

Le travail des ingénieurs en entreprises

Formation, socialisation et activités des ingénieurs en perspective européenne de longue durée

Florent Le Bot et Alain P. Michel

Résumé

Peut-on dégager une typologie des ingénieurs en Europe occidentale selon leur parcours de formation, leur mode de socialisation et leur intégration dans les entreprises ? Cette interrogation entre en résonance avec la nouvelle question d'histoire contemporaine pour les concours d'enseignement : « Le travail en Europe occidentale des années 1830 aux années 1930. Mains-d'œuvre artisanales et industrielles, pratiques et questions sociales ». Dans cet article, nous relierons dans un premier temps ingénieurs et processus d'industrialisation. Puis nous corrélons la structuration des systèmes de formation aux configurations étatiques de l'ouest européen. Nous étudions ensuite les modalités de socialisation des ingénieurs et abordons les enjeux de la féminisation des mondes d'ingénieur. Enfin, nous nous intéressons aux ingénieurs en action et dans les entreprises. L'ingénieur est un personnage à facettes multiples. Son portrait et celui de son groupe, change au gré des transformations du paysage dans lequel il interagit. Nous nous efforçons d'en dégager de grandes caractéristiques.

Mots-clés

formation, industrialisation, innovation, socialisation, travail

” Florent Le Bot et Alain P. Michel, « Le travail des ingénieurs en entreprises. Formation, socialisation et activités des ingénieurs en perspective européenne de longue durée », *Artefact*, 13, 2020, p. 9-46.

Engineers at work in companies. Training, socialization and engineering activities in long-term European perspective

Abstract

10 — Engineers work. Who are they? How were they trained? What are they doing? For which companies and under what conditions? Can we identify a typology of engineers in Western Europe of the XIXth-XXth century? It is not easy to answer these interrogations which resonate with the new subject of contemporary history for teaching competitions in France: “Work in Western Europe from the 1830s to the 1930s. Hands craft and industrial work, practices and social issues”. This opening paper has been informed by this specific focus. First, we link the need for new engineers with the industrialization processes. Then we correlate the structuring of training systems with the specific state configurations. Next we study the ways of socialization of engineers and tackle the challenges of the feminization of the engineering profession. Finally, we study a few cases of engineers in action in the companies they work for. An engineer is a multifaceted character. His portrait and that of his group, changes according to the transformations of the landscape in which he interacts. We strive to bring out the major features of European engineers.

Keywords

firm, training, industrialization, innovation, engineers, socialization, labour

Les ingénieurs travaillent.

Qui sont-ils et comment ont-ils été formés ? Que font-ils et dans quelles conditions ? Pour quelles entreprises ? Quelles différences et quels points communs entre les pays de l'Europe occidentale ?

Il n'est pas aisé de répondre à ces questions tandis qu'elles entrent en résonance avec la nouvelle question d'histoire contemporaine pour les concours d'enseignement : « Le travail en Europe occidentale des années 1830 aux années 1930. Mains-d'œuvre artisanales et industrielles, pratiques et questions sociales ». Le présent dossier et son article d'ouverture ont été orientés par cette actualité. Jusque dans les années 1980, André Thépot note que, « au-delà des clichés et des jugements superficiels, les ingénieurs constituent une catégorie socio-professionnelle assez mal connue¹ ». Aux grands corps d'État de l'époque moderne s'ajoute au XIX^e siècle une nouvelle catégorie d'ingénieurs civils. Les premiers œuvrent au bon fonctionnement des équipements militaires ou fonctionnels de l'État. Les seconds répondent à de nouveaux besoins de l'économie en phases d'industrialisation : ils ont constamment dû adapter leurs actions aux bouleversements techniques du monde contemporain.

L'ingénieur est un personnage à facettes multiples. Son portrait change au gré des transformations du paysage dans lequel il interagit. L'arrière-plan est celui d'une fascination positiviste pour la technique susceptible de répondre à tous les problèmes et de pourvoir à l'ensemble des besoins de l'humanité : un imaginaire techniciste, tel que présenté et interrogé dans les travaux de François Jarrige par exemple². Les représentations culturelles sont une source parmi d'autres. L'historiographie en général, celle des techniques en particulier, les a mobilisées dans le contexte de ce que l'on a appelé le *cultural turn*³. Elle souligne la mixité de la culture technique des ingénieurs avec celles des autres groupes sociaux qu'ils côtoient dans un même milieu industriel : ouvriers, techniciens, contremaîtres, directeurs, entrepreneurs⁴. Cette position apparemment intermédiaire entre patronat et classe ouvrière n'aide pas à leur identification à mesure que leurs fonctions se diversifient et que leur nombre augmente.

