



**HAL**  
open science

## Comment l'eau vient aux machines.

Anne-Françoise Garçon

► **To cite this version:**

Anne-Françoise Garçon. Comment l'eau vient aux machines.: Réflexions méthodologiques sur l'évolution des systèmes techniques. L'eau industrielle, l'eau industrielle, Colloque international, Sedan, mai 2000, Cahiers de l'APIC, Apr 2002, Reims, France. p. 13-24. halshs-00080194

**HAL Id: halshs-00080194**

**<https://shs.hal.science/halshs-00080194>**

Submitted on 15 Jun 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# COMMENT L'EAU VIENT AUX MACHINES .

## (REFLEXIONS METHODOLOGIQUES SUR L'EVOLUTION DES SYSTEMES TECHNIQUES)

Référence de publication : « L'eau et le changement technique. Réflexions méthodologiques, 18<sup>e</sup>-20<sup>e</sup> siècles », *L'eau industrielle, l'eau industrielle*, Colloque international, Sedan, mai 2000, *Cahiers de l'APIC*, n°2, 2002, p. 13-24

**Abstract - The coherence and the homogeneity, two qualities which condition the existence of the technical systems and their potential of renewal are not to be exclusively looked for with the technical objects. It is necessary to envisage also the thought which shapes them. In this article dedicated to the analysis of the link between the hydraulics and the innovation, I would like to introduce the doubt and return on two very common analyses in history of techniques: the first one which consists of a strictly "technical" statement of the change, from the lineages of tools, machines and produced objects; the second which sets symbolism against the reality. My purpose in this small text is to incite the reader to observe jointly the tangible and symbolism, to understand in the same movement of thought the technical object, its insertion and its use like "garments of ideas and symbols" which recover together objects, their designers and their users**

Comme chacun sait, Bertrand GILLE distingua deux grands moments au sein du système technique européen, le classique et celui de la première industrialisation en les qualifiant de système 'eau, bois, vent' et de système 'fer, charbon, vapeur'<sup>1</sup>. Claires, pratiques, parlantes, ces désignations métaphoriques firent école, signe qu'elles correspondaient à un besoin. Mais leur emploi est-il complètement adéquat ? Tout se passe en effet comme si la métaphore s'était refusée à vivre. comme si la simplicité des appellations en avait obscurci le sens. La dénomination et les techniques qui les représentent sont fréquemment confondues, assimilées l'une à l'autre. En fonction de quoi, dire explicitement « eau, bois, vent », c'est penser implicitement : étang, canaux, roues ; dire explicitement « fer, charbon, vapeur », c'est penser implicitement : hauts-fourneaux, machines à vapeur, voies ferrées. Une double réduction s'opère dans ce mouvement de pensée, celle du système à sa technique phare, celle de la notion à sa dénomination. Le concept, par là même cesse d'être un outil d'analyse et devient simple moyen de repérage, son emploi se résume à un étiquetage, une manière commode de passer du particulier au général.

Or l'historien des techniques en désignant de la sorte ces systèmes cherchait moins à les baptiser qu'à définir des formes de culture technique, qu'à comprendre l'évolution de ces formes au contact et par le biais des composants désignés. D'où il appert que la cohérence et l'homogénéité, deux qualités qui conditionnent l'existence des systèmes techniques et leurs potentiels de renouvellement ne sont pas à rechercher exclusivement auprès des objets techniques<sup>2</sup>. La pensée qui les façonne, les environne, les accueille (ou les rejette) importe non moins. J'aimerais saisir cette proposition qui m'a été faite de réfléchir sur le lien entre l'eau et l'innovation<sup>3</sup>, pour introduire le doute quant à deux lectures courantes en histoire des techniques, cette première qui consiste en un relevé strictement « technique » du changement, en un énoncé (même classificateur) exclusivement centré sur les lignées d'outils, de machines et d'objets produits ; cette autre qui oppose le symbolique au réel. Puisse ce petit texte inciter le lecteur à observer conjointement le tangible et le symbolique, à inclure dans le même mouvement de pensée l'objet technique, son insertion et son utilisation et les « vêtements d'idées et de symboles »<sup>4</sup> dont sont recouverts tout à la fois l'objet, son concepteur et son utilisateur.

