olivier, ancien professeur à l'école régimentaire de Metz, haut lieu des polytechniciens industrialistes, et qui avait organisé pendant cinq ans l'école militaire de Marienberg en Suède, et Philippe Benoît qui a ouvert un cabinet-conseil mais qui ne poursuivra pas l'aventure, ainsi que le chimiste Jean-Baptiste Dumas, et Eugène Pécllet, un physicien, enseignant à l'École normale. L'histoire est bien connue : démarrage en fanfare, mais difficultés quasi immédiates avec la révolution de Juillet laquelle fait peur aux familles qui retirent leurs enfants, initiative du baron Dupin à la Chambre qui propose la création d'une polytechnique civile pour asphyxier la nouvelle école, et pour couronner le tout, une épidémie de choléra en 1832 qui atteint gravement Lavallée. Les difficultés sont finalement surmontées et l'école peut prendre un nouvel élan. Les élèves sont largement recrutés parmi les trop nombreux candidats à Polytechnique. Ils sont loin d'être tous parisiens, des bourses sont offertes qui font venir des élèves des départements, et rapidement des candidatures parviennent d'autres pays. Le côté novateur de l'entreprise en phase avec la croissance industrielle séduit. Un point important est à noter. À l'issue du cursus, ceux qui ont obtenu la note suffisante calculée sur l'ensemble des examens passés dans les trois ans et qui ont soutenu valablement leur projet final devant le grand jury se voient délivrer le diplôme d'ingénieur civil des arts et manufactures. Il y a là une différence essentielle avec les écoles du gouvernement : dans ces dernières, le terme ingénieur désigne un grade dans une hiérarchie professionnelle. L'école d'application prépare des élèves ingénieurs à entrer dans un corps dont ils vont gravir peu à peu les échelons. À un certain niveau de la hiérarchie, du reste, le mot ingénieur a disparu remplacé par un autre comme inspecteur. À la sortie de l'École centrale, on est – dans le meilleur des cas – récipiendaire d'un diplôme qui qualifie celui qui le reçoit d'ingénieur civil

des arts et manufactures, ce qui spécifie qu'il sort de l'école qui porte précisément ce nom. La valeur que l'établissement attribue à ce titre est telle que celui-ci n'est délivré qu'à une élite qui a su franchir toutes les étapes victorieusement, soit une minorité d'environ un quart de ceux qui se sont inscrits dans l'établissement trois ans plus tôt. Ceux qui sont passés sous la barre mais à qui on peut reconnaître un certain mérite se voient distribuer un certificat de capacité ; ceux qui restent n'ont rien sauf à être qualifiés de « fruits secs ». Entre 1832, date des premiers diplômes délivrés, et 1857, année où l'État accepte la donation de l'établissement par son fondateur, sur les 3 342 élèves entrés à l'école, 1 291 ont obtenu un diplôme ou un certificat, soit moins de 40 %. Une fois léguée à l'État, une loi de 1862 créera un diplôme officiel d'ingénieur des Arts et Manufactures. Pendant des décennies, l'École centrale va être la seule à délivrer ce diplôme d'ingénieur. Ensuite, ce principe sera repris par d'autres établissements très progressivement. C'est le point de départ lointain de la société des diplômes actuelle²⁶.

Toutefois, et pour le dire de façon délibérément anachronique, on peut également considérer l'affaire comme une belle opération marketing. Cette jeune société débarque sur un marché du travail industriel en pleine élaboration, elle propose et vend un produit qui doit être perçu comme la référence même de l'excellence en matière d'expertise industrielle. Les élèves externes des mines de Paris étaient aussi des éléments de qualité, mais ils ne pouvaient apparaître que comme des sous-produits de la marque Mines de Paris dont l'emblème était la poignée d'ingénieurs du corps technique le plus prestigieux de l'État. De même, l'école de Saint-Étienne était loin d'être sans mérite, ses anciens élèves étaient bien placés, mais elle était prise dans des contraintes bureaucratiques et administratives permanentes. Les artilleurs démissionnaires qui avaient arpenté des années durant les arsenaux de l'Armée ou de la Marine étaient sans aucun doute des métallurgistes authentiques, mais leur reconversion était le fait d'individus et se déroulait dans la discrétion. Il est certain en tout cas que, vue sous cet angle, l'opération a marché. Il a fallu que les autres établissements se positionnent par rapport au nouveau venu. Un exemple significatif : le Conservatoire des arts et métiers qui donne depuis 1819 des cours du soir gratuits pour des centaines d'auditeurs, prononcés par les savants les plus éminents dans les