1. Thépot, 1985, p. 9.

2. Jarrige, 2014.

3. Edgerton, 2013.

4. Kolboom, 1982 ; Moutet, 1984 ; Cohen, 1988 ; Schweitzer-Vandecasteele, 1990.

Ainsi, le lexique des représentations ne suffit pas à couvrir l'ensemble des activités concrètes et à rendre compte de la réalité du travail des ingénieurs, ni à suivre le processus de professionnalisation d'un groupe social hybride en transformation. À l'inverse, le fait de replacer des activités techniques dans leur contexte – politique, économique et social – n'en garantit pas seul l'historicité⁵. De ce fait, si l'émergence d'un nouveau groupe professionnel dans le monde du travail industriel est manifeste, son histoire reste compliquée à cerner. Comment rendre compte historiquement d'un groupe d'experts aux fonctions en cours de métamorphose ? Quelles perspectives choisir et quelles sources mobiliser ?

Au-delà de ce qui est dit, écrit et montré des ingénieurs, Liliane Hilaire-Pérez et ses collègues recommandent de confronter les sources disponibles aux traces des « épreuves du terrain », de replacer les ingénieurs dans le cadre des chantiers sur lesquels ils travaillent, là où ils affrontent des résistances et où ils doivent faire des compromis pour aboutir. Or, « selon les périodes et les lieux le processus de professionnalisation se traduit par une série de décalages⁶ ». Tout ne se passe pas de la même façon partout en Europe et, pour dépasser un vieux débat, cela ne se pose pas simplement en termes d'avance ou de retards.

L'objectif de ce dossier est donc de saisir les ingénieurs dans leurs pratiques, à travers les institutions qu'ils investissent et à partir des entreprises dans lesquelles ils exercent. C'est dans ce cadre qu'ils publient leurs réflexions, qu'ils produisent des archives et qu'ils laissent des traces de leurs activités. La nécessité d'un ajustement récurrent de leurs pratiques est au cœur des préoccupations des écoles qui les forment, des firmes qui les emploient et des réseaux qui les fédèrent. Les sources sont nombreuses parce que les ingénieurs écrivent (plus que les ouvriers), mais dans un cadre contraint et réservé du fait de leur position intermédiaire entre la direction et le reste de la main-d'œuvre. Quelle est la nature de ces archives ? Quelles publications ? Quelles images ? Quels lieux en ont gardé la mémoire ?

Après avoir remis en perspective les métamorphoses des ingénieurs au regard des transformations des processus productifs du XIX^e au XXI^e siècle en Europe (1), nous retravaillerons la question à travers la structuration des systèmes de formation (2), qui n'est pas sans relation et sans effet sur les

5. Garçon, 2012, p. 33.

6. Blond, Hilaire-Pérez et *al.*, 2020.

formes de socialisation des groupes d'ingénieurs (3) et les terrains de leur action en entreprises (4).

Ingénieurs et processus d'industrialisation

De l'habileté des ingénieurs face à la montée en complexité des économies européennes

Partout en Europe dans la longue durée, le monde des ingénieurs est transformé, le métier est métamorphosé, le groupe change de nature et se scinde. Demeure la distinction entre les ingénieurs d'État, qui continuent de répondre aux besoins d'une administration publique en expansion⁷, et les ingénieurs civils. Leurs domaines d'expertises oscillent autour des trois qualités fondamentales identifiées par Hélène Vérin⁸. Par leur *ingéniosité*, les ingénieurs sont des médiateurs rusés entre la science et les arts mécaniques. Par leur capacité à conduire des *engins* – d'abord machines de guerre puis outils et équipements de production –, ils sont les praticiens des activités de fabrication. Enfin, en tant que représentants du *génie* technique, les ingénieurs opèrent le lien entre conception, fonctionnement et optimisation de la production entreprise.

L'ingénieur « ingénieux » devient la figure centrale de l'entrepreneur-innovateur célébré au début du xx^e siècle par Schumpeter⁹. Jusqu'à la seconde moitié du xix^e siècle, l'innovation est majoritairement le fait d'inventeurs indépendants. En Angleterre, ils sont d'ailleurs rarement issus d'écoles d'ingénieurs ou d'universités. Ce sont des praticiens qui identifient des problèmes techniques, améliorent un dispositif et déposent des brevets qu'ils tentent de monétiser sur le marché de la propriété industrielle.