### L'image des roues

Le rôle fondamental joué par le dessin dans tout travail d'ingénierie, que ce soit sous forme d'ébauche, de croquis, ou de dessin élaboré est bien connu désormais<sup>5</sup>. Ce processus de création par la mise en image de l'objet

<sup>1</sup> - Outre *l'Histoire générale des techniques*, il convient de mentionner cet article essentiel : « La notion de « système technique » (essai d'épistémologie technique) », *Technique et culture*, n°1, octobre 1979, p. 8 - 18.

<sup>2</sup> - Qu'il s'agisse d'outils ou de produits n'a pas grande importance à ce niveau de l'analyse.

<sup>3</sup> - Merci mille fois à Gracia Dorel-Ferré pour m'avoir incitée à cette réflexion. Par la chaleur de leur accueil, les collègues de l'A.P.I.C. et la ville de Sedan ont fait de ce colloque un lieu de travail et de sympathie. Qu'ils en soient vivement remerciés.

<sup>4</sup> - « Ainsi [...] ajoutons-nous au monde de la vie [...], un vêtement d'idées taillé dans l'infinité ouverte des expériences possibles, et qui lui va bien, celui des vérités qu'on appelle 'objectivement scientifiques [...]. Le vêtement d'idées [...], ou encore le *vêtement de symboles* [...] comprend tout ce qui pour les savants et les hommes cultivés, se substitue (en tant que nature 'objectivement réelle et vraie') au monde de la vie et le *travestit*. » E. HUSSERL, *La crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendentale*, Tel Gallimard (1954), 1976, p. 60 (en italique dans le texte). Husserl traite de l'univers mathématique-physique, de la 'science mathématique de la nature' d'où la référence aux savants et aux hommes cultivés. La métaphore s'applique avec autant de force à l'esprit technique, qu'il fût 'naïf' ou scientifique (technologique) si tant est que toute technique, en tant qu'atteinte au monde, requiert une pensée qui travestisse cette atteinte.

<sup>5</sup> - Je pense en particulier aux travaux de Madeleine PINAULT-SØRENSEN, par exemple : « A propos des planches de l'*Encyclopédie* » in *Éditer Diderot. Studies on Voltaire and the eighteenth century*, Oxford, n°254, 1988, p.351-361.

rêvé est présent dans le monde occidental depuis des siècles<sup>6</sup>. Les ingénieurs, à partir de la Renaissance, en ont fait un support conscient d'élaboration technique<sup>7</sup> et le positivisme qui depuis deux siècles habille le monde des sciences et des techniques n'a pas éteint ce rapport constructif. Le mode d'approche reste en vigueur dans les très grands projets technologique, ceux qui sont *a priori* « impensables », « unimaginables ». Ainsi les équipes de chercheurs canadiens, états-uniens, français, japonais qui depuis une vingtaine d'années débroussaillent la question difficile (et complètement utopique en l'état) des centrales solaires spatiales ont au cours de leur recherche élaboré des images très belles de ces supposés futurs satellites<sup>8</sup>. Ces œuvres de 'science-fiction' au sens littéral du terme aident à la définition du possible. Et, matérialisant l'in vraisemblable, elles contribuent à rendre ces recherches crédibles aux yeux des décideurs et du public en même temps qu'elles favorisent le dialogue, l'échange entre équipes. Concluons sur ce fait qu'il n'est d'objet, qu'il n'est de production matérielle ni de système technique sans réseaux de rêves et d'images.