26. Millet et Moreau, 2011.

différents domaines des sciences appliquées, se pose pour la première fois la question de la délivrance d'un diplôme qui lui serait propre. Lorsque le Conservatoire est créé en 1794, il est conçu comme un dépôt de machines, d'outils, de modèles, et de dessins et livres dans les différents arts et métiers. On y associe trois démonstrateurs, des experts techniques de haute réputation, qui font fonctionner ces machines pour un public de techniciens, d'artisans et de curieux, deux fois par décade. On y ajoute un atelier de construction mécanique, une bibliothèque et on y rattache le bureau des dessinateurs du Comité de salut public. En 1801, on ouvre une école de filature (qui fermera à la fin de l'Empire). À chaque fois, il s'agit d'un enseignement pratique. À la fin de l'épisode napoléonien et au début de la Restauration, des critiques sont émises : plutôt qu'une école de perfectionnement, l'établissement devrait former des directeurs instruits. Charles Dupin, ingénieur du Génie maritime, revient enthousiaste de Glasgow où il a vu fonctionner un enseignement scientifique populaire et il convainc le ministre de l'Intérieur d'une réforme de l'enseignement²⁷. L'ordonnance du 25 novembre 1819 crée « une haute école d'application des connaissances scientifiques au commerce et à l'industrie » avec trois chaires : mécanique appliquée (Dupin), chimie industrielle (Clément-Desormes), économie industrielle (Say). Il s'agit de cours publics et gratuits, ouverts sans inscription à des auditeurs anonymes. Avec le développement industriel en France, et pour répondre à l'influence croissante de l'École centrale (pour laquelle il crée cependant des bourses), le ministre des Travaux publics et du Commerce, Martin du Nord, tente de réorganiser l'enseignement technique sous la tutelle du Conservatoire, en 1838. Le projet échoue, mais en 1839, six nouvelles chaires sont créées qui élargissent le domaine de l'enseignement²⁸. En 1846, le ministre du Commerce est sollicité pour appuyer la proposition de création d'un diplôme. Celle-ci fait cependant débat au sein du corps professoral, le ministre change, et les événements politiques de 1848 se chargent de faire oublier ces velléités transformatrices... Le Conservatoire ne commencera à délivrer des diplômes qu'entre les deux guerres, et encore quasiment à l'unité. Toutefois, l'onde de choc provoqué par Centrale connaît plusieurs répliques. En 1851, la réforme Le Verrier de l'École polytechnique poussé par le courant industrialisant jusqu'alors minoritaire au sein de l'institution, avec quelques figures

27. Fox, 1994.

28. Fontanon et Grelon, 1994.

influentes comme Jean-Victor Poncelet, le grand spécialiste des machines, un temps à la tête de l'X, ou Arthur Morin qui prenait la direction du Conservatoire, n'est pas sans rapport avec l'image de modernité, d'adaptation au monde économique en pleine mutation et d'innovation pédagogique et disciplinaire que diffuse Centrale. En 1854, lorsque le ministre de l'Instruction publique décide d'ouvrir dans les facultés des sciences qui, désormais, sont implantées dans les seize académies du pays, des cours de sciences appliquées, la commission qui a préparé le dossier comporte des membres de l'École centrale. De fait, le programme prévu s'inspire du cursus de Centrale. Ceci étant, cette tentative sera un échec. Si les auditeurs sont assez nombreux pour suivre les cours publics, donc gratuits, l'idée de s'inscrire et de payer pour participer à des travaux pratiques n'est pas entrée dans les mœurs, et le certificat final délivré par l'instance académique est considéré sans intérêt, voire sans valeur. Enfin, il faut signaler qu'au moment même où le gouvernement accepte en 1857 la donation de l'École centrale, une structure qui se réclame de cet établissement au point d'en reprendre le nom, l'École centrale lyonnaise émerge, financée par des industriels de la ville. Traiter la question de l'influence (réelle) du modèle centralien au-delà des frontières nous entraînerait trop loin...

Il n'en reste pas moins que la notion de diplôme à cette époque n'est pas un sujet de débats. N'oublions pas que le baccalauréat scientifique n'est exigé pour concourir à l'X précisément qu'à partir de 1851. Les amphithéâtres du Conservatoire sont remplis d'auditeurs anonymes qui suivent deux fois par semaine, le soir, trois heures durant, des cours dont le programme s'étend sur plusieurs années sans même une attestation finale. Les « fruits secs » de Centrale n'ont sans doute pas de difficultés à trouver des emplois techniques supérieurs. Les villes ou leurs sociétés savantes financent et encadrent des cours scientifiques et techniques de grande qualité sur le même mode qu'au Conservatoire parisien. À Lille, Frédéric Kuhlmann, savant reconnu et industriel prospère, donne pendant plus de trente ans des cours de chimie de haut niveau. À Rouen, c'est Jean Girardin, chimiste titulaire d'un cours municipal de même calibre, qui prendra la succession de Louis Pasteur, doyen de la faculté des sciences de Lille, quand celui-ci la quitte en 1857. On trouvera la même chose à Nantes, riche cité industrielle dépourvue de facultés malgré les demandes réitérées de la municipalité, pour ne rien dire de Mulhouse dont la puissante société industrielle finance des cours depuis les années 1820, et dans combien d'autres villes

(Amiens, Bordeaux, Lyon, Marseille, Metz, Nancy, Reims...)²⁹. L'État considère du reste que, d'une façon générale, l'enseignement technique et la formation professionnelle relèvent du monde industriel³⁰. Quant à la notion d'ingénieur civil (mais sans la référence à un établissement), elle est vite tombée dans le domaine public. Les annonces publicitaires dans les journaux industriels présentent des individus vantant leurs produits et leurs procédés, et se présentant comme ingénieurs civils. Tout le monde industriel sait parfaitement que les gadzarts, anciens élèves des écoles de Châlons-sur-Marne (1806), Angers (1815) et Aix-en-Provence (cette dernière depuis 1843 seulement), établissements qui sont censés préparer des ouvriers professionnels habiles et des contremaîtres compétents selon les arrêtés ministériels successifs, forment en réalité des experts techniques souvent très qualifiés, des chefs d'entreprise florissants, même si, par ailleurs, les compagnies de chemins de fer cantonnent ceux qu'elles ont recrutés à des fonctions subalternes.

