

## LA THEORIE ET L'HISTOIRE DES SCIENCES TECHNIQUES, UNE DIRECTION DE RECHERCHES DEVELOPEE EN RUSSIE DANS LES ANNEES 1970 – 2000

*Dmitri Gouzévitch*  
*dmitri.gouzevitch@ehess.fr*

*In memoriam à mon maître, Boris Igorevitch Kozlov*

### 1.- Introduction.

En URSS, la nécessité d'étudier l'histoire des ingénieurs de manière complexe et autonome au regard de l'histoire des techniques, des sciences, de l'industrie et de l'économie, a été réalisée vers la fin des années 1970. Au début des années 1980, cette direction a gagné le statut académique grâce à la création d'un groupe de recherche spécialisé au sein de l'Institut d'histoire des sciences et des techniques de l'Académie des sciences de l'URSS (antenne de Leningrad)<sup>1</sup>.

Du point de vue disciplinaire, les études sur l'art et les sciences de l'ingénieur («sciences techniques» en terminologie russe) avaient des antécédents solides tant du côté de l'histoire institutionnelle (établissements d'enseignement et corps techniques hérités de l'Ancien régime) qu'en matière de sciences développées en lien avec les activités d'ingénieur (balistique, hydraulique, fortification, mécanique de construction, électrotechnique, etc.), sans oublier l'histoire interne des entreprises industrielles. Cependant, sujettes à la pression idéologique, ces études ont revêtu le caractère isolationniste et clairement «anti-ingénieurial»: on s'appliquait à mettre en avant le rôle des ouvriers, des contre-maîtres, des inventeurs d'origine populaire et de nationalité russe, en premier lieu. Le rôle des ingénieurs, surtout des ingénieurs étrangers, était systématiquement occulté.

La nouvelle direction avait pour vocation de mobiliser toutes ces res-

---

1 Plus tard, l'activité de ce groupe a conduit à la création, au sein de la même institution, d'un Secteur d'histoire et de théorie des sciences techniques et de l'activité d'ingénieur.

sources cognitives accumulées au profit de l'étude de l'activité d'ingénieur. Elle a eu pour pilotes trois chercheurs éminents: Boris I. Kozlov (1931-2010), Jaroslav G. Neujmin (1928-1988) et Aleksej P. Madryka (1918-1986). Malheureusement, les deux derniers étaient déjà très âgés et en lançant une nouvelle direction de recherche, ils offraient en quelque sorte le bilan de leurs activités scientifiques. A la fin des années 1980, le seul à être encore en activité (et en vie), était Boris Kozlov, spécialisé en histoire générale des sciences techniques.<sup>2</sup>

A partir de 1983, l'auteur de ces lignes a eu la chance de collaborer avec les trois chercheurs susmentionnés, tandis que Boris Kozlov est devenu un de ses maîtres en histoire<sup>3</sup>. De ce fait, tout ce qui sera exposé plus loin s'appuie non seulement sur les travaux publiés mais aussi sur de nombreux entretiens et échanges perpétués à un rythme variable mais soutenu durant un quart de siècle, bien que le travail principal réalisé par l'auteur en matière d'histoire et théorie des sciences techniques se rapporte à la fin des années 1980 et au début des années 1990.

Il faut dire que la conception des sciences techniques élaborée par ces trois chercheurs<sup>4</sup> n'a pas d'antécédents directs dans l'historiographie et l'épistémologie des sciences occidentales. Selon leur modèle, du point de vue cognitif, le monde matériel se compose de trois éléments (ou univers): celui qui existe indépendamment de l'homme (étudié par les sciences naturelles); celui créé par l'homme – le monde de l'artifice soit l'univers des techniques (étudié par les sciences techniques); l'univers de l'homme (étudié par les sciences de l'homme). Entre ces trois groupes de sciences, il n'y a pas de limites rigides. Il existe par contre des zones d'interface assez étendues. Ainsi, chacun de ces groupes de sciences comporte deux composantes: des sciences

---

2 KOZLOV, Boris (1988) *Vozniknovenie i razvoitie tehničeskikh nauk: Opyt istoriko-teoretičeskogo issledovaniâ*, L., Nauka; Idem (1987) *Istoriâ i teoriâ tehničeskikh nauk*. L., Nauka; Idem (1990) *Vozniknovenie i razvoitie tehničeskikh nauk: Filosofsko-metodologičeskij aspekt: Diss. v vide naučnogo doklada ... dokt. filos. nauk*. M.

3 Mon deuxième maître en histoire est Andrej L. Punin (né en 1932), ingénieur et architecte qui a attiré mon attention sur l'aspect architectural de l'activité de l'ingénieur.

4 Les travaux concernant les sciences techniques ont été menés à Moscou également, mais les chercheurs moscovites s'intéressaient plutôt à la philosophie des sciences et à leur classification, le genre d'études qu'on désigne en France par le terme «épistémologie» et en Russie – par le terme «naukovedenie», à savoir l'étude sur les sciences. Il s'agissait des écoles rivales qui collaboraient à l'occasion sans toutefois produire de travaux conséquents ensemble. Cet état de compétition constante a défavorisé les recherches de l'équipe Léningradienne qui a fini par se replier.

fondamentales et des sciences appliquées. Il en découle que la notion des «sciences techniques» n'est guère identique à celle des «sciences appliquées» ni même à celle, plus souple, des « sciences de l'ingénieur ».

C'était un modèle efficace doté d'un grand potentiel heuristique. Il a permis de formuler l'enjeu cognitif des études sur les ingénieurs et leur activité. Quant à cette dernière, elle a été définie comme

*«une activité visant à assurer intellectuellement la préservation, la reproduction et la perpétuation évolutive du monde artificiel».*

En s'appuyant sur ces considérations, l'auteur de ces lignes a proposé son propre modèle permettant d'étudier l'histoire de l'activité de l'ingénieur de manière complexe qui tenait compte de l'état du monde artificiel durant la période étudiée. La grille de lecture comprenait des éléments suivants:

- a) les mathématiques et les sciences naturelles;
- b) les sciences techniques;
- c) la formation technique;
- d) la communication professionnelle des ingénieurs;
- e) l'institutionnalisation de la profession de l'ingénieur;
- f) les personnalités historiques.

Le premier grand travail du groupe créé par B. Kozlov était la rédaction des *Aperçus de l'histoire des sciences techniques* depuis l'Antiquité. Le projet, prévu pour la durée de cinq ans, devait être finalisé en 1990. Cependant, après les décès successifs, en 1986 et en 1988, de deux collègues seniors, Neujmin et Mandryka, la charge de terminer le projet est revenue à deux jeunes recrues: Leonid Zhmud', qui a rédigé la partie consacrée aux sciences de l'Antiquité, du Moyen Age et de la Renaissance (Partie I des *Aperçus*)<sup>5</sup>, et Dmitri Gouzévitch, auteur de ces lignes, qui s'est occupé de la période longue de 350 ans, des années 1520 (la naissance des sciences techniques au sens contemporain du terme) aux années 1870 (époque de la révolution électrotechnique) (Parties 2, 3 et 4 des *Aperçus*)<sup>6</sup> en y appliquant les fondements théoriques et la

5 ŽMUD', Leonid (1995) *Tehničeskââ mysl' v Antičnosti, Srednevekov'e i Vozroždenii*, SPb., 1995. 72 p. (Očerki istorii tehničeskikh nauk. Č.1).

6 GOUZÉVITCH, Dmitri (1996) *Naučno-tehničeskoe znanie i zaroždenie professional'noj deätel'nosti po ego proizvodstvu vo 2<sup>oi</sup> četverti XVI –1<sup>oi</sup> polovine XVIII veka*, SPb.; Idem (1998) *L'Art, les*

grille de lecture décrits plus haut.