L'anecdote que je placerais en illustration de ce premier point a pour cadre la mine de Pont-Péan, en Bretagne, et pour période, le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle. Cette mine de plomb argentifère avait été découverte dans le milieu des années 1730 et les Danycan de l'Épine, lui négociant et malouin<sup>9</sup>, puis sa veuve tentèrent de la mettre en valeur. Leur mérite fut grand : outre que l'exercice ne leur était pas habituel, il était rendu délicat par les particularités géographiques et géologiques de l'exploitation. La mine, en effet, se situait en plaine, dans un bassin sédimentaire et sur les rives d'un cours d'eau, une situation susceptible de dérouter les professionnels de la mine qui pour la plupart avait appris le métier en moyenne montagne. Les Danycan dépensèrent une fortune en techniques, puis les déboires s'accumulant, en chicanes. Les spécialistes se pressèrent, savants, mathématiciens, mécaniciens, ingénieurs - jusqu'à Bélidor, qui refusa d'y croire. N'eût été l'obstination de madame Danycan, n'eût été la très grande richesse du minerai en argent et l'avidité de l'État pour le métal précieux, l'exploitation était condamnée à l'ennui. Il revint à Pierre-Joseph Laurent, spécialiste de l'hydraulique en plaine, « inspecteur des canaux et rivières au département de Flandres, demeurant ordinairement à Bouchain »<sup>10</sup> de trouver la solution. Appelé par Pâris-Duverney qui avait fini par s'intéresser à l'affaire<sup>11</sup>, Laurent détourna la rivière, imagina un ensemble étagé / canaux / roues des plus impressionnants et installa deux machines fort ingénieuses et d'une belle qualité d'invention<sup>12</sup>. En remerciement, il reçut 24.000 livres de la part de la société, le cordon de St Michel et des lettres de noblesse de la part du Roi<sup>13</sup>. A Rennes, ville d'élite, parlementaire et savante, on jura bien sûr, et puisque la mine était voisine, on se déplaça. C'est là qu'est l'anecdote, dans cette curiosité et la manière dont elle fut rapportée : « La mine attire les curieux, écrit le fils Danycan à Pâris-Duverney, en ajoutant : la grande chaussée de Teslé m'a frappé ainsi que la quantité immense des eaux qu'elle retient... L'eau dort dans les canaux ; on ne dirait point qu'elle puisse avoir une chute aussi considérable sur la machine ; c'est ce qui a fit l'étonnement de tout Rennes... On a cru parce qu'on a vu »<sup>14</sup>. Le ton est celui du vainqueur, qui n'a aucune raison de dissimuler son plaisir puisqu'il triomphe publiquement. Les mots sonnent juste néanmoins quand ils expriment l'impression que fait l'installation. sur le public.

L'anecdote rebondit du fait que l'*Encyclopédie* s'intéressa aussi à l'installation. Dans le volume VI du *Recueil*, « cinq planches qui équivalent à 6, à cause d'une planche double » détaillent les « machines de Pontpéan décrites à l'article Pompe dans le XIII volume de l'*Encyclopédie* ». Goussier, leur auteur, y présente « la machine pour épuiser l'ancienne Mine [...] et pour en tirer le minerai »<sup>15</sup> et la « machine pour l'épuisement des Eaux des Mines »<sup>16</sup> sous tous les angles possibles, en plan, élévation et développements. Ces dessins, trop précis pour ne pas avoir été empruntés à Laurent<sup>17</sup>, attestent de l'*ingenium* de leur auteur, de sa capacité à inventer<sup>18</sup>. Mentionnons parmi les exemples, nombreux, de cette ingéniosité technique, l'élégance avec laquelle l'inspecteur des canaux résolut cette invraisemblable gageure mécanique qui consistait à brancher sur une même roue deux va-et-vient de période différente, celui, continu, des pompes et

<sup>6</sup> - Ce pourrait bien être au-delà du « vêtement symbolique » propre au monde occidental, une constante anthropologique du comportement créatif.

<sup>7</sup> - Les travaux en cours de Luisa Dolza et Hélène Vérin sur les théâtres de machines renouvellent complètement cette question qu'aborda en son temps Bertrand Gille.

<sup>8</sup> - Lucien Deschamps, membre de la division R & D, pôle industrie d'EDF utilisa ces images pour illustrer son exposé sur les grands projets internationaux de centrales solaires spatiales, aux journées « Utopie et électricité » organisées en novembre 1999 par l'Association pour l'histoire de l'électricité en France.

<sup>9</sup> - La personnalité et l'œuvre de Danycan de l'Épine ont été étudiés par André LESPAGNOL, dans *Messieurs de Saint-Malo. Une élite de négociants au temps de Louis XIV*, Saint-Malo, 1991.

<sup>10</sup> - CARSIN, René, *Les techniques à la mine de Pont-Péan, 1730-1798. De l'extraction à l'affinage : méthodes et machines*, p. 38.

