

LES RAPPORTS ENTRE SCIENCES ET TECHNIQUES DANS L'ORGANISATION DU SAVOIR

MILIEU XVIII^e-MILIEU XIX^e SIÈCLE

Antoine PICON

RÉSUMÉ : *La question des rapports entre sciences et techniques commence à se poser de manière nouvelle à partir de la seconde moitié du XVIII^e siècle. En même temps que se précisent des possibilités inédites d'application des sciences aux techniques, les élites éclairées, encyclopédistes, ingénieurs, Idéologues, réfléchissent à la place que doivent occuper les savoirs techniques au sein de l'organisation générale des connaissances. La réflexion s'approfondit au cours des premières décennies du XIX^e siècle. Certains caressent le projet d'une science des techniques, d'une « technologie », qui permettrait d'ordonner la masse des savoirs et des savoir-faire. D'autres se contentent de grouper les techniques en fonction de leurs applications. Ce qui se fait jour en définitive au travers de ces différentes tentatives, c'est le statut moderne d'une technique omniprésente en même temps qu'elle échappe à toute mise en ordre globale.*

INTRODUCTION

« L'utile circonscrit tout. Ce sera l'utile qui dans quelques siècles donnera des bornes à la physique expérimentale, comme il est sur le point d'en donner à la géométrie »¹. Tirée des *Pensées sur l'interprétation de la nature* de 1754, cette déclaration de Diderot est loin d'épuiser la richesse de ses conceptions touchant aux rapports entre la connaissance scientifique et la sphère de l'utile, en d'autres termes entre les sciences et les techniques. Elle indique en tout cas que la question posée par ces rapports est à l'ordre du jour dès les années 1750. En témoigne également la place accordée par l'*Encyclopédie* à la description des arts et métiers à côté d'articles consacrés aux mathématiques, à la mécanique ou à l'hydraulique.

1. Denis DIDEROT, *Pensées sur l'interprétation de la nature*, 1754, Paris, Vrin, 1983, p. 23.

Semblable question va prendre une importance grandissante au cours de la seconde moitié du XVIII^e siècle. Aux interrogations des philosophes et des savants vont s'adjoindre les réflexions des ingénieurs qui présentent l'imminence d'un bouleversement des cadres traditionnels de leur pratique. Cette pratique accorde en attendant peu de place aux résultats scientifiques les plus récents, aux progrès du calcul infinitésimal notamment, même si elle se réclame avec insistance du « flambeau des mathématiques » dont la lumière doit faire progresser les arts². La situation va changer toutefois sous la Révolution qui coïncide avec l'apparition d'une exigence d'articulation entre connaissances scientifiques et techniques beaucoup plus prononcée que ce que l'on avait connu jusque-là. Dans certains milieux d'ingénieurs, leur articulation se recherche en référence à la pensée philosophique dominante, l'Idéologie, qui inspire par exemple les écrits d'un Gaspard Riche de Prony. Plus généralement, la création d'une institution comme l'École polytechnique doit être replacée dans le cadre de l'optimisme qui caractérise les années révolutionnaires concernant la possibilité d'enchaîner sciences et techniques sans rupture.

En retrait d'un tel optimisme, les ingénieurs de la première moitié du XIX^e siècle vont être progressivement amenés à rechercher de nouvelles relations entre sciences et techniques, relations fondées cette fois sur la reconnaissance de l'autonomie de la sphère des procédés et des filières techniques qu'il s'avère impossible de subordonner entièrement aux données fournies par la mécanique, l'hydraulique, la résistance des matériaux ou la thermodynamique, en dépit de leur développement accéléré. C'est à la constitution d'une « technologie » de l'ingénieur qu'aspirent alors la plupart de ceux qui réfléchissent aux rapports entre sciences et techniques. Le projet d'une technologie générale permettant de classer l'ensemble des savoirs utiles aux ingénieurs émerge toutefois au moment où la sphère des procédés et des filières de production connaît une expansion sans précédent avec les débuts de la Révolution industrielle. Cette expansion va vouer à l'échec les tentatives d'organisation unitaire de la connaissance technique. Au lieu d'une technologie de l'ingénieur vont se faire jour des « génies » plus spécialisés, génie civil tout d'abord, bientôt suivis par des génies mécanique, chimique puis électrique. Cependant, l'impossibilité de constituer une technologie générale permettant de rendre compte de la totalité des relations qui unissent les différents secteurs de l'activité technique va hanter longtemps encore les ingénieurs.

Des années 1750 au milieu du XIX^e siècle, les rapports entre sciences et techniques et les problèmes d'organisation du savoir qu'ils induisent

2. Nicolas AUBRY, *Mémoire sur différentes questions de la science des constructions publiques et économiques*, Lyon, Dombry, 1790, p. ij.

enregistrent une série de transformations sur lesquelles nous voudrions nous étendre plus en détail à présent. Outre son intérêt historique, cette évolution et l'échec relatif sur lequel elle débouche permet d'éclairer le statut paradoxal de la technique dans nos sociétés contemporaines, une technique tout à la fois omniprésente et difficilement pensable dans sa globalité, une technique qui fait appel à des savoirs de plus en plus nombreux et sophistiqués sans que leur dispositif d'ensemble se laisse aisément décrire.

LA PLACE DES TECHNIQUES DANS L'ENCYCLOPÉDIE

Les techniques occupent une place importante dans l'*Encyclopédie* qui reflète en cela l'intérêt de Diderot pour les arts et métiers. Ces derniers se parent à ses yeux d'une dignité équivalente à celle des sciences et des beaux-arts. « Le poète, le philosophe, l'orateur, le ministre, le guerrier, le héros, seraient tout nus, et manqueraient de pain sans cet artisan l'objet de son mépris cruel »³, peut-on lire par exemple dans l'article « Métier » qui veut réhabiliter l'activité des ateliers et des manufactures. La place des arts mécaniques dans l'édifice de la connaissance n'en est pas pour autant simple à déterminer. Les techniques constituent en effet un univers foisonnant de gestes, d'opérations et de processus, ainsi que le souligne l'article « Encyclopédie », un univers dont la complexité possède quelque chose de décourageant pour qui entreprend de le décrire.