D'autres travaux, qui portaient sur l'ancrage local de ces activités, ont suivi dans les années 1990, telle une base de données prosopographique des ingénieurs pétersbourgeois ou l'histoire des sciences techniques et de l'activité de l'ingénieur dans cette région<sup>7</sup>.

A Moscou, les études sur l'activité de l'ingénieur ont également débuté dans les années 1980. Ils ont été menés dans le cadre des programmes de recherche en sociologie historique de l'Institut de sociologie de l'Académie des sciences de l'URSS. L'ouvrage d'Olga Krystanovskaja *Ingénieurs et la mise en place, d'un groupe professionnel* a marqué un tournant dans l'état de la discipline<sup>8</sup>.

La crise qui a suivi le collapse de l'URSS, puis le décès de Boris Kozlov en 2010, ont eu une incidence négative sur le développement de cette direction de recherche. Cependant, les fondements ont été posés. L'histoire des ingénieurs en tant que discipline à part entière, distincte de l'histoire des techniques, des sciences et de l'industrie, a pris pied et s'est implantée.

## 2.- Les *Aperçus des sciences techniques*<sup>9</sup>: les grandes lignes.

*Terminologie, classification, découpages.* Les sciences techniques sont divisées en deux grandes catégories en fonction de leur orientation cognitive soit de leur objet d'étude, l'une regroupant *les sciences techniques centrées sur une discipline* («predmetno-orientirovannye tehniccheskie nauki»), l'autre comprenant *les sciences techniques centrées sur un objet* («ob'ektno-orientirovannye tehniccheskie nauki»). Les sciences de la première catégorie s'appuient sur un tel ou tel groupe de sciences naturelles ou sociales (la mécanique, l'optique,

---

*sciences et les pratiques de l'ingénieur dans la 2<sup>ème</sup> moitié du XVIII<sup>e</sup> - début du XIX<sup>e</sup> ss.*, SPb.; Idem (2001) *Mise en place et développement des sciences techniques dans les années 1820-1870*, SPb.; Paris, (*Aperçus d'histoire des sciences techniques*. Pt.2-4).

7 GOUZÉVITCH, Dmitri; GOUZÉVITCH, Irina; IVANOV, Boris ... [et al] (2009) *Očerki istorii tehničeskikh nauk v Sankt-Peterburge: XVIII-XIX vv.*, SPb., Nestor-istoriâ.

8 KRYSTANOVSKAË, Ol'ga (1989) *Inženery: Stanovlenie i razvitie professional'noj gruppy*, M., Nauka.

9 La taille de l'article étant limitée, nous avons réduit le nombre de références au minimum indispensable. Pour la bibliographie complète très imposante – plus de 1.200 items – sollicitée par l'étude originale, nous renvoyons le lecteur aux trois publications citées plus haut (note n° 6).

l'électricité, la chimie, la géologie et la minéralogie, l'économie, etc.), lesdits groupes étant désignés comme *cycles* («cycly»).

En accord avec cette terminologie, nous aurons les sciences techniques du cycle mécanique, optique, chimique, géologique-minéralogique et autres. Par exemple, la balistique et l'hydraulique sont des sciences techniques du cycle mécanique; la chimie des liants – une science technique du cycle chimique; quant à la métallurgie, elle fait partie à la fois du cycle chimique et du cycle géologique-minéralogique.

A l'intérieur d'un cycle, les sciences peuvent former des *groupes associés* ayant souvent des noms historiques. Ainsi, la «mécanique de construction» au sens large<sup>10</sup> est comprise comme la mécanique des constructions et des matériaux. Il s'agit donc là d'un groupe associé qui comprend la résistance des matériaux, la statique et la dynamique des constructions, la théorie des plaques et des coques, la théorie du mur de soutènement, la solidité des matériaux de construction, etc.

Quant à la seconde grande catégorie, elle regroupe les sciences dédiées à l'étude complexe d'une classe d'objets (construction de ponts, fortifications, installations sanitaires etc.), d'où le second nom de ces sciences – les *sciences complexes*. On peut en conséquence désigner les complexes techniques auxquels elles se rapportent : ceux de construction, de navigation et de géodésie, de mécanique pratique, d'électrotechnique, de technologie chimique, etc. Les grands complexes se composent de sous-complexes plus petits (aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, le complexe de construction, par exemple, se composait de sous-complexes suivants – qui correspondaient aux domaines d'activité tels que la construction navale, le génie militaire, les mines, le transport par terre et par eau (hydraulique) et la construction civile ou de bâtiment.

Ainsi, chaque science technique centrée sur un objet sera définie selon deux paramètres principaux: la base théorique sur laquelle elle s'appuie et le domaine d'activité technique ou d'ingénieur qu'elle dessert.

Vue dans cette optique, la géologie technique est une science technique du cycle géologique-minéralogique du complexe de construction ; la statique des constructions desservira non moins de deux complexes – de construction et de construction des machines ; la balistique se rapportera au cycle mécanique et au complexe de génie militaire et de mécanique.

En pratique, cela se traduit par le fait que les sciences centrées sur une

---

10 Au sens étroit il s'agit de la statique du système de barre.

discipline apparaissent souvent comme des composantes de telles ou telles sciences complexes. Par exemple, les fondements théoriques de la construction des ponts vont comprendre la mécanique de construction, la géodésie technique et la géologie, la chimie des liants, l'hydraulique.

Enfin, toute science constituée possède trois composantes: théorique, expérimentale et pratique. Placer telle ou telle science technique dans la catégorie de sciences fondamentales ou dans celle des sciences appliquées, «théoriques» ou «expérimentales», ne dépend que du poids respectif de chacune des trois composantes dans son giron. Toutefois, *chacune* des sciences possède l'ensemble des trois composantes susmentionnées même dans le cas où la partie théorique est réduite à une somme de recettes ou lorsque son lien avec la pratique n'est pas ostensible.

## **2.- Le savoir technoscientifique et l'expertise professionnelle vouée à sa reproduction (années 1520-1750)<sup>11</sup>.**

Le XVI<sup>e</sup> siècle a vu se consolider trois complexes techniques qui ont déterminé l'orientation magistrale du développement des connaissances scientifiques sur les techniques pour l'ensemble de la période examinée : ceux de construction, de navigation-géodésie et de mécanique (plus spécifiquement le sous-complexe de génie militaire-mécanique). A cette même période, quatre sciences techniques respectives ont vu le jour désignées dans l'historiographie comme sciences « précoces ». D'une part, elles étaient encore relativement syncrétiques, mais d'autre part, les praticiens avaient du mal à s'en servir pour cause de leur préparation insuffisante, vue que l'institutionnalisation de la profession était encore à ses balbutiements, avec les premiers corps et écoles techniques à peine émergés. Les sciences centrées sur une discipline (en particulier celles du cycle mécanique) se développaient alors au sein des milieux restreints d'intellectuels, puis dans le milieu académique plutôt comme un jeu d'esprit que comme une incitation à l'action et un outil d'application pratique.

---

11 Si nous ne mentionnons pas ici le nom de Leonard de Vinci et ses cahiers de notes auxquels plusieurs sciences techniques auraient pu remonter, c'est que ses notes sont restées inconnues des siècles durant et n'ont pas influencé directement le développement ultérieur des savoirs scientifiques sur les techniques.