<sup>11</sup> - Promoteur avec ses frères de l'« anti-système » (de Law), Joseph Pâris, dit Pâris-Duverney devint Contrôleur général des Finances en 1723. Disgracié en 1725, puis rappelé aux affaires en 1745, il contribua à la fondation de l'École militaire en 1751, et en devint le premier intendant.

<sup>12</sup> - Pierre-Joseph Laurent fut associée à la Compagnie et travailla pour elle de 1754 à 1760.

<sup>13</sup> - CARSIN R., *op. cit.*, p. 42.

<sup>14</sup> - CARSIN R., *op. cit.*, p. 41.

<sup>15</sup> - Cette machine était installée sur le puits du Chapelet. Les appellations « ancienne » et « nouvelle mine » expriment traditionnellement l'ordre d'ouverture des travaux sur le gîte.

<sup>16</sup> - Cette seconde machine était installée sur le puits de la Nouvelle Mine.

<sup>17</sup> - Convoqué à titre d'expert dans la querelle qui déchira la Compagnie, d'Alembert avait étudié une partie des équipements de l'exploitation.

<sup>18</sup> - Pour l'analyse de l'*ingenium*, on se référera aux travaux d'Hélène Vérin, en particulier *La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du XVI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle*. Paris, Albin Michel, 1993.

celui, irrégulier, des seaux de minerai. L'artifice consista à placer sur la roue, entre celle-ci et le treuil actionnant les seaux, une étoile de fonte reliée à six chaînes en fer qui assuraient le mouvement des pistons<sup>19</sup>. L'exemple s'il témoigne de la maturité technique du concepteur, témoigne aussi de la maturité du système 'eau, bois, vent', de son aptitude technique à assurer fluidité et régulation, à user en finesse de l'adéquation (presque une hybridation), métal-bois.

Mais arrêtons la description. Et, faisant retour sur notre travail, interrogeons-nous sur ce qu'il convient d'interroger: Faut-il, partageant le regard de Goussier et sa passion pour les engrenages, se polariser sur les roues, le tracé et la forme des canaux, faut-il délaissier parce qu'anecdotique (par exemple) le regard médusé des Rennais ? La tentation en est forte, à la hauteur de l'attrait exercé par l'esthétisme savant des planches de l'*Encyclopédie*, et de la qualité de l'investissement intellectuel nécessaire à leur explication, puisque les référents désormais sont absents. Le récit final est victoire et on voit mal pourquoi l'historien renoncerait au plaisir que cette victoire engendre. Aussi, opérer un réexamen, passer de l'analyse de la technique à celle de l'expression qui en est faite, déstabiliser le récit, envisager les implicites, quitter la linéarité inhérente à la description, affronter le risque que fait courir la position d'observateur omniscient dans laquelle il se trouve, n'est pas une démarche aisée à assumer.