La consécration du diplôme

Les progrès de l'industrie et l'essor du machinisme, les transformations techniques dans le domaine agricole et l'exploitation capitaliste dans les grandes fermes de plusieurs régions conduisent à l'emploi de techniciens bien formés et reconnus. La question du diplôme va prendre de l'ampleur et progressivement hanter les milieux d'ingénieurs. Dès 1870, un diplôme d'ingénieur est délivré par les trois écoles nationales d'agriculture, puis un diplôme spécifique d'ingénieur agronome sanctionne les études du nouvel Institut national agronomique, créé en 1876. En 1872, la municipalité

29. La vie intellectuelle et scientifique est loin de se limiter à Paris. Arcisse de Caumont, archéologue normand réputé, fonde en 1833 les Congrès scientifiques de France et crée en 1839 l'Institut des Provinces, fédération des sociétés savantes du pays, qui organise chaque année des assises scientifiques dans une ville de province différente (modalité de fonctionnement qui sera reprise à partir de 1872 par l'Association française pour l'avancement des sciences).

30. En 1863-1864, sur la base d'un large rapport préparé par Arthur Morin, directeur du Conservatoire et ses collaborateurs, est organisée une « Enquête sur l'enseignement professionnel » sous la présidence du ministre de l'Agriculture et du Commerce, qui consacre treize séances à l'exposé d'acteurs du domaine. Les conclusions insistent sur la part que doivent prendre les industriels dans la formation professionnelle. Un projet de réforme développant l'enseignement technique est présenté au Sénat en 1866 et soumis aux députés en 1867. Le projet est rejeté. Voir *Enquête sur l'enseignement professionnel ou recueil de dépositions faites en 1863 et 1864 devant la Commission de l'enseignement professionnel*, 1864.

de Lille fonde avec l'appui du corps des Mines un Institut industriel du Nord qui offre des formations dans les branches industrielles de la région. Bientôt la question de la nature du diplôme est posée : ce ne peut être que celui d'ingénieur. L'École centrale lyonnaise délivre parcimonieusement un diplôme d'ingénieur à ses anciens élèves méritants (après cinq ans de pratique). Les élèves externes de l'École des mines de Paris qui recevaient un certificat à l'issue de leur formation obtiennent en 1887 la création d'un diplôme d'ingénieur civil des mines – ce qui motive évidemment l'École des mines de Saint-Étienne, dont on a vu plus haut qu'elle réclame elle aussi le droit de délivrer le même diplôme. À Marseille, trois personnalités de la ville ouvrent en 1891 une École d'ingénieurs de Marseille avec l'appui de la chambre de commerce. En 1885, dans le cadre des Facultés catholiques de Lille (nouveau nom de l'Université catholique à qui la loi de 1880 interdit l'usage du mot « université ») est ouverte l'École des Hautes études industrielles qui entend former des patrons chrétiens, en deux ans. Mais l'établissement recrute aussi des élèves qui, n'étant pas fils de chefs d'entreprise, entendent obtenir une formation monnayable : il faut ouvrir une troisième année et se mettre à niveau de l'Institut industriel du Nord. Un diplôme d'ingénieur est créé en 1891. La généralisation des formations d'ingénieurs va être le fait de la renaissance des universités en France, enfin rétablies après un siècle de disparition par la loi de 1896. Réclamée par les cercles d'universitaires réformateurs républicains, la mise en œuvre de la recréation des universités est lancée par un questionnaire adressé à l'ensemble des facultés par le ministre Jules Ferry en 1882 sur l'opportunité de refaire des universités, à l'instar des autres pays d'Europe. Ce sera un long processus, étape par étape, permettant déjà aux facultés d'une même ville de se regrouper en un conseil général des facultés et d'obtenir des droits propres à cette instance (décrets Goblet, 1885). Un projet ambitieux visant à créer une demi-douzaine d'universités de province est présenté en 1890. Bloqué par le Sénat plusieurs années, car il pénaliserait les villes disposant elles aussi de facultés qui ne verraient pas leur transformation en université, le gouvernement est amené à résipiscence et présente un nouveau projet plus simple et créant quinze universités provinciales (Alger sera créée un peu plus tard) en 1896.

Les facultés des sciences les plus dynamiques ont rapidement perçu que la seule formation des licenciés limiterait drastiquement leur action, d'autant que la période est celle de la seconde industrialisation avec le

développement de la chimie fine, de l'électricité industrielle et de l'électrotechnique, ou encore de la mécanique. Un décret de 1897 autorise les universités et leurs facultés à créer des diplômes scientifiques qui leur soient propres et qui ne peuvent être confondus avec les grades d'État que sont les licences et les doctorats. Une fois la décision prise par le conseil d'université (présidé par le recteur, haut fonctionnaire d'État), le ministère de l'Instruction publique saisi prend un décret qui authentifie le diplôme. Dans le domaine des sciences appliquées, le seul diplôme qui puisse être considéré de niveau universitaire est le diplôme d'ingénieur. C'est ainsi que Lille, Grenoble, Nancy et Toulouse vont créer des « instituts annexes » qui vont délivrer ces diplômes. Même Paris finira par suivre avec son institut de chimie et les autres facultés en feront autant, comme Bordeaux, Clermont ou Besançon³¹.