*La balistique extérieure.*<sup>12</sup> Cette science technique prend sa source dans les travaux de Niccolo Tartaglia de 1537 et de 1546 (le premier ouvrage s'intitule symboliquement *La nouvelle science*) ainsi que dans l'introduction de l'échelle d'artillerie par le mécanicien de Nuremberg, Gartian (1540). Tartaglia a également élaboré les premières tables de tir. Leur première publication date de 1586 (Luis Collado). Viennent ensuite les travaux de Diego Alaba y Viamont (1590) et de Diego Uffano (1613, 1621). Globalement, vers le milieu du XVII<sup>e</sup> siècle, quelques dizaines d'ouvrages sur la balistique ont vu le jour élaborés toutefois toujours dans le sillon des travaux de Tartaglia. La nouvelle percée a eu lieu dans les années 1632-1644 grâce aux travaux de Bonaventura Francesco Cavalieri, Galileo Galilei, Evangelista Torricelli et Marin Mersenne.<sup>13</sup> Comme résultat, la théorie de l'impetus cède la place à la théorie parabolique. En 1644, Mersenne donne le nom à la nouvelle science – «la balistique». Sans rentrer dans le détail de l'évolution ultérieure de cette science à laquelle ont contribué Isaac Newton, Christian Huygens, Gottfried Wilhelm Leibniz, Johann Bernoulli, Bernard Forest de Bêlidor et quelques autres savants, mentionnons la percée dite «la révolution balistique» des années 1742-1745 qu'on associe avec les noms de Benjamin Robins et Léonard Euler.<sup>14</sup> A partir de ce moment, la balistique est devenue une science constituée.

*L'hydraulique.*<sup>15</sup> En tant que science technique, elle étudie l'écoulement des fluides le long des lits artificiels (canaux, tuyaux). Ses fondements ont été posés par les travaux de Simon Stevin (1586, 1605). Galileo Galilé a fait le pas suivant en rédigeant l'ouvrage sur le thème intitulé *Discorso intorno alle*

---

12 MANDRYKA, Aleksej (1964) *Istoriâ ballistiki (do serediny XIX v.)*, M., L., Nauka; Idem (1958) *Ballističeskie issledovaniâ Leonarda Èjlera*, M.; L., Izd-vo AN SSSR.

13 CAVALIERI, Bonaventura (1632) *Lo specchio ustorio overe trattato delle settioni corniche*, Bologna, presso Clemente Ferroni; MERSENNE, Marin (1636-1637) *Harmonie universele*, contenant la théorie et la pratique de la musique, 2 pt., Paris, Chez Sebastien Cramoisy; GALILEI Galileo (1642: 1632). *Dialog o douh glavnejših sistemah mira ptolomevoj i kopernikovoj* / [Trad. de l'éd. 1632], M., Nauka; et al.

14 STEELE Brett (1994) *The Ballistics Revolution: Military and Scientific Change from Robins to Napoleon: A Thesis Submitted to the Faculty of the Graduate School of the University of Minnesota* <...> for the degree of Doctor of Philosophy, Minnesota; Idem (1992) *Muskets and Pendulums: Benjamin Robins, Leonhard Euler and the Revolution in Ballistics*, Paris: CRHST CSI (Manuscrit; Texte pour le séminaire, 22.9.1992; Archives I.D.G.).

15 MANDRYKA, Aleksej (1975) *Vzaimosvâz' mehaniki i tehniky (1770-1970)*, L., Nauka; Idem (1984) *Očerki razvitiâ tehničeskijh nauk: Mehaničeskij cikl*, L., Nauka; Idem (1972) *Èvolüciâ mehaniki v ee vzaimnoj svâzi s tehnikoj (do serediny XVIII v.)*, L., Nauka; MOISEEV, Nikolaj (1961) *Očerki razvitiâ mehaniki*, M., Izd-vo MGU, 66-67.

*cose che stanno in su l'acqua et che in quella si muovono* (1610)<sup>16</sup>. Ensuite, d'autres savants à travers l'Europe ont pris le relais, tels Benedetto Castelli (1615), Evangelista Torricelli (1641-1643), Blaise Pascal (1646-1647), Edme Mariotte, Isaac Newton. La séparation définitive de l'hydrodynamique en tant que science naturelle et d'hydraulique en tant que science technique a été scellée par la parution consécutive de deux ouvrages: *Hydrodynamica* de Daniel Bernoulli (1738)<sup>17</sup> et *Nouvelle hydraulique* (1743) de son père, Johann Bernoulli. Bélidor, dans son *Architecture hydraulique*, a ordonné toutes ces questions en proposant un système d'ensemble (1737-1753).<sup>18</sup>

**La géodésie.**<sup>19</sup> Durant la période examinée, il s'agit d'un groupe de disciplines technoscientifiques associé et suffisamment synchrétique qui inclut la topographie (dont la topographie militaire), l'arpentage, la géodésie technique et en partie la cartographie. On peut remonter ses origines à 1533, l'année à laquelle le géographe hollandais Gemma Frisius a publié la description de la méthode des triangulations. Sans détailler ici son évolution ainsi que les développements des projections cartographiques, disons simplement que les problèmes principaux ont été résolus vers les années 1740 lorsqu'ont débuté les travaux de la triangulation générale de la France, et à partir de 1750 – du levé topographique de l'ensemble du territoire du royaume.

**La fortification.**<sup>20</sup> A la différence de tous les autres cas examinés, on a ici affaire à une discipline technoscientifique complexe. En tant que science, la

16 GALILEJ, Galileo (1964: 1610) «Rassuždenie o telah, prebyvaúših v vode i o teh, kotorye v nej dvizútsâ / Trad.. A.N.Dolgovoï et S.N.Dolgova [de l'éd.: 1610]». Dans : GALILEJ, G. *Izbrannnye trudy v 2-h t.*, T.2, M., Nauka, 39-106, 420-429.

17 BERNOULLI, Daniel I (1738) *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii*, Argentorati [Strasbourg], sumptibus Johann Reinhold Dulssiker.

18 BÉLIDOR, Bernard Forest de (1737-1753) *Architecture hydraulique* <...>, 4 t., Paris, C.-A. Jombert.

19 NEVSKAÂ, Nina (1984) *Peterburgskaâ astronomičeskaâ škola XVIII v.*, L., Nauka; SALÍŠEV, Konstantin (1948) *Osnovy kartovedeniâ: Čast' istoričeskaâ i kartografičeskie materialy*, M., Geodezizdat; et al.

20 ÂKOVLEV, Viktor (1995) *Istoriâ krepostej: Èvolúciâ dolgovremennoj fortifikacii*, SPb., Poligon; KÛI, Cezar' (1897) *Kratkij istoričeskij očerk dolgovremennoj fortifikacii v Rossii*, 3-e izd., SPb., Tip. Imp. AN; ÈNGELS, Fridrih (1959) «Kuhorn»; «Fortifikaciâ». Dans: Marks, K.; ÈNGELS, F., Sočineniâ, 2-e izd., T.14, M., Gospolitizdat, 279-281, 326-351; TELAKOVSKIJ, Arkadij (1839, 1846) *Fortifikaciâ*, č.1-2, SPb., tip. III Otd. Sobstv. e.i.v. kancelârii; BLANCHARD, Anne (1981) *Dictionnaire des ingénieurs militaires 1691-1791*, Montpellier, Université Paul Valérie; Idem (1979) *Les ingénieurs du «Roy» de Louis XIV à Louis XVI: Étude du corps des fortifications*, Montpellier, Université Paul Valérie.



fortification prend sa source dans les travaux d'Albrecht Dürer (1527)<sup>21</sup> avant d'être développée dans plusieurs traités italiens successifs. La première étape de sa mise en place s'achève en 1589 par l'ouvrage de l'auteur strasbourgeois D. Speckle sur l'architecture des forteresses (la fortification bastionnée). L'étape suivante a été marquée par l'ouvrage de Blaise François de Pagan *Les fortifications* (1645). Cependant, l'école de fortification française s'érige en championne européenne dans la matière grâce aux activités de Sébastien de Prestre de Vauban (1633-1707). Ce grand ingénieur a laissé plusieurs manuscrits, mais n'a pas publié de livres. Quasi en parallèle, une autre école de fortification se constitue aux Pays Bas qui atteint son point culminant au moment où l'ingénieur Menno van Coehoorn publie son fameux traité *Nieuw Vestingbouw, op een natte of lage horisont* (1685).<sup>22</sup> Suivent, enfin, les travaux du continuateur de Vauban, Louis de Cormontaigne, qui a finalisé la mise en place de la théorie du système bastionné et fondé, en 1748 à Mézières, une école d'ingénieur au sein de laquelle des modèles de fortification mathématiques théoriques sophistiqués à l'extrême ont été élaborés.