Alors, osons. Et, prenant les planches de l'*Encyclopédie*, comme lieu géométrique de l'observation, revenons brièvement vers l'amont, pour réinterpréter à cette aune la curiosité du public. Puis, nous retournant de nouveau, mais cette fois vers l'aval, nous réfléchissons à l'évolution possible de ce regard du public et au rôle qu'a pu jouer l'*Encyclopédie* à cet endroit. Un décalage apparaît dans le premier temps de l'observation, un décalage entre les étonnements. Les planches mettent en effet le projecteur sur les machines, tandis que sur place, ce sont les canaux qui fascinèrent, l'immobilité d'une eau que l'on savait pourtant en mouvement, et sa puissance finale, si surprenante. Les machines sont évoquées certes, mais d'une manière presque banale, qui tend à faire penser que leur fonctionnement n'était que partiellement compris : « *Cette machine, écrit ailleurs le jeune Danycan, m'a frappé par sa simplicité, sa force et le nombre des pompes qu'elle est en état de mouvoir. Elle n'en mène actuellement que deux... Les autres machines font leur effet avec tout le succès possible. Il faut qu'il y ait bien peu d'eau dans les mines, car les roues vont très lentement...* »<sup>20</sup>. Le ton a moins d'allure ; nulle mention n'est faite du regard des autres ; peu est dit des mécanismes. Comme si c'était moins important, comme si le regard glissait par manque d'intérêt ou comme si l'excès d'inconnu (ou l'excès de complications) obérait l'étonnement.. Voilà donc : ceux des Rennais qui placèrent l'*Encyclopédie*, dans leur bibliothèque, y trouvèrent, le moment venu, autre chose que ce qu'ils avaient regardé lorsqu'ils étaient allés sur le terrain. En s'appesantissant sur les machines, Goussier, à son insu certainement, contraignait le lecteur à une révision, complétait son regard en lui dévoilant de l'inconnu, du complexe. La mécanique est disséquée dans toutes les planches se rapportant à l'hydraulique (et pas seulement pour Pont-Péan), comme le serait le corps d'un homme ou celui d'un insecte ; le dessinateur se pose en anatomiste ou en entomologiste. Cette dissection technique favorisait l'appropriation intellectuelle de la nouveauté du fait qu'elle était en phase avec la formation intellectuelle des lecteurs en même temps qu'elle élargissait le champ de leur curiosité. L'hétérogène se trouvait gommé non pas le déni, mais par l'intégration.. Car l'harmonie des planches, leur ordonnancement, cet appel visuel à la rigueur, tout entrait en résonance avec la formation scientifique et mathématisante que la plupart des lecteurs de l'*Encyclopédie* avaient reçue (souvent de Jésuites) dans leur enfance. Ce constat établi, nous pouvons nous tourner vers l'aval, le futur et considérer l'*Encyclopédie* comme un lieu d'habitation - au monde mécanique, à la science appliquée, au projet ingénieral. Réduire comme il est fréquent le rôle des planches à celui d'illustrations du texte, revient en effet, à commettre un anachronisme, car c'est rabattre le statut du dessin à ce qu'il est devenu dans nos publications contemporaines. Dans la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle (et *a fortiori* avant), la maîtrise du discours écrit sur la technique était encore pour la plus large part en devenir. Depuis la Renaissance, l'habitude avait été prise dans les ouvrages savants traitant des savoir-faire et des pratiques, de proposer deux discours complémentaires, l'un fait de mots, l'autre fait d'images. L'image n'était pas une illustration du texte : allant au-delà de ce que le mot ne pouvait dire, elle montrait autre chose. L'écriture pictographique était un outil puissant d'appréhension et d'interprétation dans ces énoncés qui tendaient à une rationalisation des pratiques. Le projet encyclopédique va au-delà encore, franchit une marche, fait basculer le projet cognitif dans le social. Étudiant « les arts, l'homme et la matière dans l'*Encyclopédie* ». Hélène Vérin observe que Diderot et d'Alembert choisirent, dans le sillage de Bacon – et non dans celui de Juan Huarte, de placer les Arts du côté de la mémoire et les sciences du côté de la raison « pour les séparer, les rendre hétérogènes » car c'était à leurs yeux « la condition de possibilité d'un progrès social vers les arts qui n'est autre qu'un progrès social. [...] L'accomplissement de l'homme social et l'accomplissement proprement technique des métiers sont pris dans une dialectique qui, inversant très exactement les termes de Juan Huarte, permet de penser non plus une

---

<sup>19</sup> - « *Le treuil est terminé par deux tourillons, & son axe doit être exactement le prolongement de celui de la roue qui fait mouvoir toute la machine. Le tourillon du côté de la roue est prolongé, & forme une manivelle simple qui étant rencontrée par l'extrémité du tourillon qui reçoit l'étoile, est forcée de tourner du même sens, en sorte que la roue & le treuil commencent & achèvent ensemble leurs révolutions, ce qui fait enrouler la chaîne sur le treuil, & monter le seau qui contient le minéral.* », etc. La description des machines est de Goussier.

<sup>20</sup> - AD Loire-Atlantique, C 772, mémoire n°1, p. 30, cité par R. Carsin, *op. cit.*, p. 53, n. 25.