« Quelle diversité ne s'introduit pas tous les jours dans la langue des arts, dans les machines et dans les manœuvres ? Qu'un homme consume une partie de sa vie à la description des arts ; que dégouté de cet ouvrage fatigant, il se laisse entraîner à des occupations plus amusantes et moins utiles, et que son premier ouvrage demeure renfermé dans ses porte-feuilles : il ne s'écoulera pas vingt ans, qu'à la place de choses nouvelles et curieuses, piquantes par leur singularité, intéressantes par leurs usages, par le goût dominant, par une importance momentanée, il ne retrouvera que des notions incorrectes, des manœuvres surannées, des machines imparfaites ou abandonnées. Dans les nombreux volumes qu'il aura composés, il n'y aura pas une page qu'il ne faille retoucher ; et dans la multitude des planches qu'il aura fait graver,

3. *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, par M. DIDEROT et M. D'ALEMBERT, Paris, Briasson, 1751-1772, t. X, « Métier », p. 463. Sur la réhabilitation des arts et métiers menée par les encyclopédistes, lire par ex. Georges FRIEDMANN, « L'*Encyclopédie* et le travail humain », *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations*, 8^e année, 1, 1953, p. 53-61.

presque pas une figure qu'il ne faille redessiner. Ce sont des portraits dont les originaux ne subsistent plus. Le luxe, ce père des arts, est comme le Saturne de la fable, qui se plaisait à détruire ses enfants »⁴.

Organiser le corpus des connaissances techniques est loin d'être évident dans ces conditions. Si leur utilité ne fait aucun doute pour Diderot et ses collaborateurs, leur structure d'ensemble se révèle difficilement appréhendable. Puisque le projet encyclopédique implique toutefois l'établissement d'un arbre généalogique rassemblant sous un même point de vue la totalité des connaissances humaines, les arts et métiers vont se retrouver classés en fonction du type de matériau travaillé : or et argent, pierres fines et précieuses, fer, verre, peaux, pierre, plâtre et ardoise, soie, laine, etc.⁵. En se référant aux productions immuables de la nature, une telle classification permet de stabiliser quelque peu le tableau mouvant des dispositifs et des procédés techniques. Mais son caractère intellectuellement peu satisfaisant — elle conduit par exemple à regrouper sous une même rubrique les compétences, pourtant très différentes, du vitrier et de l'opticien qui taille des lentilles — est révélateur des ambiguïtés qui s'attachent au statut des savoirs techniques. Diderot a beau affirmer qu'il n'y a pas de différence essentielle entre les sciences et les arts, que les unes privilégient simplement la contemplation des objets tandis que les autres se proposent de les exécuter⁶, les liens entre ces deux ordres de connaissances demeurent précaires. On retrouve les mêmes ambiguïtés du côté des ingénieurs, on va le voir, en dépit de leur référence constante aux sciences physico-mathématiques qui fondent selon eux leur démarche.

SCIENCES ET TECHNIQUES DANS LA PENSÉE DES INGÉNIEURS DES LUMIÈRES

Pour les ingénieurs des Lumières, les sciences constituent sans aucun doute possible l'assise conceptuelle de leur art. La géométrie et la mécanique ne permettent-elles pas de déterminer la forme des ouvrages et de les dimensionner de manière à ce qu'ils soient durablement résistants ?

4. Cf. article « Encyclopédie », in *Encyclopédie, op. cit. supra* n. 3, t. I, p. 636. Bien qu'il soit avant tout destiné à souligner les lenteurs apportées par Réaumur à la *Description des arts et métiers* de l'Académie des sciences, un tel passage est révélateur des difficultés éprouvées par Diderot et ses collaborateurs dans leur propre entreprise de description des techniques.

5. *Ibid.*, t. I, « Système figuré des connaissances humaines ».

6. *Ibid.*, t. I, « Art », p. 714.

Aux yeux des constructeurs de fortifications, de ponts, de routes ou de canaux, l'organisation des connaissances techniques affecte la forme d'une pyramide au sommet de laquelle figurent les principes physico-mathématiques les plus généraux tandis que sa base est constituée des mille et un détails d'exécution qui les occupent quotidiennement. Les traités d'un Bélidor, sa *Science des ingénieurs* de 1729 et son *Architecture hydraulique* parue pour la première fois en 1737-1739, reflètent cette structure pyramidale. Ils commencent par l'exposé des théorèmes de géométrie et des résultats mécaniques qui en dépendent, avant d'envisager les différents types d'ouvrages qui peuvent être confiés aux ingénieurs. À y regarder de plus près, cependant, les rapports entre sciences et art de l'ingénieur sont moins étroits qu'il pourrait y paraître. Ils ne vont guère au-delà de la revendication vitruvienne d'un lien entre mathématiques et édification⁷. Comme l'architecte, l'ingénieur doit connaître l'arithmétique et surtout la géométrie. Les compétences de l'architecte et de l'ingénieur sont d'ailleurs encore assez peu différentes, comme en témoigne l'édition de 1755 du *Dictionnaire* de Daviler dans laquelle l'art de l'ingénieur ne constitue qu'une division de la discipline architecturale⁸.

Profondément marqués par la tradition vitruvienne, les ingénieurs sont à la fois empreints d'un grand respect pour les sciences et méfiants quant à leurs possibilités d'application directe. Les rapports entre théorie et pratique, sciences et procédures de dimensionnement effectivement en usage, ne sont jamais prescriptifs ; ils relèvent plutôt d'une sorte de négociation où se révèle toute l'habileté de l'homme de l'art. Lorsqu'il se réfère, par exemple, aux travaux de La Hire sur la stabilité des voûtes en maçonnerie, un Perronet modifie arbitrairement certains paramètres ; il en adapte d'autres à ce qu'il juge être conforme aux enseignements de l'expérience, de manière à dimensionner les ponts qu'il est chargé de construire⁹. Concrètement, les ingénieurs font la plupart du temps usage de « maximes » et de proportions très voisines de celles qu'emploient les

7. Dans son *De architectura*, Vitruve recommandait à l'architecte une connaissance approfondie des mathématiques. La tradition vitruvienne reprendra son conseil en faisant des mathématiques, de la géométrie en particulier, l'une des composantes essentielles de la théorie architecturale. Cf., sur ce point, Alberto PÉREZ-GÓMEZ, *Architecture and the Crisis of Modern Science*, Cambridge, Mass., M.I.T. Press, 1983 et Antoine PICON, *Architectes et ingénieurs au siècle des Lumières*, Marseille, Parenthèses, 1988.

8. Augustin Charles DAVILER, *Dictionnaire des termes de l'architecture civile et hydraulique et des arts qui en dépendent*, 1691, Paris, C.-A. Jombert, 1755, « Système figuré de l'architecture ». L'art de l'ingénieur est tout entier contenu sous la rubrique « architecture hydraulique ».