7. Même si les ingénieurs des Mines peuvent être en détachement auprès d'industriels pendant des années (Thépot, 1998). On voit également les ingénieurs des Poudres suivre la création de l'Office national de l'azote entre les deux guerres (Llopart, 2020). C'est dire que le monde des ingénieurs d'État n'est pas clos par rapport à l'économie industrielle. Voir aussi le rôle des ingénieurs des Mines dans le développement de l'industrie nucléaire française durant le second xx^e siècle.

8. Vérin, 1993.

9. Schumpeter, 1911 et 1926 ; Bordes et *al.*, 2011.

Dans le contexte de transition de la première à la seconde industrialisation, le management de l'innovation change progressivement de forme¹⁰. Dans un premier temps, quelques pionniers du secteur automobile, le plus souvent ingénieurs, s'appuient sur leur innovation pour fonder leur propre entreprise. Rapidement, le coût d'entrée dans l'activité industrielle à forte intensité capitalistique ne permet plus ce type d'opération. L'innovation devient le produit d'un travail collectif développé au sein d'un nombre croissant de laboratoires internes et de services de recherches et développements (R&D)¹¹. Les entreprises de pointe (aluminium, électricité, etc.) conçoivent leurs propres programmes de recherche et recrutent des ingénieurs, chimistes et physiciens appointés. Dans les secteurs moins concentrés (céramique, papeterie, tannerie, etc.), des laboratoires d'essais portés par les organisations patronales, soutenus par les pouvoirs publics et souvent adossés aux écoles spécialisées d'ingénieurs, se déploient en Allemagne, en Belgique, en Grande-Bretagne, en France, etc. durant le second XIX^e siècle¹². Mobilisant les ressources du laboratoire, l'ingénieur-chercheur devient un « travailleur salarié de l'innovation¹³ ». Il se démarque de l'ingénieur d'atelier qui demeure un homme du terrain et de la pratique.

14

Les ingénieurs en quête de reconnaissance durant l'entre-deux-guerres

Fort de cette dynamique, les ingénieurs européens engagent un autre défi : celui des méthodes d'organisation dites « scientifiques ». Si le modèle industriel américain de Frederick W. Taylor s'installe comme une référence, il n'est ni le seul, ni le meilleur, ni surtout celui qui s'adapte à toutes les situations¹⁴. Ainsi, à la suite des expériences de la Grande Guerre, Henri Fayol publie une série d'ouvrages sur l'administration de l'économie et des entreprises¹⁵. Les enjeux de la technique se déplacent vers les questions d'organisation de la production et du travail. La tendance de l'époque est celle d'une spécialisation des métiers d'ingénieurs, segmentation propice à

10. Lécuyer, 2015.

11. Fox et Guagnini, 1999.

12. Le Bot, en cours ; Brion, 1986, p. 258.

13. Boisard, Didry et *al.*, 2016.

14. Vatin, 1990.

15. Bertilorenzi et *al.* (dir.), 2019.

la sous-traitance des expertises demandées qui suscite le développement de cabinet de conseils¹⁶.

L'expertise offre un débouché pour des ingénieurs-consultants qui donnent leurs avis sur la marche des entreprises – souvent selon des modèles pré-conçus. Après la Première Guerre mondiale, dans l'orbite d'une Société des Nations (SDN) dont les principes fondateurs peinent à s'imposer, la création du Bureau International du travail (BIT) s'inscrit dans le cadre d'une volonté utopique d'organiser rationnellement le monde¹⁷. La première enquête lancée en 1924 par le BIT sur les travailleurs intellectuels est précisément consacrée à une vaste réflexion sur le rôle des ingénieurs, leurs conditions d'emploi, les modalités à mettre en œuvre pour faciliter leur libre circulation et leur installation dans des pays étrangers¹⁸. Les rapports révèlent une convergence des préoccupations en Europe concernant les conditions d'accès au titre d'ingénieur, en particulier pour les autodidactes, et déjà, derrière ces inquiétudes, pointe la crainte du chômage¹⁹.