perfection, mais un progrès...»<sup>21</sup>. Mais sur la question de savoir où placer l'ingénieur dans cette dialectique qui le concernait directement, elle ne trouve dans le grand ouvrage aucune réponse directe. Diderot et d'Alembert multiplièrent les réponses et, constatant qu'ils ne pouvaient trancher, constatant même leur désaccord, ils décidèrent de laisser la question ouverte. L'esprit ingénieral flotte de ce fait, à quoi contribue puissamment le *Recueil*, parce qu'il constitue, au-delà de la succession de mises en scène des pratiques et des savoir-faire, un répertoire d'images, une bibliothèque de formes, c'est-à-dire que les planches rassemblent et classent. Œuvrant dans l'hétérogène, elles donnent de la matérialité au projet de domestication de la mémoire par la raison « *Dans la partie des arts, si étendue, si délicate, si importante, et si peu connue, écrit d'Alembert en inaugurant le volume III, l'Encyclopédie commencera ce que les générations suivantes finiront ou perfectionneront. [...]. Les arts, ces monuments précieux de l'industrie humaine, n'auront plus à craindre de se perdre dans l'oubli ; les faits ne seront plus ensevelis dans les ateliers et dans les mains des artistes ; ils seront dévoilés aux philosophes, et la réflexion pourra enfin éclairer et simplifier une pratique aveugle* »<sup>22</sup> Mission remplie pourrait-on dire. Car d'un côté, le *Recueil* en appelait à ce qui relevait de la mémoire à la fois pour l'artiste et le lecteur (c'est-à-dire à leur formation), et, d'un autre côté, appuyé sur la seule mémoire du lecteur (quant à celle de l'artisan, il importait seulement qu'elle fût déposée et son contenu engrangé), l'incitait à déployer sur des terrains concrets, son aptitude à la science, à l'ordonnement. Mon hypothèse est que la leçon, entendue des contemporains (l'œuvre fut un succès), contribua dans le long terme à populariser l'esprit ingénieral, porta ses fruits dans le long terme, par le double effet de l'habitude et d'ennoblissement que pouvait conférer un écrit devenu prestigieux.

Ainsi, l'*Encyclopédie* put faire charnière entre les regards disjoints du public et de l'ingénieur. Ainsi, pour faire son chemin une technique doit correspondre à un besoin, ne pas blesser exagérément l'ordre social et s'inscrire dans l'ordre métaphorique<sup>23</sup>. Faute de quoi il y aura résistance – et possible rejet<sup>24</sup>. Or, rien n'indique *a priori* que les temporalités de cette triple intégration – technique, social, métaphorique – se recouvrent, qu'elles coïncident absolument<sup>25</sup>.

### Le style des systèmes.

Il est, dans l'histoire dynamique des systèmes techniques, deux autres écueils à éviter. Le premier tient au concept lui-même : parler de 'système technique' en effet, revient simultanément à fixer un cadre et à envisager son évolution, à poser dans la même réflexion une fixité et un mouvement. Car, tout système, en tant qu'ordonnement humain, est mouvant. Cette difficulté, cette nécessité de conjuguer à la fois cadre et mouvement, Bertrand Gille l'avait détectée et refusait de considérer qu'elle pouvait être un empêchement à l'analyse. Mais en homme de son époque, il appliquait sa pensée strictement à l'évolution des lignées et des complexes techniques, sans déborder du rapport strict à l'objet, laissant ses héritiers orphelins de l'étude d'un rapport à la représentation. Comment dès lors faire vivre la métaphore, comment approcher les passages, les basculement d'un système à l'autre, comment envisager la difficile question de la réversibilité ? La notion de « tectonique » n'est pas sans intérêt à cet endroit pour étayer la pensée par l'agencement dynamique d'images qu'elle propose. Le terme, on le sait, vient de la géologie qui l'a empruntée à la langue grecque. La racine \**tek-* renvoie à la notion globale d'engendrement, de création (*tekton*, c'est l'enfant, le rejeton), puis d'ouvrier travaillant le bois, enfin d'artisan et de créateur. Tectonique (*to tektonikon*) fut composé à partir de l'adjectif pour désigner l'art du charpentier, du menuisier. Le terme décrit donc originellement l'aptitude humaine à agir harmonieusement sur un matériau pour construire un lieu vital, protecteur. Sa redécouverte à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et son application à la géologie ont modifié le réseau métaphorique dans le sens d'un remodelage perpétuel donnant naissance à de nouvelles structures, une évolution le plus souvent imperceptible à l'échelle humaine mais analysable à l'échelle des temps. Le *Dictionnaire de la géographie* le définit ainsi : « mouvements donnant naissance aux structures [...]. Quand les mouvements s'échelonnent sur une longue durée géologique (plusieurs millions d'années) on parle de *tectonique continue* par opposition à la *tectonique instantanée*, de durée brève ». La charpente est devenue structure<sup>26</sup>, via le modelage qui peut être lent (on évoquera l'innovation courante), ou brutal, « instantanée » (on évoquera l'innovation innovante, voire révolutionnaire).