9. Jean-Rodolphe PERRONET, *Description des projets et de la construction des ponts de Neuilli, de Mantes, d'Orléans, de Louis XVI, etc. ; du projet du canal de Bourgogne [...] et de celui de la conduite des eaux de l'Yvette et de Bièvre à Paris*, Paris, 1782-1783, rééd. Paris, Didot fils aîné, Jombert jeune, 1788.

architectes. Leur science est ainsi très en retrait de celle qui s'élabore au sein des académies. La plupart ignorent jusqu'aux rudiments du calcul infinitésimal. La géométrie règne en maître sur un art dont le caractère empirique constitue la principale vertu.

Quelques indices de renouveau se font néanmoins jour au sein de ce contexte intellectuel encore très classique. En même temps qu'ils se réfèrent à des « maximes » et à des proportions, les ingénieurs des Lumières ressentent la nécessité de nouveaux outils physico-mathématiques qui leur permettraient d'appréhender de manière plus fine la réalité, d'en modéliser les dynamiques et les flux devant lesquels la géométrie se révèle impuissante¹⁰. La création d'établissements d'enseignement spécialisés destinés aux ingénieurs joue un rôle dans cette prise de conscience des limites de la tradition. Au concours d'entrée de l'École du génie de Mézières, fondée en 1748, on réclame par exemple des candidats une connaissance assez poussée du calcul infinitésimal et de son application à la mécanique¹¹. La scolarité ultérieure des futurs ingénieurs des fortifications demeure toutefois centrée sur la pratique du projet¹². Une importante distance sépare encore l'art de l'ingénieur des développements scientifiques les plus récents.

Créée quant à elle en 1747 et placée sous la direction de Perronet, l'École des ponts et chaussées est encore moins scientifique puisqu'il n'y a ni concours d'entrée ni cours magistraux¹³. Sous la conduite de Perronet, les élèves s'initient en revanche aux projets de routes et d'ouvrages d'art avec un réalisme tout à fait remarquable. À l'École des ponts, le renouveau qu'escomptent à terme les ingénieurs se révèle d'une autre manière, par l'exploration systématique des apories de la tradition constructive. À défaut de disposer de nouveaux outils de dimensionnement, les élèves conçoivent des projets dont la hardiesse s'écarte des canons en vigueur. Et puisqu'il faut bien tenter de rationaliser l'univers technologique qui les entoure, on leur apprend à décrire minutieusement

10. Antoine PICON, *L'Invention de l'ingénieur moderne. L'École des ponts et chaussées, 1747-1851*, thèse de doctorat de l'École des hautes études en sciences sociales, Paris, 1991.

11. Sur l'École du génie de Mézières, lire René TATON, « L'École Royale du Génie de Mézières », in *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris, Hermann, 1964, p. 559-615 et Roger CHARTIER, « Un recrutement scolaire au XVIII^e siècle. L'École Royale du Génie de Mézières », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, t. XX, 1973, p. 353-375.

12. Cf. Bruno BELHOSTE, Antoine PICON, Joël SAKAROVITCH, « Les exercices dans les écoles d'ingénieurs sous l'Ancien Régime et la Révolution », *Histoire de l'éducation*, 46, p. 1990, p. 53-109.

13. Sur l'École des ponts et chaussées du XVIII^e siècle, lire Ferdinand de DARTEIN, « Notice sur le régime de l'ancienne École des ponts et chaussées et sur sa transformation à partir de la Révolution », *Annales des ponts et chaussées*, 2^e trim. 1906, p. 5-143 et A. PICON, *op. cit.* *supra* n. 10.

les objets, les opérations et les processus auxquels ils ont affaire, à les décomposer en parties d'ouvrages et en séquences élémentaires, avant de les recomposer dans la perspective d'une plus grande efficacité. Semblable démarche fait songer à la définition très générale de la méthode analytique que donne Condillac dans son *Cours d'études de 1775* : « L'analyse est [...] la décomposition entière d'un objet, et la distribution des parties dans l'ordre où la génération devient facile »¹⁴. Au lieu de s'appliquer uniquement aux idées comme chez Condillac, ce type de « décomposition entière » suivie d'un réarrangement ne serait-il pas susceptible de donner naissance à un cadre conceptuel inédit, un cadre dans lequel viendraient tout naturellement prendre place les nouveaux outils physico-mathématiques dont les ingénieurs pressentent, le plus souvent confusément, la venue ? Cet espoir va être nourri par certains ingénieurs au cours des années révolutionnaires.

RÉVOLUTION ET IDÉAL ANALYTIQUE

La Révolution est marquée, on le sait, par une intense réflexion sur l'enseignement, réflexion qui se traduit par une multiplication de projets et de mesures d'ordre législatif et réglementaire. La formation technique, celle des ingénieurs en particulier, n'échappe pas à ce mouvement¹⁵. Chacun s'accorde à reconnaître ses insuffisances et ses défauts. Deux objectifs s'imposent à ceux qui tendent d'y remédier.

Même si la plupart des anciennes écoles d'ingénieurs recevaient des candidats ayant effectué des études au collège, leurs liens avec l'enseignement secondaire étaient des plus lâches. Une telle situation semble particulièrement critiquable au moment où tente de se mettre en place un système national d'instruction conçu sous la forme d'une pyramide d'institutions menant du primaire au supérieur. Mieux articuler la formation dispensée à l'ensemble de la nation et celle que reçoivent ses techniciens les plus éminents doit permettre de lutter contre les méfaits de l'esprit de corps, contre les préjugés qui en découlent et que les élites révolutionnaires reprochent aux ingénieurs du génie ou des ponts et

14. Étienne BONNOT de CONDILLAC, « Cours d'études pour le prince de Parme », « V. De l'art de penser », in *Œuvres philosophiques de Condillac*, Paris, Presses universitaires de France, 1947-1951, t. I, p. 769, cité par Gilles-Gaston GRANGER, *La Mathématique sociale du marquis de Condorcet*, Paris, 1956, rééd. Paris, O. Jacob, 1989, p. 39.

15. Cf., par ex., Antoine LÉON, *La Révolution française et l'éducation technique*, Paris, Société des études robespierristes, 1968.

chaussées. Leur scolarité doit être en outre rendue plus efficace et si possible plus courte que sous l'Ancien Régime. Dans un établissement comme l'École des ponts, les élèves séjournaient de cinq à sept ans en moyenne; une telle durée n'est plus de mise au moment où la guerre accroît considérablement les besoins en ingénieurs.