### 3.- L'art, les sciences et les pratiques de l'ingénieur dans la 2<sup>e</sup> moitié du XVIII<sup>e</sup> – début du XIX<sup>e</sup> siècles.

Cette période de l'évolution des sciences techniques coïncide dans le temps avec la révolution industrielle. L'influence de cette dernière sur ce processus est pourtant, à l'époque, indirecte puisque la plupart des inventions se font sur la base des savoirs empiriques plutôt que théoriques. Des corps techniques, à savoir des instances d'enrôlement des ingénieurs d'État, se développent, des établissements techniques de niveau supérieur se créent : on assiste en réalité à la mise en place de la profession de l'ingénieur «nouvelle formule» dont les connaissances sont à la hauteur des problèmes complexes qu'il est appelé à affronter.

*La mécanique des constructions et des corps solides déformables.*<sup>23</sup> La

21 DÜRER, Albrecht (1527) *Etliche inderricht zu befestigung der Stett Schloss und flecken*, Nürnberg, [s.n.].

22 COEHOORN, Menno van (1685) *Nieuw Vestingbouw, op een natte of lage horisont* <...>, Leenwarden, Hendrik Rintjes.

23 BELL, Džejms F. (1984) *Èksperimental'nye osnovy mehaniki deformiruemyh tverdyh tel*

résistance des matériaux est une science technique dont la naissance est généralement associée avec le fameux ouvrage de Galilée *Discorsi e Dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali* (Discours concernant deux sciences nouvelles) sorti de l'impression en 1638.<sup>24</sup> L'auteur s'y érige en contestataire des anciens principes classiques de la projection architecturale fondés sur les règles de la géométrie de construction. Il s'intéresse notamment à la valeur de la charge destructive exercée sur la tige et non pas à son comportement sous la charge. En langage contemporain, il s'agit de l'état limite. Parmi les savants qui ont ensuite développé cette science, citons Robert Hooke (1660, 1676, 1678), Edme Mariotte (1680), Jacob I Bernoulli (1687, 1705), Gottfried Wilhelm Leibniz (1690), Philippe de La Hire (1695), Paul Varignon (1702), Antoine Parant (1713), Léonard Euler (1727, 1762), George B. Bülfinger (1729)<sup>25</sup> et autres. Ce sont tous des savants *académiques*. A l'époque des faits, leurs recherches ne pouvaient pas déboucher sur des applications pratiques malgré les tentatives de Bélidor d'introduire quelques-uns des résultats obtenus sous la forme simplifiée dans son fameux ouvrage *La Science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile* (1729). Cette situation va perdurer pendant plusieurs décennies. Parmi les pionniers de la nouvelle génération d'ingénieurs savants il faut citer l'ancien élève de l'École de Mézières, l'ingénieur militaire Charles Augustin Coulomb. C'est à lui que revient la découverte des contraintes tangentielles et l'idée que la destruction peut se produire par le cisaillement (1773); c'est lui également qui a parachevé l'élaboration d'une théorie approximative des murs de soutènement commencée par Bélidor (et adaptée à la pratique par l'ingénieur des ponts et chaussées Gaspard Riche de Prony, au début du XIX<sup>e</sup> siècle) et a élaboré la théorie des voûtes. La dernière n'a été mise en pratique qu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle, avec l'apparition des méthodes grapho-statiques, alors qu'à l'époque des faits, on utilisait des formules appli-

// Per. s angl. pod red. A.P. Filina, 2 č., M., Nauka; BERNSTEJN, Sergej (1957) *Očerki po istorii stroitel'noj mehaniki*, M., Gosizdat lit-ry po str-vu i arh-re; MITROPOL'SKIJ, Nikolaj (1958) *Metodologija proektirovaniâ mostov: Istoričeskoe razvitie*, M., NTI avto-transp. lit-ry; TIMOŠENKO, Stepan (1957) *Istoriâ nauki o soprotivlenii materialov*, M., Gostehteorizdat; VESELOVSKIJ Ivan (1974) *Očerki po istorii teoretičeskoj mehaniki*, M., Vysšaâ škola.

24 GALILEJ, Galileo (1934: 1638) *Besedy i matematičeskie dokazatel'stva kasaûšiesâ dvuh novyh otraslej nauki, otnosâšiesâ k mehanike i mestnomu dvoženiû* / Trad. [de l'éd. 1638] de S.N. Dolgov, M.; L., Gostehorgizdat.

25 BÉLIDOR, Bernard Forest (1729) *La Science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*, 2 pt., Paris, Chez Claude Jombert.

cables à la statique d'un autre ingénieur, Jean-Rodolphe Perronet. La partie expérimentale de la mécanique de construction se met en place durant la même période (Charles A. Coulomb, Ernst Florens Friedrich Chladni, Jacques Elie Lamblardie, Pierre-Simon Girard et autres). L'étude des propriétés mécaniques des matériaux prend de l'élan, avec un regard plus attentif sur leur élasticité (Pierre Charles François Dupin, 1815). En 1798, le premier livre sur la résistance des matériaux applicable à la pratique voit le jour (P. S. Girard). Ce sont pourtant les travaux de l'ingénieur des ponts Claude Louis Marie Henri Navier – où plus précisément son cours de résistance des matériaux enseigné à l'École des ponts et chaussées en 1819-1826 – qui vont révolutionner le domaine. Les notes de ce cours sont lithographiées puis publiées sous forme de livre en 1826. En bref, la réforme de Navier a consisté à passer du calcul de l'état limite au calcul de l'état de travail et à proclamer le principe des petits déplacements. En fait, il s'agit d'une transition de l'état final à l'état initial tant en efforts qu'en déplacements. La réforme de Navier a posé les fondements de la résistance des matériaux en tant que science tout en marquant, parallèlement, le début d'une nouvelle période du développement des sciences techniques (voir la section suivante).

Symptomatiquement, la plupart des ingénieurs ayant contribué à ce processus de manière décisive étaient membres de l'Académie des sciences de Paris, et après sa réorganisation – de l'Institut de France: Coulomb, Perronet, Prony, Girard, Dupin, Navier, etc. Autrement dit, durant la période examinée, la résistance des matériaux continuait à se développer dans le milieu académique (190 ans au total) qui avait lui-même évolué entretemps.

En bref, l'histoire de la mise en place de la mécanique de construction témoigne avec force que les sciences techniques, loin d'être simplement appliquées, sont les sciences qui étudient un univers spécifique autonome. Il n'y a pas d'autre argument plausible pour expliquer pourquoi, pendant près de deux siècles, une science «appliquée» s'est développée exclusivement en tant que science fondamentale, comme un jeu d'esprit abstrait (étayé par des expériences au dernier stade) dans un environnement académique?