Dans ces conditions, la société des anciens élèves des écoles d'arts et métiers qui s'est accrue des gadzarts sortis des nouvelles écoles de Cluny (1891) et de Lille (1900) (et plus tard de Paris, en 1912), mène campagne pour obtenir enfin du ministère du Commerce dont ces établissements dépendent, la délivrance du titre d'ingénieur, ce qui leur sera octroyé en 1907³². D'autres institutions, privées celles-là, en viennent aussi à donner le fameux diplôme. C'est le cas à HEI, Hautes études industrielles, qui dépend de l'université catholique de Lille, ou de l'École d'agriculture d'Angers créée par les jésuites dans le cadre de l'université catholique de la ville³³. L'Institut agricole de Beauvais tenu par les frères des écoles chrétiennes en fait autant en 1913. Entre 1901 et 1905 s'ouvrent à Paris quatre écoles d'électricité privées non confessionnelles, les écoles Charliat, Breguet, Sudria et Violet³⁴. Le mouvement saisit même une institution huppée qui recrute des licenciés ès sciences ou des centraux, mais aussi, par concours, des gadzarts, à savoir l'École supérieure d'électricité, créée en 1894 par des industriels, qui offre la formation la plus en pointe du domaine, mais qui est sommée par ses étudiants de délivrer un « vrai » diplôme d'ingénieur et non une simple attestation. Dans un premier temps, le conseil d'administration refuse, jugeant cette manie d'étudiants

31. Grelon, 1989.

32. Mais comme ces établissements relèvent du ministère du Commerce qui gère l'enseignement technique, le titre délivré s'appelle *brevet* d'ingénieur.

33. Grelon, 2003.

34. Grelon, 1988.

trop puérile, mais la pression est trop forte et une pétition finit par lui faire lâcher prise³⁵. On pourrait multiplier les exemples.

À l'issue de la Première Guerre mondiale, les tensions montent au sein des milieux d'ingénieurs. Sur le plan professionnel, des syndicats d'ingénieurs se créent, avec des revendications spécifiques³⁶. Quant à la formation, le développement de nouveaux établissements suscite l'inquiétude : on craint un trop-plein d'ingénieurs. Les écoles les plus anciennes, souvent aussi les plus célèbres et qui se pensent les plus légitimes, estiment qu'il faut faire le tri. Le groupe est profondément divisé. On se tourne vers l'État, à savoir le sous-secrétariat à l'Enseignement technique, et un groupe de travail est dédié à la conception d'une législation pour régler le problème. Cette première tentative est un échec. Dix ans plus tard, au beau milieu de la crise économique, un texte va légiférer sur la question. C'est la loi du 10 juillet 1934 sur les titres d'ingénieurs³⁷. Le terme ingénieur reste libre d'emploi, il n'en est pas question dans le texte, mais pour se dire ingénieur *diplômé*, il faut avoir obtenu cette certification d'une école habilitée. Sont habilitées les écoles publiques et les écoles techniques reconnues par l'État en vertu de la loi Astier de 1919. Les écoles techniques privées doivent présenter un dossier d'habilitation devant la commission des titres d'ingénieurs établie par la loi. Celle-ci établit annuellement la liste des établissements habilités qui est publiée par le *Journal officiel*. L'ingénieur est diplômé d'un établissement, il fait donc suivre le terme ingénieur du nom de l'établissement ou du sigle de celui-ci. Au fond, on reprend le modèle mis en place par l'École centrale en 1829... L'article huit de la loi établit que les experts autodidactes peuvent présenter un dossier devant une commission constituée au sein du Conservatoire national des arts et métiers qui statue sur la recevabilité de la demande. Si celle-ci est agréée, ils deviennent des ingénieurs DPE, diplômés par l'État. Il y a eu une prise de conscience qu'au-delà des quelque 60 000 ingénieurs alors en activité issus d'une école, il existait un nombre considérable mais non chiffré de faisant-fonction³⁸. Très vraisemblablement cette population de techniciens qui existait depuis la nuit des

35. Sur la naissance et le développement des formations spécialisées d'ingénieurs électriciens, voir : Grelon, 1991.

36. Descottes et Robert (dir.), 1984.

37. Grelon (dir.), 1986.

38. L'étude des non-diplômés n'a pas mobilisé les historiens. On peut mentionner une étude qui porte sur l'après-guerre, mais dont l'analyse est pertinente dans son principe. Boltanski, 1985.