Ces deux ordres de préoccupations convergent vers la recherche d'une meilleure articulation entre sciences et techniques. Articuler sciences et techniques, déterminer la nature exacte de leurs relations, exploiter au mieux ces relations, c'est assigner aux arts leur juste place au sein du programme général des connaissances qu'une nation doit cultiver. Articuler sciences et techniques doit aussi permettre de faire l'économie des longues années d'apprentissage que comprenait la formation d'ingénieur par suite de ses insuffisances théoriques. Cette double ambition est à l'origine du projet d'École centrale des travaux publics conçu par Monge et ses collaborateurs immédiats¹⁶. L'École centrale des travaux publics de 1794, qui prendra le nom d'École polytechnique l'année suivante, est le premier établissement à s'organiser autour de la question des applications des sciences aux techniques. Les *Programmes de l'enseignement polytechnique de l'École centrale des travaux publics* publiés en pluviôse an III (janvier-février 1795) ainsi que les *Développemens sur l'enseignement adopté pour l'École centrale des travaux publics* du 21 ventôse suivant (11 mars 1795) sont à cet égard tout à fait éclairants¹⁷. La division entre mathématiques et physique à laquelle ces deux textes font appel, puis, à l'intérieur des mathématiques, la distinction entre l'analyse et la description des objets à laquelle ils procèdent, relèvent à la fois de considérations scientifiques et d'une classification des problèmes auxquels se trouvent confrontés les ingénieurs lorsqu'ils conçoivent des ouvrages. Maîtriser au moyen des mathématiques, du calcul analytique et de la géométrie descriptive, les formes et les mouvements, connaître les propriétés intimes des corps qu'enseigne la physique, constituent autant d'impératifs à la fois théoriques et pratiques. À la division entre préceptes généraux de la mécanique et objets concrets de l'art de l'ingénieur dont se contentait un Bélidor succède une partition plus subtile des connais-

16. Parmi les travaux récents consacrés à la genèse de l'École polytechnique, on pourra consulter, par ex., Janis LANGINS, *The École polytechnique (1794-1804) from Encyclopaedic School to Military Institution*, dact., thèse de doctorat de l'Université de Toronto, Toronto, 1979, B. BELHOSTE, « Les origines de l'École polytechnique. Des anciennes écoles d'ingénieurs à l'École centrale des travaux publics », *Histoire de l'éducation*, 42, 1989, p. 13-53 et J. LANGINS, « La préhistoire de l'École polytechnique », *Revue d'histoire des sciences*, t. XLIV, 1, 1991, p. 61-89.

17. On trouvera une reproduction partielle de ces deux textes in J. LANGINS, *La République avait besoin de savants : les débuts de l'École polytechnique, l'École centrale des travaux publics et les cours révolutionnaires de l'an III*, Paris, Belin, 1987, p. 126-198, 227-269.

sances, une partition censée permettre une meilleure imbrication des sciences et des techniques.

Qualifié d'« encyclopédique » par l'historien des sciences Janis Langins dans la mesure où il est porteur d'une organisation implicite du savoir¹⁸, le programme de l'École centrale des travaux publics ne pose pas de problème particulier aux yeux de Monge qui tend à se désintéresser du cadre philosophique susceptible de justifier une telle organisation. Cette indifférence est loin d'être partagée par certains ingénieurs, plus sensibles peut-être que le savant aux ambiguïtés que laissent subsister les textes fondateurs de l'établissement. Parmi ceux-ci, une mention spéciale doit être faite de Gaspard Riche de Prony, ingénieur des ponts et chaussées et directeur du cadastre, qui devient professeur à l'École polytechnique en 1795 puis directeur de l'École des ponts et chaussées à partir de 1798¹⁹. Antérieurement au projet d'École centrale des travaux publics, Prony réfléchit aux transformations qu'il convient d'apporter à la formation dispensée aux ingénieurs. Influencé par l'Idéologie, il rédige au début des années 1790 des *Réflexions sur l'organisation d'une académie qui auroit pour objet la perfection et l'enseignement de la construction* dans lesquelles s'esquisse une conception très globale des liens qui doivent s'établir entre les principes qui régissent l'acquisition des connaissances et permettent de rendre compte de leurs filiations réciproques et le programme d'étude des futurs ingénieurs. Comme les Idéologues héritiers de Locke et Condillac, Prony voit dans les sensations l'origine des sciences et des arts. Plus précisément, sciences et arts ne sont jamais que des « combinaisons d'idées et de signes », combinaisons dont l'Idéologie a pour ambition d'étudier les mécanismes en analysant le développement des idées et leurs enchaînements depuis la sensation élémentaire vierge de tout jugement jusqu'aux propositions les plus complexes. Une telle étude offre également le tableau des progrès de l'esprit humain qui s'est progressivement élevé des notions communes aux abstractions. L'enseignement consiste à faire parcourir aux élèves cet itinéraire en accéléré, en le débarrassant des errements du processus historique réel²⁰.

18. J. LANGINS, *The École polytechnique*, op. cit. supra n. 16.

19. Sur la vie et l'œuvre de Prony, lire Yves CHICOTEAU, Antoine PICON, Catherine ROCHANT, « Gaspard Riche de Prony ou le génie " appliqué " », *Culture technique*, 12, 1984, p. 171-183, et surtout Margaret BRADLEY, *Prony the Bridge-BUILDER*, thèse de doctorat de l'Institut polytechnique de Coventry, Coventry, 1984.

20. Cf. Gaspard RICHE de PRONY, *Réflexions sur l'organisation d'une académie qui auroit pour objet la perfection et l'enseignement de la construction*, E.N.P.C., Ms 1056 : en effet, selon lui, « un traité d'une science n'est à proprement parler qu'un tableau raisonné ou une histoire philosophique de telle ou telle partie de l'esprit humain, dans laquelle on resserre par l'espace des générations ou des séries de raisonnements dès longtemps recueillis, en suivant l'ordre qu'exige leur enchaînement et leur filiation réciproque, supprimant les opéra-

Classification des connaissances en fonction de leurs filiations et formation des ingénieurs ont du même coup partie liée. Mais l'analyse des idées, cette « méthode de l'esprit humain »²¹ chère aux Idéologues a surtout le mérite de réduire les sciences et les arts à une même origine en justifiant ainsi les tentatives faites pour les rapprocher. Elle fournit, en outre, un même cadre théorique au calcul infinitésimal et à la démarche de décomposition/recomposition rationnelle dont se contentent encore la plupart des techniciens. Tel est bien son intérêt premier aux yeux d'un ingénieur comme Prony qui pressent probablement la difficulté que constitue la présence au sein d'un même programme d'enseignement de matières scientifiques abstraites et de disciplines concrètes comme l'architecture hydraulique.