Parler de « tectonique des systèmes techniques » consiste donc à postuler, d'une part, que le rapport des sociétés humaines aux techniques qu'elles utilisent, inventent et mettent en œuvre, est un rapport organisé, décelable, fruit de l'agencement spécifique des facteurs culturels, sociaux, économiques, naturels, qui se traduit par un 'style' ('eau, bois, vent' pour le monde européen entre XII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècle, 'fer, charbon, vapeur' entre XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècle) et, d'autre part, que ces structures, ces lignes de force, sont en constant mouvement. Ce mouvement se produit à une échelle trop importante en temps ou en forme pour pouvoir trouver son origine ailleurs que dans la structure elle-même. Il est endogène donc, mais strictement à un niveau d'ensemble. Car cette dynamique globale est le fruit, la sommation d'une multiplicité de mouvements repérables aux plans géographique et/ou sectoriel. En métallurgie, par

<sup>21</sup> - VERIN, Hélène, « Les arts, l'homme et la matière dans l'*Encyclopédie* », in *La Matière et l'Homme dans l'Encyclopédie*. Actes du colloque de Joinville (10-12 juillet 1995), p. 280.

<sup>22</sup> - *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Avertissement des éditeurs, vol. III, 1753, éditions Garnier-Flammarion, 1986, t.1, p. 216.

<sup>23</sup> - Surtout lorsque la métaphore technique est sexuée, ce qui est fréquent en hydraulique et en métallurgie.

<sup>24</sup> - Dans nos sociétés, la publicité est l'une des techniques mise en œuvre pour abaisser ces résistances.

<sup>25</sup> - J'emprunte à Michel Margairaz cette notion de multi-temporalités.

<sup>26</sup> - Le débat autour du terme « structure » est-il achevé ou en suspens ? Son emploi aujourd'hui rebute souvent les historiens. Faut-il pour autant le réserver aux interprétations structuralistes ? En l'occurrence, elles seraient bien peu appropriées.

exemple, les espaces techniques allemands, anglais, français présentent des formes qui leur sont propres et ne sauraient se confondre, ni dans le système classique, ni dans celui de la première industrialisation. Au sein de chaque système, chaque sous-système présente ses propres zones de force, ses fractures, ses structures fossilisées, ses sédimentations, recouvrements, ses saillants, ses rentrants<sup>27</sup>... Capital pour l'évolution, essentiel à l'analyse, ce dynamisme de second ordre puise sa source dans la confrontation, l'échange, le transfert, le blocage, l'évitement, bref, tout ce que le jeu dialectique entre endogène et exogène, entre tangible et symbolique est susceptible de provoquer en tant que forces contradictoires d'un espace ou d'un moment technique à l'autre<sup>28</sup>.