Dans le sillage du BIT émerge un faisceau d'organismes déployant des expertises à la fois complémentaires et concurrentes, dans une période d'expérimentation de nouvelles formes d'organisation du travail, et tandis que se multiplient les ouvrages sur le thème de la « rationalisation²⁰ ». Ces institutions internationales affichent des visées communes qui masquent toutefois des visions différentes, voire antagonistes, du monde de la production et du travail. Leurs discours se déploient dans le cadre de controverses larvées, pris dans les tensions liées à la menace révolutionnaire soviétique, au défi industriel américain, à l'ancrage du fascisme italien et au danger d'une renaissance de la puissance allemande à travers le nazisme.

La crise des années 1930 déclenche partout en Europe un esprit corporatiste conduisant à des mesures législatives malthusiennes. Les moyens employés s'avèrent différents selon les États, mais ils visent partout un même but : restreindre l'accès, sinon à la profession, du moins au titre. Cela se fait précocement en Italie, à l'occasion de la loi Gentile (1923) ; en Angleterre, c'est l'octroi de la Charte pour les sociétés d'ingénieurs (1930) ;

16. Henry, 2012.

17. Lespinet-Moret, 2006 ; Cayet, 2010, p. 16.

18. BIT, 1924.

19. Grelon, 1986, p. 19-20 ; Hugot-Piron, 2014.

20. Moutet, 1997.

en France, c'est la loi du 10 août 1932 (mais le titre d'*ingénieur diplômé* n'est protégé qu'à l'occasion de celle du 10 juillet 1934) ; en Belgique, la loi du 11 septembre 1933 ; en Espagne, le décret du 14 mars 1933²¹. Partout des modalités législatives ou administratives entraînent un repli sur soi. Ainsi, des mesures sont prises qui limitent la possibilité pour les entreprises d'embaucher des ingénieurs autres que les nationaux.

La montée des cadres

Chemin faisant, le rôle de l'ingénieur glisse d'une fonction essentiellement technique à la gestion du « facteur humain ». Dans la période de croissance retrouvée et de tensions sociales des années 1890, les employeurs industriels exigent d'eux qu'ils soient aussi des chefs²². L'ingénieur ne se substitue pas aux contremaîtres. Il y a une modulation des conceptions du commandement et de l'autorité dans les domaines de l'armée, qui contamine à la fois la politique et l'usine. C'est l'époque du paternalisme réformateur de Frédéric Le Play, de la doctrine sociale de l'Église et de la définition du « rôle social de l'officier » par le maréchal Hubert Lyautey. Au tournant des XIX^e et XX^e siècles, plusieurs textes interrogent la place de l'ingénieur dans la société. Celui d'Émile Cheysson est un modèle de plaidoyer leplaysien en faveur de la paix sociale, visant à unir deux sociétés d'ingénieurs autour d'un même objectif « libéral » : celui d'éviter que l'État n'intervienne dans les affaires privées des entreprises. « On s'endort libéral et on se réveille étatiste²³. » Ce combat est repris trente-cinq ans plus tard par Georges Lamirand, chantre du « catholicisme social²⁴ », dans son ouvrage justement intitulé *Le rôle social de l'ingénieur*, avec une double préface de Lyautey et du directeur de l'École centrale²⁵. Les usines ont grandi, les ouvriers et les ouvrières sont de plus en plus nombreux à discipliner : les spécialistes des « engins » sont invités à devenir des cadres.

L'expertise organisationnelle des ingénieurs prend de la consistance avec ce que de nombreux observateurs qualifient à la fin des années 1930 de « révolution managériale » ou « d'ère des organisateurs²⁶ ». Les exemples

21. Grelon, 1986, p. 20-21.

22. Cohen, 2013, p. 168.

23. Cheysson, 1897.

24. Dumons et Le Bot, 2010.

25. Lamirand, 1932 ; Dard, 2011.

26. Burnham, 1941 ; Chandler, 1962.

soviétique et américain suggèrent une bureaucratisation des sociétés modernes, concrétisée par l'émergence d'une nouvelle classe sociale intermédiaire : les « directeurs²⁷ ». L'alliage se ferait ainsi entre bureaucratie et technocratie et marquerait la prééminence affectée à *l'intelligence* des cols blancs sur le *savoir-faire* des cols-bleus. La grande entreprise apparaît comme le lieu idéal de la mise en application des solutions supérieures, comme le secteur porteur car meilleur, et donc comme un modèle à appliquer par tous. Cela amène les défenseurs de cette nouvelle organisation des entreprises à confondre le dynamisme indéniable de certains secteurs de l'économie avec l'ensemble des forces à l'œuvre dans l'essor fulgurant des nouvelles nations de la seconde industrialisation, au risque d'occulter celles de la première.