*La mécanique du navire.*<sup>26</sup> Ce corpus de savoirs se consolide durant la période examinée sous forme d'un complexe associé des sciences techniques du cycle mécanique, qui a plus tard servi de fondement théorique de la

26 GRIGOR'AN, Ašot; POGREBYSSKIJ, Iosif (éd.) (1971) *Istoriâ mehaniki s drevnejših vremen do konca XVIII veka*, M., Nauka; MANDRYKA (1975); Idem (1984); ŪSKEVIC, Adol'f (1968) *Istoriâ matematiki v Rossii do 1917 goda*, M., Nauka.

construction navale en tant que discipline complexe. Parmi les savants ayant étudié de manière approfondie le mouvement du vaisseau et la résistance de l'eau il faut citer Antoine Chézy, Léonard Euler, Charles A. Coulomb, Charles Bossut, Jean Le Rond d'Alembert, Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, marquis de Condorcet et autres. Daniel Bernoulli, pour sa part, s'est intéressé aux problèmes de l'ancrage, de la forme des voiles, de la réduction des oscillations du navire. Toutefois, la mécanique du vaisseau à proprement parler est initiée par deux ouvrages: celui de Pierre Bouguer, *Traité du navire, de sa construction et de ses mouvements* (1746), et celui de Léonard Euler, *Scientia navalis* (1749). Dans son autre étude de 1759, Euler a abordé le problème du calcul de la solidité du vaisseau en tant qu'objet entier. Le travail du Danois Ernst Wilhelm Stibolt paru en 1784 était une tentative d'appliquer la théorie de la solidité du vaisseau à la pratique de la construction navale. Au XIX<sup>e</sup> siècle, on procédera à l'introduction du moteur à vapeur, avec des recherches théoriques associées (Pierre-Dominique Bazaine, 1817)<sup>27</sup>. Ceci dit, le véritable tournant en matière de construction navale qui transformera cette discipline semi-empirique en une science technique à part entière n'aura lieu que durant la période suivante.

*La mécanique des machines.*<sup>28</sup> La naissance de la science sur les machines remonte aux années 1550 lorsque voient le jour les ouvrages de Gerolamo Cardano *De Subtilitate* et *De rerum varietate* (1557). Ce même savant a formulé les règles de la construction des mécanismes horlogers. Les éléments de la science sur les machines apparaissent par la suite dans les travaux de Galilée, Descartes, Huygens, Pascale, Newton, F.J. de Camus. Le bilan de la période précédente a été tenté par Jacob Leupold dont les 9 tomes du *Theatrum machinarum universale* sont parus entre 1724 et 1735. A la différence de la plupart des ouvrages analogues antérieurs (Jacques Besson, 1570 ; Agostino Ramelli, 1588 ; et autres), il a essayé d'offrir un fondement théorique à la mécanique des machines. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, des éléments de la théorie des machines apparaissent dans les travaux de Charles-Étienne-Louis Camus (1733, 1753, 1766), Léonard Euler (5 mémoires, 1747-1776), Jean-Pierre Eberhard (1757).

27 BAZAINE, Pierre Dominique (1817) *Mémoire sur la théorie du mouvement des barques à vapeur et sur leur application à la navigation des canaux, des fleuves et des rivières*, SPb, Impr. de l'Acad. imp. des sc.

28 BOGOLUBOV, Aleksej (1964) *Istoriâ mehaniki mašin*, Kiev, Naukova dumka; Idem (1969) *Avgustin Avgustinovič Betankur (1758-1824)*, M., Nauka; Idem (1988) *Tvoreniâ ruk čelovečeskikh: Estestvennaâ istoriâ mašin*, M., Znanie.

En 1786-1791, le savant espagnol Augustin Betancourt met en place le Cabinet des machines qui ouvre ses portes à Madrid en 1792. Le catalogue manuscrit dudit Cabinet établi à cette occasion ainsi que sa version complétée et actualisée en 1794 proposent la classification des machines selon la source d'énergie. José Maria de Lanz, invité par Betancourt en 1802 pour enseigner les sciences à l'Escuela de Caminos y Canales, s'appuie sur ces catalogues pour créer son cours. L'étape suivante est liée avec les activités de Gaspard Monge qui propose, en 1794, d'introduire le cours de la construction des machines dans le programme de l'École des travaux publics (École polytechnique à partir de 1795) nouvellement créée à Paris. Il évoque également les machines dans son cours de géométrie descriptive lu à l'École normale de l'An III en 1795. L'élaboration du nouveau cours est confiée à Hachette qui, à l'évidence, ne parvient pas à le faire. En revanche, les propos de Monge ont été entendus par Lanz qui en conclut que toutes les machines se composent de quelques éléments dont l'un transforme le mouvement. Cela signifie qu'on peut établir la classification de ces éléments, en s'appuyant sur «l'entrée» et «la sortie». Lanz expose son idée à Betancourt, expert universel en machines. Il emprunte à Monge l'idée de la «machine élémentaire». Il ne s'agit pas encore du «mécanisme» mais d'une entité à caractère syncrétique aux contours flous. L'ouvrage fondé sur cette théorie est publié en français, à Paris en 1808, à l'issue des péripéties complexes durant lesquelles Hachette s'est incrusté dans la publication. Cette édition cosignée par trois auteurs pose les fondements de la science sur les machines. Celle-ci se développera ensuite dans deux directions, l'une perpétrée par Lanz qui préparera deux rééditions de leur contribution commune avec Betancourt, *Essai sur la composition des machines* (parues en 1819 et 1840), l'autre poursuivie par Hachette dans quatre rééditions de son propre mémoire (1811, 1814, 1819 et 1828).<sup>29</sup> En analysant les tableaux de Lanz et Betancourt et d'Hachette ainsi que le développement ultérieur de la science sur les machines, force est de constater que la cinématique est née en tant que la cinématique des mécanismes et transposée plus tard dans les sciences naturelles. En apportant la preuve que les sciences techniques et les sciences naturelles possèdent un degré de fundamentalité équitable, cet exemple met à mal le stéréotype selon lequel les sciences naturelles priment sur les sciences techniques (une approche «physicaliste» selon

29 GOUZÉVITCH, Irina ; GOUZÉVITCH Dmitri (2015) "Istoriâ voznikoveniâ «Èsse o postroenii mašin» Lanca i Betankura", *Voprosy istorii estestvoznaniâ i tehniki*, t. 36, n°4, 698-716.

Boris Kozlov).

*La chimie des liants.*<sup>30</sup> La période examinée a vu se mettre en place la première science technique du cycle chimique. Le processus a débuté en 1756, lorsque, d'une part, John Smeaton a découvert les propriétés de la chaux hydraulique utilisée jusque-là de manière purement empirique, et d'autre part, John Black a publié un article sur les expériences avec la chaux vive. Ensuite, les recherches ont suivi deux sentiers différents. En Angleterre, l'absence d'additifs hydrauliques naturels dans le mortier à base de chaux hydraulique a stimulé les études sur les propriétés du calcaire pur et argileux, ce qui a conduit à la découverte du ciment romain (ciment naturel) et de la chaux hydraulique locale. Sur le continent, les recherches se sont orientées vers la prospection des substituts locaux au trass et aux pouzzolanes à ajouter à la chaux aérienne; au début du XIX<sup>e</sup> siècle, on a concentré les efforts sur la chaux hydraulique. Une série de travaux publiés en 1818-1822, en particulier ceux J.F. John, Louis-Joseph Vicat, Antoine Raucourt de Charleville<sup>31</sup>, ont offert le bilan des recherches antérieures. Par leur niveau d'élaboration et leur qualités scientifiques, ils marquent une nouvelle étape dans l'étude des mortiers, devenue une science technique à part entière.