temps, avait dû croître pendant la Grande Guerre, lorsqu'il avait fallu faire tourner les entreprises alors que les titulaires des services étaient envoyés au front³⁹. En effet, les ingénieurs ont servi dans l'armée dès le début de la Grande Guerre. La loi du 21 mars 1905 impose le service militaire à tous les jeunes gens de 20 ans. Les élèves admis par concours à l'ENS, à l'École forestière, à l'École centrale, à l'École des mines, à l'École des ponts et chaussées reçoivent dans ces établissements une instruction militaire les préparant au grade de sous-lieutenant de réserve. De 1914 à 1918, les polytechniciens ont perdu 900 des leurs, car beaucoup avaient été recrutés dans l'armée à l'issue de leur formation dans l'école. Les centraliens étaient préparés à entrer dans l'artillerie pendant leur temps d'école. 4 800 d'entre eux furent mobilisés, il y eut 900 blessés et 550 tués. L'École des mines de Saint-Étienne qui ne comptait que des promotions réduites a compté 468 mobilisés (d'abord dans l'infanterie, puis dans le génie) et 141 tués. Quant aux gadzarts, Charles Day expose que le monde politique les voyait encore issus d'établissements voués à la formation d'ouvriers mécaniciens. 6 500 furent mobilisés dès la déclaration de guerre et 1 100 furent tués la première année. « Quand les généraux et politiques finirent par comprendre qu'ils envoyaient au massacre les jeunes ingénieurs mécaniciens indispensables à l'industrie militaire dans une guerre d'usure, les gadzarts furent rappelés du front⁴⁰ ».

Les associations traditionnelles d'anciens élèves ou les syndicats d'ingénieurs n'étaient pas spécialement satisfaits de cette loi qu'ils ne trouvaient pas assez dure. Mais cette législation a d'un seul coup trouvé grâce à leurs yeux au moment du Front populaire et des négociations sur les conventions collectives. La loi du 10 juillet 1934 identifiait parfaitement qui était ingénieur diplômé, ce qui donnait une base solide aux réclamations syndicales. Le patronat devait reconnaître les ingénieurs diplômés et leur accorder un statut et une rémunération correspondant à leurs compétences attestées. Si la loi de 1934 a protégé les ingénieurs diplômés, elle n'a pas fait de ces diplômes des grades d'État. Contrairement à d'autres pays, en France le diplôme d'ingénieur n'est pas un diplôme national comme l'est le diplôme de médecin, par exemple, c'est un diplôme d'école. C'est dans ce cadre qu'élèves et anciens élèves se retrouvent et se reconnaissent. Chaque établissement fait sa promotion et considère les autres écoles comme des

39. Day, 1991.

40. *Ibid.*, p. 178-179.

concurrentes. Très vite, dans le milieu, on sait à quel « rang » on se situe, et du reste, les entreprises classent leurs recrues en fonction de leur origine scolaire, ce qui conditionne le parcours de carrière. Cette hiérarchisation des établissements organisée et cristallisée ne peut évidemment faciliter la cohésion de la profession.

Par ailleurs, dans le monde syndical des ingénieurs se côtoyaient des patrons, des ingénieurs-conseils indépendants et des salariés. Or, au moment des négociations sur les conventions collectives, seuls les syndicats de salariés étaient habilités à les signer. Les négociations de 1936 et 1937 voient la fin des syndicats mixtes, mais aussi la prise de conscience que la très grande majorité des ingénieurs sont effectivement des salariés⁴¹. Jusqu'alors, dans ces milieux, on ne parlait que de rémunérations ou d'émoluments, le terme « salaire » ne convenant qu'aux ouvriers...

La crise des années trente avait fait redouter au milieu ingénieur un chômage massif fondé sur la perception d'un trop-plein d'ingénieurs. Ni les comptes rendus de l'époque des associations d'anciens élèves, ni les rares statistiques disponibles ne permettent d'étayer une telle crainte⁴². Néanmoins, une pression insistante auprès des établissements de formation avait amené à une réduction de la taille des promotions. Au moment où l'économie se redresse et où, devant la crainte d'une prochaine guerre, le pays se réarme à la fin des années trente, le patronat se plaint de manquer d'ingénieurs. Cette question n'est pas débattue durant la période de l'Occupation ni durant la remise en route difficile de l'économie après la Libération. Le Plan Langevin-Wallon, institué sous le gouvernement provisoire de 1944, devait redéfinir la totalité de l'enseignement⁴³. La commission travaille 31 mois, mais le rapport qu'elle remet en juin 1947 arrive dans une période de conflit politique (exclusion des ministres communistes

41. En outre, Lebas, le ministre du Travail, demande aux trois syndicats concurrents d'ingénieurs (l'Union syndicale des ingénieurs français diplômés, USIF ; le Syndicat des ingénieurs salariés diplômés, SIS ; le Syndicat professionnel des ingénieurs diplômés, SPID) de se fédérer. La Fédération nationale des syndicats d'ingénieurs est créée le 20 février 1937. Par la suite, avec deux autres structures syndicales de « cadres », un comité national de cadres est rassemblé en août 1944. Il se transformera le 15 octobre 1944 en Confédération générale des cadres (CGC). Voir l'exemple du Syndicat des chimistes : Grelon, 2018.