En tant que professeur d'analyse et de mécanique à l'École centrale des travaux publics, Prony cherche à surmonter cette difficulté en se référant à la méthode analytique dès ses premières leçons. Le *Journal* de l'École nous apprend ainsi qu'il a commencé son cours en traçant « une esquisse philosophique de l'histoire de l'esprit humain dans les sciences physico-mathématiques » et en s'attachant « à développer la génération naturelle des idées fondamentales de la mécanique »²². On retrouve les mêmes orientations dans sa *Mécanique philosophique* de l'an VIII dans laquelle il fait dériver les concepts fondamentaux de la science de « la métaphysique ou Idéologie, qui elle-même les a déduits des premiers produits du sentiment »²³.

Grâce au cadre méthodologique fourni par l'Idéologie, les rapports entre sciences et techniques sont censés relever d'une gradation continue de l'abstrait au concret. Appelé à réformer l'ancienne École des ponts et chaussées à partir de 1798, l'ingénieur se situe dans la même perspective. Aux termes de la loi du 30 vendémiaire an IV (22 octobre 1795), l'établissement fondé par Perronet ne reçoit plus comme auparavant des jeunes gens instruits des seuls rudiments de l'arithmétique et de la géométrie, mais des polytechniciens ayant déjà effectué deux ans de scolarité au cours desquelles ils se sont initiés au calcul infinitésimal, à la méca-

tions fausses et réduisant les vraies à un degré de simplicité que le plus souvent les auteurs n'ont pas connu ».

21. Joseph GARAT, *Séances des Écoles normales recueillies par des sténographes et revues par les professeurs*, Paris, t. I, p. 148. Sur les conceptions des Idéologues, cf. Sergio MORAVIA, *Il Pensiero degli Idéologues Scienza e filosofia in Francia (1780-1815)*, Florence, La nuova Italia, 1974 et ID., *Il Tramonto dell'Illuminismo filosofia e politica nella società francese (1770-1810)*, Bari/Rome, Laterza, 1986.

22. G. RICHE de PRONY, « Cours d'analyse appliquée à la mécanique », *Journal Polytechnique ou bulletin du travail fait à l'École centrale des travaux publics*, cahier 1, Paris, Impr. de la République, an III, p. 92-119, en part. p. 92.

23. ID., *Mécanique philosophique ou analyse raisonnée des diverses parties de la science de l'équilibre et du mouvement*, Paris, Impr. de la République, an VIII, p. 3.

nique, à la géométrie descriptive et à bien d'autres sciences encore. Quelle formation complémentaire leur délivrer afin de tenir compte de leurs acquis ? Recherchant toujours une gradation aussi complète que possible entre théorie et pratique, Prony décide de créer trois cours, un de mécanique appliquée, un de stéréotomie appliquée aux arts du dessin, de la coupe des pierres et des bois et de la charpente, un enfin de construction²⁴. Conçus dans le droit fil de l'enseignement de Polytechnique, ces cours partent des principes scientifiques généraux pour s'impliquer graduellement dans les détails propres à l'exercice du métier d'ingénieur des ponts et chaussées. La science et l'art de l'ingénieur s'organisent toujours de manière pyramidale, mais leur mise en cohérence ne s'opère plus désormais à l'intérieur du cadre vitruvien.

Au cours des années révolutionnaires, Prony n'est pas le seul ingénieur à s'intéresser à l'Idéologie et aux potentialités d'articulation entre théorie et pratique qu'elle recèle. Dans la lignée du *Rapport et projet de décret sur l'organisation générale de l'instruction publique*, son collègue des ponts et chaussées Joseph Dutens publie en l'an VII un mémoire sur « les moyens de nationaliser l'instruction » fondé lui aussi sur l'analyse des idées et l'étude de leurs filiations. Répondant au concours lancé par l'Institut sur l'influence des signes sur la formation des idées, l'ingénieur constructeur de la Marine Lancelin fera paraître l'année suivante une *Introduction à l'analyse des sciences* d'inspiration tout aussi idéologique²⁵.

Ces quelques exemples sont révélateurs d'une volonté assez générale de fondement des sciences et des arts sur des bases plus satisfaisantes que celles qu'on leur avait assignées jusque-là, en faisant appel à la philosophie sensualiste de Condillac et de ses successeurs et à la méthode analytique qui en découle. Cette volonté s'exprime également chez des architectes comme Le Camus de Mézières, Ledoux et surtout Boullée dont l'*Essai sur l'art* tente de mettre en correspondance directe le registre des sensations et celui des formes élémentaires que l'architecture a pour tâche de combiner²⁶. Grâce à cette mise en correspondance, la discipline architecturale doit elle aussi trouver sa juste place au sein du système général

24. ID., *Plan d'instruction des élèves de l'École nationale des ponts et chaussées pour l'an 7*, Paris, an VII.

25. JOSEPH DUTENS, *Des moyens de nationaliser l'instruction*, Evreux, Impr. A. Lanoe, an VIII ; P.-F. LANCELIN, *Introduction à l'analyse des sciences, ou de la génération, des fondemens, et des instrumens de nos connaissances*, Paris, Impr. de Bossange, Masson, Besson, 1801.

26. NICOLAS LE CAMUS DE MÉZIÈRES, *Le Guide de ceux qui veulent bâtir*, Paris, 1781, rééd. Paris, l'auteur, B. Morin, 1786 ; CLAUDE NICOLAS LEDOUX, *L'Architecture considérée sous le rapport de l'art, des mœurs et de la législation*, Paris, l'auteur, 1804 ; ÉTIENNE-LOUIS BOULLÉE, *Architecture. Essai sur l'art*, publ. Jean-Marie PÉROUSE DE MONTCLOS, Paris, Hermann, 1968.

des sciences et des arts dont l'idée même de méthode analytique se révèle porteuse.