Ainsi, c'est au moment où les ingénieurs voient leur titre reconnu qu'ils rencontrent la nouvelle catégorie des cadres (*executives*), à laquelle ils sont amenés à se mêler. Luc Boltanski a souligné le contraste entre la difficulté à fixer les critères objectifs de l'identité de ce groupe et le fort sentiment d'appartenance de ses membres à une même pratique de management²⁸. La Confédération générale des cadres (CGC) est fondée en octobre 1944. Elle représente un groupe en croissance d'environ 500 000 membres en 1950²⁹.

Tous ces changements dans les compétences attendues et requises ne se traduisent pas forcément dans les contenus des formations.

La structuration des systèmes de formation : des chemins de dépendance ?

Dans un vaste panorama historique, Antonio Dias de Figueiredo distingue trois modèles européens d'ingénierie déterminant trois types de statut social de l'ingénieur³⁰ : celui des ingénieurs français répondant aux besoins d'une bureaucratie centralisée, bénéficiant d'une formation de haut niveau

27. Rizzi, 1939.

28. Boltanski, 1982, p. 49.

29. Jacquin, 1955 ; Paillat, 1960.

30. Figueiredo et Cunha, 2007 ; Figueiredo, 2014.

et d'un statut social élevé³¹ ; le modèle de l'ingénierie civile britannique fondée sur un apprentissage progressif sur le terrain des activités industrielles en développement et organisé autour d'associations sectorielles d'ingénieurs qui en attendent une forme de reconnaissance ; enfin, le modèle de l'ingénierie pratique germanique (puis américaine) qui tente de combiner la recherche et l'enseignement au sein des universités elles-mêmes financées par des institutions externes³². La situation des ingénieurs européens s'avère en fait plus diversifiée selon les pays et souvent hybridant ces modèles³³.

La diversité des systèmes de formation corrélée aux configurations étatiques

Partout en Europe, l'État joue un rôle décisif dans l'élaboration des systèmes de formation des ingénieurs, enjeu pour les fonctions étatiques régaliennes et le développement national. La variété des situations politiques et de l'organisation administrative des pays européens est l'un des premiers facteurs d'explication de style nationaux d'ingénieurs. L'ingénieur moderne naît au milieu du XVIII^e siècle avec la création et l'essor des premières écoles destinées à former les ingénieurs militaires d'abord puis ceux des grands corps civils d'État, depuis l'École des ponts et chaussées (1747)³⁴ jusqu'à l'École des mines (1783). Ces dates correspondent moins à des créations qu'aux rassemblements d'institutions dispersées, à l'image de l'École centrale des travaux publics destinée à fournir les ingénieurs civils et militaires de l'État révolutionnaire : elle est rebaptisée « École polytechnique » en 1795 et recentrée sur les fonctions militaires sous l'Empire. Les contributions dans le dossier d'Alexandre Moatti et d'Hervé Joly soulignent que cette spécialisation n'a pas empêché les ingénieurs de l'X de mettre leurs compétences au service de l'essor industriel. De même, en Espagne, tandis que les deux dernières décennies du XIX^e siècle furent marquées par une forte

31. Weiss, 1982. Le point de vue de Figueiredo doit être nuancé car il ne considère en fait que les « grandes Écoles », soit une poignée d'établissements. Les Gadzarts qui ont obtenu le diplôme d'ingénieur (« brevet ») en 1907 et qui produisent beaucoup plus d'experts techniques ne disposent pas de ce statut social élevé. Il en est de même pour les ingénieurs issus des instituts techniques universitaires.

32. Locke, 1984.

33. Gouzévitch *et al.*, 2016-2017.

34. Picon, 1992.

croissance de l'activité entrepreneuriale, pour de nombreux ingénieurs de *Caminos* (équivalent espagnol des Ponts et Chaussées), le service de l'État fonctionna comme un tremplin pour les postes de dirigeants dans les entreprises municipales et privées en lien avec les travaux publics³⁵. Mais l'explosion des nouveaux besoins en ingénieurs civils ne pouvait plus dépendre de quelques détournements de hauts fonctionnaires (pantouffles)³⁶. C'est pour dépasser le monopole d'État qu'est fondée dès 1829 en France, l'École centrale des arts et manufactures de Paris (ECAM).