42. Hugot-Piron, 2014.

43. Pour l'enseignement supérieur, par exemple, les grandes écoles étaient transformées en instituts spécialisés rattachés aux universités. Les étudiants suivaient une formation universitaire de deux ans aboutissant à la licence, avant d'intégrer ces nouveaux instituts.

alors que les deux présidents successifs de la commission étaient membres du Parti communiste), et malgré les remerciements officiels sur le travail accompli, le plan reste mort-né⁴⁴. Par ailleurs, un décret du 16 janvier 1947 transforme les instituts d'université en écoles nationales supérieures d'ingénieurs, selon un processus déterminé. Il ne s'agit pas alors d'augmenter le nombre d'ingénieurs diplômés, mais d'homogénéiser l'organisation et la formation dans ces établissements disposant chacun de statuts particuliers au sein des universités. Tous les établissements universitaires délivrant des diplômes d'ingénieurs sont voués à devenir des ENSI. Ces transformations proposées par le conseil de l'université concernée reçoivent un avis d'une commission permanente des ENSI dont la composition est fixée par le ministère de l'Éducation nationale, avant que le ministère n'autorise la transformation par décret. Les étudiants sont recrutés par concours. La durée de la formation est fixée à trois ans et le cursus prévoit un enseignement général du niveau de la licence et un enseignement spécial propre à l'école. Les élèves ayant obtenu la note moyenne fixée par la commission permanente reçoivent le diplôme d'ingénieur de l'École, enregistré et visé par le ministère sous le double timbre de l'enseignement supérieur et de l'enseignement technique. Les directeurs sont choisis parmi les personnels des établissements publics d'enseignement supérieurs, nommés pour cinq ans renouvelables par le ministre, sur proposition du conseil d'université après avis de la commission permanente. Il est créé dans chaque école un conseil d'administration et un conseil de perfectionnement, dont la composition et les attributions sont fixées par arrêté ministériel. Le décret prévoit que les établissements qui n'auront pas obtenu leur transformation avant le 1^{er} octobre 1948 seront supprimés ou transformés en établissements de nature différente. En réalité, la procédure complexe est beaucoup plus lente, et des arrêtés successifs viennent repousser la date de fin du processus : ainsi, l'école de papeterie de Grenoble devient ENSI en 1950, l'école de chimie de Bordeaux est ENSI en 1953, et celle de Montpellier en 1957.

Ce sont les travaux des experts du Commissariat au Plan, à partir du début des années 1950 qui pointent une sérieuse pénurie d'ingénieurs⁴⁵ : on en

44. Chapoulie, 2010, chap. 15 : « Des conditions nouvelles pour une réforme (1944-1958) ».

45. En particulier les travaux de Michel Vermot-Gauchy. Repris notamment dans : Vermot-Gauchy, 1961.

forme moins à l'époque qu'en 1929⁴⁶. Par ailleurs, l'Union des industries métallurgiques et minières (UIMM), qui est à la pointe de la réflexion du patronat, soulève, à l'issue d'une enquête de 1954, un grave problème de formation de l'encadrement qui risque d'obérer la reprise économique⁴⁷. L'État va intervenir en créant à partir de 1957 les Instituts nationaux de sciences appliquées (INSA) qui ne se fondent pas sur le modèle classique du concours à l'issue de classes préparatoires, mais recrutent sur dossiers après le baccalauréat. Un peu plus tard, ce seront les ENI, Écoles nationales d'ingénieurs recrutant à partir de la filière technique pour une formation en quatre ans, qui seront ouvertes. Par ailleurs vont être créés dans les lycées techniques des brevets de techniciens supérieurs en 1962, et en 1966 ce seront les instituts universitaires de technologie qui seront fondés et se multiplieront⁴⁸.

Par la suite, nombre d'écoles d'ingénieurs vont ouvrir, notamment au sein des universités⁴⁹. La commission des titres d'ingénieurs va jouer un rôle de plus en plus prégnant. Par exemple, les écoles délivraient des diplômes en trois, quatre ou cinq ans : il convenait d'harmoniser l'ensemble et d'exiger un même niveau formel de formation, ce que réclamaient les établissements eux-mêmes afin de marquer une distance avec les formations de techniciens. Le cursus dans les établissements habilités fut donc progressivement unifié à cinq ans de formation (compte tenu des deux années préparatoires pour les écoles recrutant sur cette base, cinq ans après le baccalauréat pour les autres). Aujourd'hui, on en compte 205, habilitées par la Commission des titres d'ingénieurs à délivrer des diplômes d'ingénieurs. Avec ce nombre d'établissements, l'éventail des domaines où les ingénieurs interviennent n'a cessé de s'élargir. Cette extension indéfinie amène une telle diversification des spécialités qu'en dehors du terme labellisé d'ingénieur diplômé, on peut se poser la question de la reconnaissance mutuelle des professionnels qui portent ce titre. Certes, les qualifications technico-scientifiques qu'ils possèdent déterminent un type de profil qui devrait en principe les caractériser. Mais les carrières auxquelles ils peuvent accéder

46. Grelon, 1987.

47. Revue *Métallurgie*, octobre 1954.

48. Benoist, 2016.

49. Ainsi se créent à différentes périodes des établissements dans le cadre universitaire. Ces écoles se constituent en réseau comme écoles internes des universités à partir de 2004, avec la marque déposée « Polytech » et une politique commune de recrutement. Ce réseau compte à ce jour quinze établissements.

dépassent et de loin le seul monde industriel, en s'ouvrant désormais à tous les secteurs de l'économie et de la vie sociale, d'une part, et nombre de formations technologiques de niveau académique équivalent ne délivrent pas de diplômes d'ingénieurs, d'autre part. C'est là un phénomène engagé de longue date, riche champ d'analyse pour les chercheurs en sciences sociales. Mais décrire cette longue et complexe évolution jusqu'à nos jours serait faire un tout autre exposé.