L'établissement de ce système que l'*Encyclopédie* n'avait fait qu'esquisser est destiné à fluidifier la connaissance. Il s'agit que les sciences et les arts se fécondent mutuellement au moyen d'une circulation incessante des intuitions, des concepts et des opérations sur lesquels ils se fondent. Mais pour pouvoir circuler et se féconder mutuellement, ces intuitions, ces concepts et ces opérations doivent être identifiés avec précision. À l'analyse des idées doit répondre celle des opérations élémentaires dont se composent les processus de production. Telle est bien la démarche à laquelle se livrent en l'an II les savants appelés à injecter de la science dans les fabrications révolutionnaires de poudre et d'armes afin d'en améliorer la productivité²⁷. Dans les dernières années du xviii^e siècle, la pratique de la décomposition/recomposition à laquelle se livraient depuis longtemps déjà les technologues et les ingénieurs des Lumières renvoie à un idéal beaucoup plus ambitieux de mise en ordre du savoir et de rationalisation des productions humaines.

VERS UNE TECHNOLOGIE DE L'INGÉNIEUR

Les premières années du xix^e siècle voient le reflux de l'optimisme révolutionnaire à l'égard de la science. Chateaubriand se fait l'écho de ce désenchantement dans son *Génie du christianisme* lorsqu'il déclare que « nous attribuons faussement à nos sciences ce qui appartient au progrès naturel de la société »²⁸. Dans les milieux d'ingénieurs, l'articulation entre sciences et techniques n'en demeure pas moins à l'ordre du jour. Le dispositif formé par Polytechnique et ses établissements d'application conduit, en effet, à juxtaposer une formation scientifique abstraite et un apprentissage du métier d'ingénieur beaucoup plus traditionnel. Entre les exigences du cursus polytechnicien et celle des écoles d'application se font jour de nombreuses tensions qui nuisent à l'efficacité du système²⁹.

Aux yeux de savants et d'ingénieurs comme Navier, Coriolis ou Poncelet, de telles tensions sont appelées à se résorber au profit d'une science

27. Sur les fabrications révolutionnaires, cf. Camille RICHARD, *Le Comité de Salut Public et les fabrications de guerre sous la Terreur*, Paris, F. Rieder et C^{ie}, 1922.

28. François René de CHATEAUBRIAND, *Le Génie du christianisme*, Paris, 1802, rééd. Paris, Garnier-Flammarion, 1966, t. I, p. 412.

29. Ces tensions culminent avec l'enseignement d'un Cauchy à l'École polytechnique, enseignement dont le caractère abstrait provoque de vives réactions de la part des élèves comme des responsables des écoles d'application. Cf. B. BELHOSTE, *Cauchy 1789-1857. Un mathématicien légitimiste au xix^e siècle*, Paris, Belin, 1985.

de l'ingénieur tout à la fois théorique et expérimentale, une science qui conduirait continûment des premiers principes de la mécanique et de la résistance des matériaux aux formules utiles en pratique aux concepts d'ouvrages d'art et de machines. Un tel projet se heurte toutefois à la diversité croissante des techniques. Dans les années 1820-1830, l'art de l'ingénieur semble exploser sous la pression des innovations. Les ponts suspendus, les machines à vapeur, le chemin de fer constituent autant d'objets étrangers à la tradition vitruvienne et aux compétences de l'ingénieur artiste d'antan. Dans un rapport daté de 1831, l'inspecteur de l'École des ponts et chaussées Charles-Joseph Minard s'alarme de cette situation.

« La masse des connaissances s'augmente chaque jour des théories et des faits découverts la veille, chaque division de la science devient elle-même une science particulière qui demande les forces intellectuelles de l'homme. C'est ainsi qu'aujourd'hui en mécanique les machines à vapeur forment presque exclusivement l'occupation d'une classe nombreuse de personnes instruites. Que doit-on donc penser d'une profession où la connaissance de ces machines ne serait qu'une subdivision ; telle est cependant l'art de l'ingénieur des Ponts et chaussées tel que le veulent les ordonnances actuelles. Depuis peu d'années cet art s'est compliqué par les applications de la fonte aux voûtes et aux canaux, et plus récemment encore par les ponts suspendus et les chemins de fer qui à eux seuls peuvent absorber la capacité de l'ingénieur. Il faudrait donc que le temps des études augmentât avec les connaissances exigées, et nous avons vu qu'il en était autrement. Disons de plus que l'art est dans un moment de turgescence qui rend l'enseignement bien difficile, puisque les préceptes sont incertains. Qui oserait aujourd'hui donner des règles pour établir un chemin de fer ou une machine à vapeur ? »³⁰.

Le « moment de turgescence » évoqué par Minard pourrait bien condamner à l'avance les tentatives de constitution d'une science de l'ingénieur unitaire conduisant de la théorie à la pratique. Une alternative se dessine alors. Elle consiste à se laisser guider pour l'essentiel par les applications, à les organiser en fonction de leurs parentés et de leurs connexions, sans chercher forcément à remonter aux principes généraux auxquels elles seraient susceptibles d'être rattachées. Entre les déterminations scientifiques pures et les détails concrets de l'art, c'est le projet d'un savoir spécifique portant sur les opérations, les processus et les filières techniques qui se fait jour chez certains ingénieurs en guise de réponse à la difficulté d'articuler pleinement sciences et techniques, comme une sorte de contrepoinc à l'opacité de leur relation. Un tel savoir

30. Charles-Joseph MINARD, *De quelques améliorations dans l'enseignement de l'École des ponts et chaussées*, 17 juillet 1831, A.N. F¹⁴ 11057.

peut être baptisé du nom de « technologie ». Importé d'Allemagne où Johann Beckmann l'avait employé pour la première fois dans ses instructions pour la technologie, ou pour la connaissance des métiers, des fabriques et des manufactures, le terme « technologie » apparaît fréquemment sous la Restauration et la monarchie de Juillet dans la littérature technique française³¹.

Gérard-Joseph Christian qui devient directeur du Conservatoire royal des arts et métiers en 1816 est l'un des premiers à en faire usage dans la proposition de création d'une chaire de technologie qu'il adresse la même année à l'École polytechnique. Constatant que « le savant qui conçoit est à une distance immense de l'artiste qui exécute, et ils ne peuvent ni se rapprocher, ni s'entendre, car ils n'ont pas le même langage et ils manquent d'interprètes », Christian voit la solution dans la constitution d'un « corps de doctrine technologique » enseignant comment « tourner au profit de la fortune publique les découvertes qu'on fait dans les sciences »³².