*Les disciplines (complexes) orientées vers l'objet.* Dans la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> et au début du XIX<sup>e</sup> siècle, une série de disciplines de ce groupe sont déjà en chantier et se développent activement telles la construction des ponts, des écluses, la construction portuaire, la fabrication de la poudre, la construction navale et la fortification déjà mentionnées, entre autres. Rappelons qu'il s'agit ici non pas des techniques ni de la fabrication industrielle des ouvrages, objets et produits concernés mais d'un complexe de connaissances scientifiques et empiriques qui assurent ladite fabrication. La III<sup>e</sup> partie des *Aperçus* est dédiée à l'examen des développements en matière d'hygiène urbaine et assainissement technique depuis ses balbutiements dans les années 1760–1780 jusqu'à sa mise en place en tant que discipline technique autonome dans les années 1820.

30 ZNAČKO-ĀVORSKIJ, Igor' (1963) *Očerki istorii vāžuših vešestvo ot drevnejših vremen do serediny XIX veka*, M.; L., Izd-vo AN SSSR; Idem (1961) "Deatel'nosť Antuana Rokura de Šarlevilā v Rossii", *Voprosy istorii estestvoznaniā i tehniki*, vyp. 11, 126-130.

31 RAUCOURT DE CHARLEVILLE, Antoine (1822) *Traité sur l'art de faire de bons mortiers et notions pratiques pour en bien diriger l'emploi* <...>, SPb., Impr. des Voies de communication; et al.

#### 4.- La mise en place et le développement des sciences techniques dans les années 1820-1870.

Cette période est marquée par l'effervescence de l'enseignement technique supérieur qui s'implante alors dans la plupart des pays européens. Elle compte également parmi ses caractéristiques la profusion des corps techniques et la mise en place du génie industriel, l'émergence et la multiplication des périodiques techniques (scientifiques et industrielles) et de nouveaux systèmes d'impression rapide (lithographie) et de transmission de l'information (télégraphie).

Du point de vue des sciences techniques, la nouvelle époque débute par la réforme déjà mentionnée de la mécanique de construction opérée par Navier et par l'apparition des premières théories techniques. Elle s'achève par la révolution électrotechnique dont l'analyse clôt les *Aperçus*<sup>32</sup>.

C'est justement en ce moment qu'apparaissent des éléments de ce que nous appelons aujourd'hui les connaissances technoscientifiques constituées – à savoir les modèles théoriques et les théories techniques assises sur leur base. Cette démarche cognitive particulière, essentielle pour le progrès des connaissances scientifiques, caractérise l'œuvre technoscientifique des anciens élèves et des professeurs de l'École polytechnique (Pierre-Dominique Bazaine, Sadi Carnot, Navier, Benoît-Paul-Emile Clapeyron) et la distingue aussi bien des travaux des techniciens-inventeurs (James Watt, James Nasmyth, les frères Périer, Andrej Nartov, Ivan Polzunov) que de ceux des physiciens expérimentateurs de l'époque.<sup>33</sup>

Parmi ces théories, l'une des plus précoces est celle des écluses aux bassins d'épargne élaborée par P.-D. Bazaine sur l'initiative d'A. Betancourt en 1820-1821 (publiée en 1824). Ladite théorie a servi de base pour la construction des écluses jumelées à quatre chambres : lors du passage des navires, l'eau était déversée dans les chambres voisines et utilisée pour faire passer d'autres navires. Strictement parlant, la théorie de Bazaine avait un précurseur immédiat – l'écluse à piston plongeur inventée par Betancourt au début des années 1800. Cependant, cette dernière n'a jamais servi à construire un ouvrage hydraulique opérationnel, tandis que la théorie de Bazaine a impacté

32 Les chapitres concernant les périodes suivantes ont été écrits par Boris I. Ivanov, Igor F. Cvetkov et autres.

33 KOZLOV (1988), 65.

la construction des écluses tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle.<sup>34</sup>

Néanmoins, tout importants que fussent les canaux et les écluses, il s'agissait d'un événement local. Tel n'était pas le cas de la théorie suivante (chronologiquement) dont la portée a été décidément universelle : il s'agit bien évidemment du modèle théorique de la machine thermique proposé par Sadi Carnot en 1824. Au début, le travail est passé inaperçu avant d'être lu, en 1832, par Benoît Paul Emile Clapeyron rentré en France après le séjour de onze ans en Russie. Clapeyron a donné aux arguments de Carnot une forme mathématique : il a déduit l'équation de l'état d'un gaz idéal – nommée d'après lui – et a introduit la dépendance des points de fusion et d'ébullition de la pression (l'équation de Clapeyron-Clausius). Le *Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur* qui en faisait la synthèse, a été publié dans le *Journal de l'École Royale Polytechnique* (1834)<sup>35</sup> ayant assuré ainsi la reconnaissance scientifique universelle de l'œuvre de Carnot.

Parmi les sciences techniques consolidées durant cette période, grâce à l'affirmation de l'ingénieur «nouvelle formule», citons la géologie technique. On observe, par ailleurs, une augmentation exponentielle des sciences complexes centrées sur l'objet, du complexe de construction en premier lieu : la construction des ponts et des écluses, la construction routière et portuaire, la construction navale et ferroviaire, l'hygiène technique et l'assainissement, les matériaux de construction. Les besoins de la pratique y ont sans doute joué leur rôle. Mais tout aussi importante était la disparition du facteur contraignant – l'absence des sciences centrées sur une discipline indispensables pour l'élaboration de leur base théorique et expérimentale. Ce processus a eu pour conséquence l'autonomisation de certains sous-complexes jusqu'alors dépendants – ceux du génie militaire, des transports, de la construction navale, du bâtiment.

Cette période est caractérisée par une expansion active des ingénieurs dans d'autres branches d'activité. Inspirés par leurs avancées en matière de

34 BAZAINE, Pierre Dominique (1824) "Mémoire sur l'établissement des bassins d'épargne dans les canaux de navigation, et sur les moyens d'économiser une grande partie de l'eau qui se dépense annuellement au canal de Ladoga", *MpAS SPb.*, t.9, SPb., 222-263; Idem (1826) "O novom iskusstvennom sposobe umen'shat' rashod vody v kanalah i o novoj sisteme malogo sudohodstva", *Žurnal putej soobšeniâ*, n° 6, 16-37; GOUZEVITCH, Irina; GOUZEVITCH, Dmitri (1995), *Petr Petrovič Bazan (1786 – 1838)*, SPb., Nauka.