Sources

BÉLIDOR Bernard Forest de, *Nouveau cours de mathématiques à l'usage de l'artillerie et du génie*, Paris, 1725.

BÉLIDOR Bernard Forest de *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*, Paris, 1729.

BÉLIDOR Bernard Forest de, *Traité de balistique. Le bombardier français*, Paris, 1731.

BÉLIDOR Bernard Forest de, *L'architecture hydraulique*, Paris, 1737.

Enquête sur l'enseignement professionnel ou recueil de dépositions faites en 1863 et 1864 devant la Commission de l'enseignement professionnel, Paris, 1864, 2 tomes.

FOURCY Ambroise, *Histoire de l'École polytechnique* (1828), Belin, Paris, 1987 (introduction historique de Jean Dhombres).

Bibliographie

BELHOSTE Bruno, *La formation d'une technocratie. L'École polytechnique et ses élèves, de la Révolution au Second Empire*, Belin, Paris, 2003.

BELHOSTE Bruno, DAHAN-DALMEDICO Amy, PICON Antoine, *La formation polytechnicienne, 1794-1994*, Dunod, Paris, 1994.

BENOIST Pierre, *Une histoire des instituts universitaires de technologie (IUT)*, Classiques Garnier, Paris, 2016.

BENSAUDE-VINCENT Bernadette, CHRISTOPHE Roger, « Persoz Jean-François (1805-1868). Professeur de teinture, impression et apprêts des tissus », dans Claudine FONTANON et André GRELON (dir.), *Les Professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique*, CNAM, Paris, 1994, p. 389-398.

BERKOWITZ Héloïse, DUMEZ Hervé, « Le système Gribbeauval ou la question de la standardisation au XVIII^e siècle », *Annales des Mines, Gérer et comprendre*, n° 125, 2016, p. 41-50.

- BIREMBAUT Arthur, « L'École des mines et le corps des Mines sous l'Ancien Régime », dans René TATON (dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Hermann, Paris, 1964, p. 392-410.
- BOLTANSKI Luc, « Cadres et ingénieurs autodidactes », dans André THÉPOT (dir.), *L'ingénieur dans la société française*, Les Éditions ouvrières, Paris, 1985, p. 127-134.
- BOUSQUET-BRESSOLIER Catherine, « Étude et formation des ingénieurs sous Vauban », *Bulletin du Comité français de cartographie*, n° 195, 2008.
- CHAPOULIE Jean-Michel, *L'École d'État conquiert la France. Deux siècles de politique scolaire*, Presses universitaires de Rennes, Rennes, 2010 (Ch. XV : « Des conditions nouvelles pour une réforme (1944-1958) »).
- CHARTIER, Roger, « Un recrutement scolaire au XVIII^e siècle : l'École royale du Génie de Mézières », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, n° 20-3, 1973, p. 353-375.
- COMPÈRE Madeleine et JULIA Dominique, *Les Collèges français, XVI^e-XVIII^e siècle*, INRP et CNRS, Paris, 1988.
- COMPÈRE Madeleine et JULIA Dominique, « Les collèges sous l'Ancien Régime : présentation d'un instrument de travail », *Histoire de l'éducation*, n° 13, 1981, p. 1-27.
- DAINVILLE François de, « L'enseignement scientifique chez les jésuites », dans René TATON (dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Hermann, Paris, 1964, p. 27-65.
- DAY Charles R., *Les Écoles d'arts et métiers. L'enseignement technique en France, XIX^e-XX^e siècle*, Belin, Paris, 1991, p. 178-179.
- DELAUNAY Bernard, « Les livres d'ingénieurs au XVIII^e siècle : le cas emblématique de Bélidor », dans Dominique BRIQUET (dir.), *Écriture et transmission des savoirs de l'Antiquité à nos jours*, CTHS, Villeneuve d'Ascq, 2020.
- DESCOTTES Marc et ROBERT Jean-Louis (dir.), *Clefs pour une histoire du syndicalisme cadres*, Éditions ouvrières, Paris, 1984.
- FONTANON Claudine et GRELON André, « Le Conservatoire des arts et métiers, deux siècles d'histoire », *Les Professeurs du Conservatoire national des arts et métiers, dictionnaire biographique*, tome 1, INRP-Cnam, Paris, 1994, p. 24-59.
- FOX Robert, « Un enseignement pour une ère nouvelle : le Conservatoire des arts et métiers (1815-1830) », *Cahiers d'histoire du CNAM*, n° 1, 1994, p. 75-92.
- GARÇON Anne-Françoise, *Entre l'État et l'usine. L'École des Mines de Saint-Étienne au XIX^e siècle*, Presses universitaires de Rennes, Rennes, 2004.
- GRELON André (dir.), *Les Ingénieurs de la Crise. Titre et profession entre les deux guerres*, Éd. de l'École des hautes études en sciences sociales, Paris, 1986.
- GRELON André, « Les universités et la formation des ingénieurs en France (1870-1914) », *Formation-Emploi*, n° 27-28, juillet-décembre 1989, p. 65-88.