En dépit de sa référence à l'invention scientifique, Christian cherche avant tout à mettre en ordre les savoirs relatifs aux procédés et aux filières techniques sans les subordonner forcément à la théorie. Son dessein se précise trois ans plus tard dans son *Plan de technonomie*. Le glissement de vocabulaire, de la technologie à la technonomie, est destiné à mettre l'accent sur le contenu cognitif spécifique dont son projet se révèle porteur. À l'ambition d'articuler sciences et techniques en remontant à la « méthode de l'esprit humain » dont les unes et les autres étaient censées procéder succède une volonté organisatrice en apparence plus limitée. Des réflexions du xviii^e siècle, Christian ne retient guère que la notion d'opération technique dont s'étaient servi les encyclopédistes et les ingénieurs pour analyser les processus techniques. Il la dépouille cependant du psychologisme qui permettait à un Diderot de mettre implicitement en parallèle les opérations mentales et les tâches manufacturières³³.

On retrouve le même type de projet de constitution d'un ordre de connaissances intermédiaire entre sciences pures et détails concrets de

31. Sur les origines de la notion de technologie et sur sa diffusion en France au cours de la première moitié du xix^e siècle, cf. Jacques GUILLERME, Jan SEBESTIK, « Les commencements de la technologie », *Thalès*, XII, 1968, p. 1-72.

32. Gérard-Joseph CHRISTIAN, *Notice sur l'établissement d'une chaire de technologie*, 22 avr. 1816, E.P. Titre III, Sect. 3, § b, carton 3. Sur les conceptions de Christian, cf. J. SEBESTIK, « De la technologie à la technonomie ; Gérard-Joseph Christian », *Cahiers S.T.S.*, 2, 1984, p. 56-69, Jean-Pierre SÉRIS, *Machine et communication*, Paris, Vrin, 1987, p. 402-407. En France, l'importance de la technologie avait déjà été soulignée par la première classe de l'Institut en 1808. Cf. Emmanuel CRÉTET, *Rapport à sa majesté l'empereur et roi*, 9 mars 1808, vœux de la première classe de l'Institut, A.N. F¹⁷ 1095.

33. Cf. A. PICON, « Gestes ouvriers, opérations et processus techniques. La vision du travail des encyclopédistes », *Recherches sur Diderot et l'Encyclopédie*, 13, 1992, p. 122-127.

l'art de l'ingénieur lorsque les fondateurs de l'École centrale des arts et manufactures parlent de « science industrielle » ou lorsque certains professeurs de l'École des ponts et chaussées envisagent la création d'un cours de « technologie du constructeur » dans les années 1830-1840³⁴. L'idéal analytique des années révolutionnaires s'efface, définitivement semble-t-il, au profit d'un idéal technologique assez largement partagé.

Reste à savoir comment doit s'organiser le « corps de doctrine technologique » dont Christian et certains de ses contemporains tracent le programme. Son efficacité dépend directement de cette organisation. De nombreuses incertitudes subsistent toutefois à son propos, incertitudes auxquelles Christian lui-même n'échappe pas.

Dans son *Plan de technonomie*, Christian prend ses distances avec les auteurs de traités techniques auxquels il reproche de n'avoir procédé qu'à « un recueil de faits isolés, de documents pratiques qui, faute de liaison entre eux, occupaient la mémoire sans exercer la raison »³⁵. La raison dont il se réclame entend quant à elle parvenir aux « fondements mêmes de la puissance et des ressources de la production », aux « principes dont tous les modes de production ne sont en dernière analyse que des applications variées »³⁶. Pour cela, il convient de mettre en évidence les relations et les analogies qui existent entre les différents procédés industriels avant de les rapporter à des schémas généraux en nombre fini. La technonomie doit reposer sur ce système et sur les généralisations auxquelles il conduit. Christian trace du même coup un programme d'une grande rigueur conceptuelle, mais un programme d'une telle ambition que l'on peut légitimement s'interroger sur sa faisabilité. À l'appui de ces doutes, il faut bien admettre que l'organisation générale de la technonomie se trouve tout juste esquissée sous sa plume.

La question de l'organisation de la technologie est abordée de manière beaucoup plus pragmatique par Charles Dupin dans les cours qu'il donne au Conservatoire des arts et métiers. Il se contente en effet de classer les procédés et les filières techniques en sept grandes familles d'usage. C'est ainsi qu'il distingue : 1° la préparation des matières premières, 2° tout ce qui a trait à la nourriture de l'homme et aux médicaments, 3° ce qui concerne les vêtements, 4° les techniques destinées à changer l'extérieur du globe pour le rendre conforme à nos desseins, 5° la fabrication

34. Cf. John Hubbel WEISS, *The Making of Technological Man. The Social Origins of French Engineering Education*, Cambridge, Mass./Londres, M.I.T. Press, 1982 ; A. PICON, *op. cit. supra* n. 10. On retrouve des orientations similaires à l'École des mines ou à celle de l'Artillerie et du génie.

35. G.-J. CHRISTIAN, *Sur le système général des opérations industrielles ou plan de technonomie*, Paris, Huzard, Courcier, 1819, p. 34.

36. *Ibid.*, p. 37.

du mobilier, des ustensiles, des outils et des machines, 6^o les modifications dans la nature et l'apparence des objets pour les approprier à différentes destinations, 7^o l'ensemble des instruments et des procédés employés dans la pratique des sciences et des beaux-arts. Plus abstraite tout de même que celle de l'*Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert, une telle classification n'en souffre pas moins d'un manque de cohérence conceptuelle qui n'est peut-être que la rançon de son efficacité pédagogique. Un Léon Lalanne s'y réfère en tout cas dans son article « Technologie » paru en 1841 dans l'*Encyclopédie nouvelle* de Pierre Leroux et Jean Reynaud³⁷. Elle relève selon lui de la « méthode empirique » qui consiste à s'appuyer sur des considérations extérieures à la nature des choses classées, les grandes catégories d'usage en l'occurrence. Empirique, une telle démarche est sans doute plus accessible que la « méthode naturelle » qui consiste à prendre en compte tous les caractères des choses à ordonner ou que la « méthode artificielle » où l'on se limite arbitrairement à un ou plusieurs caractères³⁸. L'adopter, n'est-ce point toutefois faire aveu d'impuissance devant le système foisonnant des procédés et des filières de production avec leurs multiples parentés ? Telle est bien l'opinion des auteurs du *Dictionnaire des arts et manufactures et de l'agriculture* paru pour la première fois en 1845 sous la direction de Charles Laboulaye.