35 CLAPEYRON, Benoît Paul Émile (1834) "Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur", *Journal de l'École Royale Polytechnique*, t.14, 153-190.



sciences techniques et persuadés de la toute-puissance des nouvelles méthodes mathématiques, ils ont forgé la conviction de pouvoir rationaliser toute activité humaine. La mentalité particulière de l'ingénieur, dans sa version romantique, était ainsi née et a longtemps perduré : selon elle, tout était une affaire de calcul, et dans l'absence d'une théorie convenable, celle-ci était à créer. Même s'ils ne le formulaient pas explicitement, l'investissement de plusieurs ingénieurs dans les domaines sans lien direct avec leur aire d'intervention professionnelle apporte la preuve de cette détermination. Les polytechniciens français d'abord, puis leurs élèves étrangers (par exemple les ingénieurs des voies de communication en Russie) se distinguent par leurs découvertes en matière de physique (optique, électromagnétisme, théorie de la lumière, hydrodynamique, etc.), de mécanique et de mécanique céleste, de chimie, d'astronomie, de météorologie, etc. Mais plus étonnante encore est la contribution des ingénieurs à l'essor des différents domaines des sciences humaines et sociales. Il suffit de rappeler leur apport en philosophie (le positivisme: Auguste Comte et Antoine Raucourt) et en théories sociétales (le saint-simonisme: Prosper Enfantin et ses adeptes parmi les polytechniciens); leurs avancées en matière d'économie politique (Etienne Sénovert, Matvej Volkov); leurs percées en pédagogie (Antoine Raucourt, Pierre-Dominique Bazaine, Charles Potier), en phrénologie (M. Volkov), en lithographie (Guillaume Traitteur, A. Raucourt, Pavel Schilling), en sinologie (Pavel Schilling), en théorie de jeux (jeu d'échecs: Karl Janish), de musique (théories musicales, composition, instruments: Aleksej L'vov, César Kui), en politique (Gaspard Monge, la famille Carnot, François Arago), en architecture (Bazaine, Lamé, etc.).

Rappelons aussi que deux empereurs du début du XIX<sup>e</sup> siècle avaient la formation technique: celle d'artilleur pour Napoléon I<sup>er</sup> en France et celle d'ingénieur militaire pour Nicolas I<sup>er</sup> en Russie. Leur vision «mécaniste», «ordonnatrice» et «rationnalisante» du monde a fortement influencé leur mode de gouverner.

L'apport magistral des ingénieurs en mathématiques mérite une mention spéciale. Ils comptent dans leurs rangs des promoteurs des nouvelles théories voire des disciplines mathématiques à part entière. Il suffit de mentionner les noms de Gaspard Monge, Auguste Cauchy, Jean-Victor Poncelet, Gabriel Lamé, Siméon Denis Poisson, Joseph Fourier, etc.

L'exemple de Monge et Poncelet, ingénieurs-mathématiciens classiques, est en l'occurrence très illustratif de notre recherche. Le premier est le créa-

teur de la géométrie descriptive, le second est le promoteur de la géométrie projective, disciplines mathématiques à l'usage des ingénieurs. Voyons qui étaient leur précurseurs à travers l'histoire.

Pour les identifier, il faut remonter à la Renaissance et évoquer l'architecte, ingénieur et sculpteur Filippo Brunelleschi (1377-1446) qui inventa la perspective formelle. Ses idées furent reprises et développées par l'ingénieur et architecte Leon Battista Alberti (1404-1472), auteur du *Trattato della Pittura* (1434), qui formula les lois de la perspective de la Renaissance et posa les fondements de la géométrie projective. Il eut pour continuateur le peintre et savant Piero della Francesca (1420-1492) qui détailla dans deux traités les procédés mathématiques de la perspective et résolut quelques problèmes de la stéréotomie. Vint ensuite le tour du grand ingénieur et artiste Albrecht Dürer (1471-1528) qui rédigea trois traités (1525-1528) où furent exposés les fondements de la théorie de la perspective et de la projection orthogonale sur deux et trois surfaces planes. Il se posa en précurseur direct de la géométrie descriptive et de la théorie de la coupe des pierres. Cette dernière fut développée en 1567 par l'architecte Philibert Delorme (de l'Orme). A partir du dernier XVI<sup>e</sup> siècle, le domaine fut investi par les ingénieurs militaires – Guidobaldo del Monte (1545-1607), Simon Stevin (1548-1620), François d'Aiguillon (1566-1617). S'y ajoutèrent par la suite les mécaniciens, les fabricants d'instruments, les balisticiens, les cartographes (souvent également astronomes). L'idée d'un point infiniment éloigné fut développée dans les travaux de l'astronome et mécanicien Johannes Kepler (1571-1630). En 1643, l'architecte François Derand utilisa la méthode de projection orthogonale et exposa la technique du dessin architectural. Les problèmes de la géométrie projective attirent alors l'attention de l'ingénieur et architecte Girard Desargues (1636, 1639), de son disciple Pascal (1640) et du peintre et architecte Philippe de La Hire (1679). Quant à la théorie de la perspective, elle connaît des développements considérables grâce aux travaux du fabricant d'instruments et astronome Willem Jacob s'Gravesande (1688-1742), de l'astronome et balisticien Brook Taylor (1685-1731), de l'astronome et mécanicien Jean-Henri Lambert (1728-1777). Ce dernier s'est également intéressé aux problèmes de la géométrie descriptive et de fondements théoriques de la cartographie. Mais les plus grandes avancées dans la matière sont imputables à l'ingénieur militaire Amédée-François Frézier (1682-1773), auteur de la *Théorie et pratique de la coupe des pierres et des bois ou Traité de stéréotomie* parue en 1736.

Cependant, jusqu'à la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, l'objectif d'offrir

une généralisation théorique approfondie des méthodes graphiques utilisées en architecture, en peinture et en coupe des pierres n'a été que partiellement atteinte. En l'occurrence, on n'a pas réussi à transformer la théorie de la perspective en une science géométrique à part entière : les études sur les projections géométriques sont restées en marge du processus mathématique. La géométrie projective est tombée dans l'oubli pour quinze décennies à venir tandis que la géométrie descriptive n'a pas été formalisée. Dans la littérature, on trouve à ce sujet une considération suivante: les études sur les projections géométriques élaborées par Desargues et Pascal sont longtemps restées en plan à cause d'un emballement généralisé pour l'analyse mathématique et ses applications fondées en grande partie sur la géométrie analytique<sup>36</sup>. Certes, l'emballement pour l'analyse a eu lieu. Mais était-ce une véritable raison de l'oubli?

La réponse se trouve, à l'évidence, dans un des passages de N. Storer:

*«Le choix de l'objet d'étude par un savant [...] dépend à tout moment donné du nombre d'individus susceptibles de réaliser un tel travail et du nombre de phénomènes naturels qui conviendraient pour une étude efficace»<sup>37</sup>.*

Les phénomènes relevant du domaine des projections géométriques étaient sans aucun doute convenables pour une étude efficace. En revanche, jusqu'au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, les individus susceptibles de mener à bien un tel travail manquaient cruellement et pour cause. La formation régulière et approfondie des ingénieurs au sein d'un établissement spécialisé était encore quasi inexistante, et cela expliquait la carence d'experts possédant une base théorique suffisante pour prendre le relai des travaux géométriques de Desargues et de Dürer. La percée a lieu dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, lorsque la profession d'ingénieur s'institutionnalise. Gaspard Monge, Jean-Victor Poncelet, Michel Chasles, Charles Potier, Jacov Sevastjanov, dont l'intervention en matière de géométrie a permis de créer et de développer de nouvelles branches de cette science, étaient soit les fondateurs (Monge), soit les représentants des deux premières générations d'ingénieurs «nouvelle formule», et les directions projectives de la géométrie – l'un des premiers domaines de leur expansion.

36 ŪSKEVIC, Adol'f (éd.) (1970) *Istoriâ matematiki s drevnejših vremen do načala XIX v.:* V 3 t., t.2, M., Nauka, 124-125.

37 STORER, Norman (1980) "Otnošeníâ meždú naučnymi disciplinami". Dans: MIRSKIJ, È. M.; ŪDIN, B.G. *Naučnaâ deâtel'nost': Struktura i instituty: Sbornik perevodov*, M., Progress, 60.