- GRELON André, « La naissance des instituts industriels catholiques : le rôle pionnier du nord de la France (1885-1914) », dans Marie Emmanuelle CHESSEL et Bruno DUMONS (dir.), *Catholicisme et Modernisation de la société française (1890-1960)*, *Cahiers du Centre Pierre Léon d'histoire économique et sociale*, n° 2, 2003, p. 87-114.
- GRELON André, « La question des besoins en ingénieurs de l'économie française. Essai de repérage historique », *Technologies, Idéologies, Pratiques*, vol. VI/4 et VII/1, 1987, p. 8-12.
- GRELON André, « Les origines et le développement des écoles d'électricité Breguet, Charliat, Sudria et Violet avant la Seconde Guerre mondiale », *Bulletin d'histoire de l'électricité*, « Profession : électricien », n° 11, 1988, p. 121-144
- GRELON André, « La formation des ingénieurs électriciens » et « La structuration du réseau de formation des ingénieurs électriciens », dans François CARON et Fabienne CARDOT (dir.), *Histoire de l'électricité en France. Tome premier, Espoirs et Conquêtes, 1881-1918*, Fayard, Paris, 1991, p. 254-293 et p. 802-848.
- GRELON André, « Les ingénieurs chimistes entre les deux guerres. Une analyse à partir d'une lecture de *L'Ingénieur chimiste* (1919-1939) », dans Gérard EMPTOZ, Danielle FAUQUE, Jacques BREYSSE (dir.), *Entre reconstruction et mutation, les industries de la chimie entre les deux guerres*, EDP Sciences, 2018, p. 59-136
- HUGOT-PIRON Nathalie, *Les « cadres âgés ». Histoire d'une catégorie de chômeurs*, Presses universitaires de Rennes, Rennes, 2014.
- JOLY Hervé, « L'ingénieur civil des mines polytechnicien ou les apparences du corpsard », dans Marco BERTILORENZI, Jean-Philippe PASSAQUI et Anne-Françoise GARÇON (dir.), *Entre technique et gestion. Une histoire des « ingénieurs civils des mines » (XIX^e-XX^e siècles)*, Presses des Mines, Paris, 2016, p. 87-97.
- LABOULAIS Isabelle, *La Maison des mines : la genèse révolutionnaire d'un corps d'ingénieurs civils (1794-1814)*, Presses universitaire de Rennes, Rennes, 2012.
- LEBEN Ulrich, *L'École royale gratuite de dessin de Paris (1767-1815). Entre arts libéraux et arts mécaniques*, Monelle-Hayot, Paris, 2004.
- MILLET Mathias, MOREAU Gilles, *La Société des diplômés*, La Dispute, Paris, 2011.
- NOGUÈS Boris, « Élèves ou auditeurs ? Le public des facultés de lettres et de sciences au XIX^e siècle (1808-1878) », *Histoire de l'éducation*, n° 120, 2008, p. 77-97
- PASSAQUI Jean-Philippe, *Les voyages forment l'ingénieur. Les houillères du Centre-Midi de la France (1851-1873)*, Classiques Garnier, Paris, 2015.
- PAUTET, Sébastien, « Les élèves de l'École du génie de Mézières et leurs territoires au XVIII^e siècle », *Encyclo. Revue de l'école doctorale ED 382*, Université Sorbonne Paris Cité, 2013, p. 81-99.
- PAUTET, Sébastien, « Produire une élite savante et technicienne à l'École du génie de Mézières : dispositions techniques et scientifiques des élèves ingénieurs », *Artefact. Techniques, histoire et sciences humaines*, n° 4, 2016, p. 119-133.

- PICON Antoine, *L'Invention de l'ingénieur moderne : l'École des Ponts et Chaussées, 1747-1851*, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris, 1992.
- PROST Antoine, *L'Enseignement en France (1800-1967)*, A. Colin, Paris, 1968.
- SAKAROVITCH Joël, *Épures d'architecture : de la coupe des pierres à la géométrie descriptive*, Birkhäuser Verlag, Basel, 1998.
- SERBOS Gaston, « L'École royale des ponts et chaussées », dans René TATON (dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Hermann, Paris, 1964, p. 345-363.
- TATON René, « L'École du Génie de Mézières », dans René TATON (dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Hermann, Paris, 1964, p. 559-615.
- TURION Cécile, *L'École des mines d'Alès, de 1841 à nos jours*, Phénix Éditions, Villiers-sur-Marne, 2002.
- VÉRIN Hélène, *La Gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du XVI^e au XVIII^e siècle*, Albin Michel, Paris, 1993, p. 217-220.
- VERMOT-GAUCHY Michel, « Perspectives 1955-1960 des besoins en ingénieurs », *Congrès national des ingénieurs français – Toulouse 13-16 avril 1961. Recueil des travaux*, Fournie, Toulouse, 1961.

L'auteur

André Grelon est directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS). Ses travaux portent sur les professions techniques, leurs modes de formation, leurs carrières, dans une perspective sociohistorique. Dernière publication : avec Emmanuelle Chessel et Nicolas de Bremond d'Ars, *L'Entreprise et l'Évangile. Une histoire des patrons chrétiens*, Paris, Presses de Sciences Po, 2018. Il codirige une collection d'histoire des techniques chez Classiques Garnier. Contact : andre.grelon@ens.fr