La formation des ingénieurs français est marquée par cette dichotomie (hiérarchie) entre ceux qui se destinent aux fonctions de l'État et ceux qui optent pour une carrière dans l'industrie. Cette même mutation de l'ingénieur d'État à l'ingénieur civil s'observe partout en Europe occidentale.

L'exemple de la Belgique est sur ce plan significatif. C'est durant la période napoléonienne que sont créés le corps des Ponts et Chaussées et le corps des Mines. À partir de 1835, l'École industrielle de Gand offre l'instruction nécessaire aux arts et manufactures, l'architecture civile et les ponts et chaussées, tandis que l'École des mines de Liège forme aux arts et manufactures et aux mines. Ces deux écoles sont annexées aux facultés des sciences de ces villes les plus industrialisées du pays. L'École royale militaire de Bruxelles forme également des ingénieurs. Parallèlement à ce réseau de formation des ingénieurs d'État, se met en place la formation des ingénieurs destinés à l'industrie dans deux écoles d'arts et manufactures (des mêmes villes de Gand et de Liège), ainsi qu'une École des mines à Mons avec l'appui des propriétaires de charbonnages. Durant la seconde moitié du siècle, d'autres institutions sont créées dans les domaines de l'agriculture, du commerce et de l'industrie. Mais jusqu'en 1888, seuls les ingénieurs diplômés de l'École industrielle de Gand ou de l'École des mines de Liège peuvent exercer au service de l'État. Cette chronologie du déploiement des formations d'ingénieurs se démarque du modèle initial français par les spécificités de l'histoire politique de la Belgique : l'ensemble du système d'enseignement en Belgique est dominé par la dualité linguistique et par l'opposition entre un réseau officiel d'écoles et un réseau catholique³⁷.

35. Martykánová, 2009.

36. Charle, 1987.

37. Baudet, 1991, p. 120 ; Brion, 1986, p. 255-256.

Les formations d'enseignement supérieur portent bien la marque de caractéristiques nationales³⁸. Ainsi, l'Italie de la fin du XIX^e siècle est confrontée à la question de son existence en tant qu'État unifié et a hérité des anciens États, d'une pléthore d'universités plus ou moins prestigieuses³⁹. L'Espagne, quant à elle, est influencée au XVIII^e siècle par la France dans la création d'écoles d'ingénieurs militaires et des grands corps civils. Elle ouvre des écoles d'ingénieurs industriels dans tout le pays durant le premier XIX^e siècle (beaucoup dans les années 1850-1855). Celles-ci sont toutefois contraintes de fermer avec la crise économique des années 1865-1867, à l'exception de celle de Barcelone. Le fait que, jusqu'à la fin du siècle, l'unique école industrielle du pays ait été installée, non à Madrid, mais à Barcelone, traduit une division fondamentale au sein du pays entre capitale politique et capitale économique, qui n'a pas été sans effet sur l'industrialisation déséquilibrée de l'Espagne⁴⁰.

De son côté, la stabilité administrative de l'Allemagne à la fin du XIX^e siècle et sa structure en *Länder* se traduisent par la mise en place d'un système d'instituts polytechniques fédéraux⁴¹. Une dichotomie s'opère dans les pays germaniques entre la voie universitaire (*Fachschulen*) et une filière des écoles d'ingénieurs (*Technischen Hochschulen*), elles-mêmes concurrentes. Cette distinction se retrouve en Belgique entre ingénieurs scientifiques et ingénieurs techniciens, en Espagne et en Italie entre ingénieurs et *peritos* ou *peritii*. Cela engage une compétition des écoles supérieures techniques en vue d'obtenir la reconnaissance de l'équivalence universitaire et l'établissement d'une science technique autonome.

Paradoxalement, c'est en Angleterre, pays autoproclamé de la « révolution industrielle », que la formation des ingénieurs semble avoir été la moins sophistiquée. Les industriels britanniques privilégient l'apprentissage et la formation pratique sur le tas, au détriment d'une formation longue dans des établissements spécifiques. Dès 1866, John Fowler, constructeur du premier métro de Londres, se plaint du manque d'instruction des ingénieurs britanniques et proclame la « supériorité » des systèmes d'enseignements français et germanique⁴².

38. Grelon, 1986, p. 20.

39. Lacaïta, 1986.

40. Lusa Monforte, 2004 et 2006.

41. König, 2016-2017 ; Stück, 1986.

42. Albu, 1980, p. 67.