## 5.- La révolution industrielle versus la révolution scientifique : incohérences et paradoxes<sup>38</sup>.

L'élaboration de la théorie des sciences techniques permet d'apporter des réponses à quelques questions historiques infernales, et notamment: pourquoi la révolution industrielle a eu lieu en Angleterre qui, pendant plus d'un siècle, n'avait produit aucune théorie technoscientifique digne de ce nom? Pourquoi, entre la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, ce savoir a connu un développement intense en France beaucoup moins compétitive que l'Angleterre en matière de développement industriel? Pourquoi enfin, les théories technoscientifiques ont connu un essor spectaculaire en Russie, beaucoup plus arriérée industriellement que les pays occidentaux? Pourquoi la machine à vapeur en tant que moteur universel a été créée en Angleterre alors que la théorie la concernant a vu le jour en France? Pourquoi les fermes à entretoises de Haw ont été inventées aux Etats Unis en plein boum de la construction ferroviaire alors que leur calcul théorique a été réalisé en Russie?

Les chercheurs qui tentent d'expliquer le développement des sciences par les seuls impératifs de la pratique, des techniques, de l'industrie, de l'économie se heurtent inévitablement à l'impossibilité de résoudre ces paradoxes.

La principale difficulté réside dans la nature complexe et indirecte des liens entre les sphères de la production matérielle et spirituelle (y compris scientifique) et dans la relative autonomie de cette dernière. A une certaine étape de leur développement, la technique et l'industrie posent des problèmes d'interprétation visant à comprendre leur propre émergence, fonctionnement, développement, reproduction, etc. En revanche, des solutions à ces problèmes viennent souvent de l'extérieur, de là où les conditions nécessaires pour les résoudre se trouvent réunies.

Au XVIII<sup>e</sup> siècle et au début du XIX<sup>e</sup> siècle, la profession d'ingénieur en tant que synthèse des connaissances empiriques (pratiques et expérimentales) et théoriques était encore au stade de consolidation. Un gouffre séparait la pratique technique et la théorie académique. Les inventeurs de l'époque de la

---

38 Ce paragraphe résume le contenu des trois livres d'*Aperçus de l'histoire des sciences techniques*. Parmi les questions restées en marge de cet article citons la théorie du jeu d'échec en tant que science technique qui ne s'appuie ni sur les sciences naturelles ni sur les sciences sociales, et qu'on peut donc considérer comme un exemple «pur». Nous avons également examiné les fondements mathématiques de la théorie du jeu d'échec ainsi que les mathématiques dites « du jeu d'échec » en tant qu'un complexe des disciplines mathématiques à part entière.

révolution industrielle étaient des techniciens praticiens, les techniciens-artisans dont les connaissances ne dépassaient pas le niveau des généralisations empiriques. Ce furent eux les maîtres d'œuvre de la production industrielle. Pour cette raison, un pays qui aspirait à des progrès techniques et industriels rapides devait inévitablement s'appuyer sur les acteurs de ce genre et les reproduire. En Angleterre, notamment, ils pouvaient espérer trouver un bon usage de leurs talents, et ce type d'activité créative est devenu prestigieux pour plusieurs groupes sociaux. Ainsi, leur énergie créative s'orientait-elle naturellement dans cette direction. En matière de sciences cela signifiait le primat des recherches expérimentales sur les recherches théoriques. Des grandes percées théoriques demeuraient alors en Angleterre l'œuvre des génies isolés. Et si l'on pense aux traditions de l'empirisme anglais en matière de sciences académiques et à Francis Bacon, fondateur de la méthode inductive de l'exploration de la nature, force est de reconnaître que cette orientation cognitive empirique des savants anglais et l'approche positive pratique des techniciens étaient propres à la société anglaise au sens large et cultivée dans son sein. Autrement dit, en Angleterre du temps de la révolution industrielle la production des connaissances théoriques sur les techniques a été freinée justement parce que les ingénieurs, inventeurs et entrepreneurs anglais s'étaient avérés capables de mettre en route ladite révolution.

Quant au pays qui fut le premier à produire les connaissances théoriques approfondies sur les techniques, il devait, logiquement, prêter une grande attention à la préparation théorique de ses ingénieurs. Une telle approche ne pouvait émerger que dans un pays où le respect pour ce type d'activité intellectuelle, théorique et interprétative, relevait d'une tradition ancienne profondément ancrée dans l'imaginaire social. Le savoir empirique apparaissait dans ce contexte beaucoup moins prestigieux que dans le cas anglais, ce qui impactait inévitablement l'activité inventive, moins valorisante socialement et donc relativement limitée par rapport à l'Angleterre.

De ce fait, le pays qui, à la même époque, favorisait la production des connaissances théoriques sur les techniques devait inévitablement prendre du retard par rapport à l'Angleterre dans la mise en route de la révolution industrielle tout en possédant un niveau technique et industriel suffisamment élevé pour soulever les problèmes qui interpellent la recherche théorique. Une telle situation est typique de la France, et il n'est guère fortuit que les études théoriques, loin d'être l'apanage de quelques génies isolés, y fussent alors menées massivement par un groupe numériquement assez important

d'experts techniques instruits – le plus souvent au service de l'État – dont c'était une fonction professionnelle à la fois prestigieuse et rémunératrice.

En résumant, si l'Angleterre a réussi la révolution industrielle, la France a offert son interprétation et ses fondements théoriques.

Le cas paradoxal de la Russie a ceci d'intéressant qu'elle a réussi une percée théorique spectaculaire tout en étant un pays techniquement et industriellement arriéré. Cela s'explique par le choix fait par le gouvernement russe au début du XIX<sup>e</sup> siècle de réorganiser son système de formation technique (les écoles d'ingénieur) selon le prototype français et avec la participation directe des polytechniciens français invités à ces fins au service de la Couronne. Le statut militarisé ou semi-militarisé de ses administrations techniques d'État, écoles et corps d'ingénieurs compris, a facilité l'acculturation et l'adaptation du système importé tandis que le prestige de l'uniforme et du service public a, à son tour, favorisé la valorisation sociale de l'activité intellectuelle des ingénieurs. Comme résultat, malgré l'état arriéré de ses techniques et son industrialisation tardive, vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, la Russie se pose en productrice des connaissances technoscientifiques de pointe compétitive à l'échelle européenne, susceptible d'affronter des problèmes techniques complexes qui ont fait reculer les experts étrangers. Le cas des fermes Haw inventées aux États-Unis et calculées en Russie en est un bel exemple.

Nous aimerions terminer notre récit sur l'importance qu'on attribue aux sciences techniques dans les diverses écoles d'ingénieur nationales par une anecdote historique qui concerne le créateur du cours classique de la résistance des matériaux, l'ingénieur des voies de communications de Russie, Stephen P. Timoshenko. L'auteur de ses lignes l'avait entendu sur son banc d'étudiant puisqu'il a fait ses études dans l'établissement où Timoshenko avait jadis enseigné et où son autorité demeurait grande.

Timoshenko a émigré de la Russie après la révolution de 1917 et a débarqué via France aux États-Unis (notons que l'école de construction des ponts américaine se distinguait, à cette période, par un empirisme quelque peu aventurier). A la recherche de l'emploi, l'ingénieur russe est venu proposer ses services à une firme de construction des ponts. On lui a donné pour vérification les dessins d'un pont, à titre d'essai. Le lendemain matin, il a fait l'intrusion au bureau du chef, particulièrement inquiet: «Il y a une erreur dans les calculs, on ne peut pas construire un pont sur la base de ces dessins, il va s'écrouler». – Et le chef du bureau de répondre: «Le pont s'est déjà écroulé, vous êtes embauché».