Dans l'introduction de leur dictionnaire, Laboulaye et ses collaborateurs critiquent aussi bien la classification des arts et métiers donnée par l'*Encyclopédie* que celle dont s'est contenté Dupin. Définissant la technologie comme « la science des procédés suivant lesquels l'homme emploie les forces et agit sur les matières premières fournies par la nature pour utiliser ces forces et obtenir de ces matières premières ce qui convient à la satisfaction de ses besoins et de ses désirs »³⁹, ils insistent à la suite de l'*Essai sur la philosophie des sciences* d'Ampère sur la nécessité de calquer ses principales divisions sur celles des sciences. Il s'agit de donner une « classification faite sur la base des procédés industriels, considérés comme application des sciences ». Ce choix les conduit à distinguer en pratique une « physique industrielle », une « chimie industrielle », une « biologie industrielle » à laquelle se rattache l'agriculture, une « mécanique industrielle », une « géométrie industrielle », un « art industriel » et une « économie industrielle » enfin. Mais suffit-il de faire un usage intensif de l'adjectif industriel pour parvenir à une organisation

37. LÉON LALANNE, « Technologie », in *Encyclopédie nouvelle*, Paris, C. Gosselin, 1836-1841, t. VIII, p. 570-584.

38. La distinction opérée par Lalanne est empruntée en réalité à l'*Essai sur la philosophie des sciences* d'Ampère.

39. *Dictionnaire des arts et manufactures et de l'agriculture*, Paris, 1845-1861, rééd. Paris Librairie du Dictionnaire des arts et manufactures, 1874-1875, introd.

satisfaisante de la technologie ? Rien n'est moins sûr à en juger par la structure d'ensemble du *Dictionnaire* de Laboulaye qui se contente de juxtaposer résultats théoriques et données empiriques indispensables à la maîtrise des différents procédés qu'ils passent en revue. On assiste du même coup à la disparition définitive de l'organisation pyramidale de la science et de l'art de l'ingénieur qui avait longtemps prévalu parmi les techniciens. À la pyramide des savoirs et des savoir-faire se substitue un système plus « horizontal » que vertical, fondé sur des effets de proximité plutôt que sur des enchaînements logiques et des filiations. On retrouve des systèmes de ce type dans de nombreux autres dictionnaires du siècle dernier.

Bien qu'il constitue l'une des références du *Dictionnaire* de Laboulaye, l'*Essai sur la philosophie des sciences* fait figure de production isolée. Le savant y définit la technologie comme la science des « procédés par lesquels nous transformons les corps de la manière la plus convenable à l'utilité que nous nous proposons d'en retirer »⁴⁰. Elle se range selon lui sous la rubrique des « sciences physiques proprement dites », par opposition aux sciences géologiques. Elle se distingue de la physique générale et se divise en « technographie » ou science des procédés de transformation, « cerdoristique industrielle » ou science de la détermination des coûts et des bénéfices, « économie industrielle » ou science de la comparaison des différents processus de production, « physique industrielle » enfin, ou application des théories scientifiques à la pratique. À la différence de la plupart des auteurs de dictionnaires, Ampère exclut l'agriculture du champ de la technologie pour se concentrer sur la production manufacturière. L'imbrication étroite entre aspects techniques et gestionnaires dont procède sa « cerdoristique » préfigure quant à elle le génie industriel moderne.

Des écrits de Christian aux dictionnaires généraux consacrés aux arts et métiers, du cours de Dupin à l'*Essai* d'Ampère, le projet de constitution d'une technologie se trouve en définitive confronté à des alternatives difficiles à trancher, alternatives directement liées à la multiplication des innovations et à la complexité croissante des relations entre sciences et techniques qui en résulte. La technologie doit-elle se conformer ou non aux divisions établies dans les sciences ? Les auteurs du *Dictionnaire* de Laboulaye penchent pour l'affirmative, Ampère également, tandis que Christian ou Dupin se déterminent en faveur de l'option opposée. Si la

40. André-Marie AMPÈRE, *Essai sur la philosophie des sciences*, Paris, Bachelier, 1834, p. 83. Sur la classification d'Ampère, cf. Patrick TORT, *La Raison classificatoire*, Paris, Aubier, 1989, p. 291-337.

technologie doit affirmer son autonomie, reste à savoir si son organisation doit être « empirique », conforme aux usages comme dans le cours de Dupin, ou si elle doit plutôt exhiber la logique sous-jacente des opérations techniques, mettre en scène leurs filiations et leurs parentés comme le souhaite Christian. Il faut enfin s'interroger sur les méthodes d'enseignement qu'elle est susceptible d'induire. De quelles réformes pédagogiques doivent s'accompagner la « science industrielle » ou la « technologie du constructeur » dont rêvent certains professeurs de l'École centrale ou de l'École des ponts et chaussées ?

Les préoccupations technologiques de la première moitié du XIX^e siècle ne déboucheront pas sur une mutation en profondeur de l'enseignement dispensé aux futurs ingénieurs, même si la conception implicite du savoir sur laquelle se fonde cet enseignement devient plus horizontale que verticale par-delà l'affirmation inlassablement reprise du rôle éminent de la science. Plus généralement, la classification générale des procédés industriels dont avaient rêvé aussi bien Christian, Dupin, Lalanne, que les auteurs de dictionnaires comme celui de Laboulaye ne verra jamais le jour. Des disciplines moins ambitieuses comme le génie civil, le génie électrique ou le génie industriel vont tout de même s'installer sur le territoire qui lui avait été attribué au départ, entre sciences pures et détails techniques concrets⁴¹. Dans un champ plus étroit que la technologie ou la technonomie, certaines d'entre elles parviendront à s'organiser conformément aux orientations que souhaitait lui donner Christian, en se fondant sur les parentés et les analogies qui se tissent entre les différents procédés techniques. L'échec du projet technologique n'en demeure pas moins patent. Il renvoie probablement à la difficulté de dresser un panorama d'ensemble des connaissances techniques et de définir leur statut exact par rapport aux sciences dans le monde industriel dans lequel nous vivons depuis le XIX^e siècle.

Antoine PICON,
École nationale des ponts et chaussées,
28, rue des Saints-Pères
75007 Paris
(1992).

41. Sur la notion de génie, cf. Georges RIBEILL, Antoine PICON, *Contribution à l'histoire des génies techniques*, rapport de recherche Délégation à la Recherche et à l'Innovation, M.E.L.T., Paris, École nationale des ponts et chaussées, 1989.