L'essentiel du travail réside donc dans leur analyse. Ici, se dresse le second écueil qui tient quant à lui, non à la notion, mais au chercheur, à son « vêtement d'idées » (Husserl), à sa « philosophie spontanée » (Althusser), ou si l'on préfère la pensée inconsciente qui sous-tend son analyse et peut l'enfermer s'il n'y prend garde. Le « vêtement » qu'il convient d'ôter en l'occurrence, c'est celui de la pensée évolutionniste en tant que pensée dominante<sup>29</sup>. Cette pensée quasi coextensive au monde occidental pour des raisons que nous n'aborderons pas ici s'est trouvée magnifiée par la révolution industrielle - et l'a magnifiée en retour. Une collusion s'est établie dans les représentations entre la puissance de la machine à vapeur et la « force civilisatrice » des nations européennes. Or, ce « darwinisme social » se fondait sur un « darwinisme technique<sup>30</sup> » plus difficilement décelable, aux termes duquel un petit nombre de techniques ou d'organisations industrielles se trouvèrent définies, « désignées », comme porteuses « en soi » de progrès. Des doctrines prédestinèrent des outils, des formes, des pays à la réussite industrielle : la machine à vapeur évidemment, le béton peut-être, la firme états-unienne sûrement. La recherche historique se polarisa sur ces formes privilégiées et le débat porta sur l'« avance » ou sur le « retard » - plutôt d'ailleurs sur le retard... Ce débat est-il achevé ? La dissociation entre la « technique vapeur » et l'image mentale de progrès<sup>31</sup>, entre évolution et formes prédestinées, et plus largement encore entre progrès et évolution est-elle complètement réalisée ? La culture technique qui se développe autour du système technique de la seconde industrialisation (j'ai choisi de l'appeler 'pétrole, électricité, alliages') devrait faciliter le changement de perspective. Un nouvel étayage technique (l'automobile, l'ordinateur) a abouti à l'édification d'un rapport différent à l'échange et à la production, d'une nouvelle structure économique et (ce qui est beaucoup plus perturbant) d'un rapport différent entre individus et collectivité. L'appréciation du bénéfice technique s'est modifiée sous les coups de l'angoisse engendrée par la rapidité des changements, la surinformation, et la multiplication des catastrophes directement ou indirectement 'technogènes'. Qui donc parmi leurs utilisateurs assidus prétendrait que le remplacement de la machine à écrire par le traitement de texte, celui du train express par le T.G.V., celui de la marche ou du vélo par l'automobile, celui des centrales thermiques par les centrales nucléaires représentent des progrès absolus ? Les déboires rencontrés dans la pratique quotidienne sont trop nombreux. On convient de plus en plus : ces nouvelles manières de travailler, de voyager, d'obtenir de l'énergie présentent d'autres avantages et... d'autres inconvénients. L'entropie du système s'est élevée, et cela complique singulièrement le jeu des régulations, de toutes les régulations. L'appréciation du bénéfice technique attribué aux moteurs thermiques n'a pas été de cet ordre, loin s'en faut.

Aussi bien, poser le problème du changement technique au regard de l'usage fait de l'eau présente l'intérêt du décalage par rapport à ce « darwinisme technique ». A condition toutefois d'admettre ce décalage, de le considérer comme un choix épistémologique et de le travailler en tant que tel. Il n'est plus possible aujourd'hui de fixer la discussion dans les termes : hydraulique / retard, vapeur / progrès ce qui revient, on le sait, à un déni de la capacité d'innover. Mais la fixer dans les termes hydraulique / progrès, vapeur / progrès, est une autre manière de fermer l'analyse. La tâche de l'historien des techniques est double : déterminer et comprendre pourquoi tel pays, région, secteur industriel a employé tel moyen énergétique plutôt qu'un autre, ce qui revient à définir les spécificités des chemins d'évolution, à les caractériser ; considérer en quoi l'usage préférentiel de l'eau courante comme force motrice a charpenté les modes de pensée technique, en quoi le passage à la vapeur a modifié cette charpente de pensée et comment dès lors s'est établi le rapport à l'eau dans le cadre de ces nouvelles architectonies.

### Le silence de l'eau...

En 1747, la Compagnie des Mines de Basse-Bretagne installa une machine de Newcomen sur le site de Poullaouen. Les machines à feu étaient rares à ce moment en France, et présentes exclusivement sur des exploitations houillères, dans le Nord du pays<sup>32</sup>. La décision, novatrice en soi, s'origine dans les faits suivants : 1)

<sup>27</sup> - Traduction totalement libre et personnelle de la notion de « *reverse salients* » proposée par Thomas Hugues.

<sup>28</sup> - On trouvera d'excellents exemples de ces dynamismes dans les travaux de Corinne Maitte et de Marco Belfanti sur les communautés d'artisans.

<sup>29</sup> - J'emploie le terme « évolutionniste » dans son sens le plus général. Dans son ouvrage *Darwin et les grandes énigmes de la vie*, Stephen Jay GOULD insiste sur ce fait que Darwin n'usait pas du terme « évolution » : « le mot « évolution », appliqué à la théorie de Darwin n'a pas été emprunté à un terme technique plus ancien, mais à l'usage courant ». L'auteur résume ainsi les conceptions du savant anglais : « pour commencer Darwin prétend que l'évolution n'a pas de but.[...] s'il existe un ordre et une harmonie dans le monde, ce ne sont que des conséquences accidentelles de l'activités d'individus qui ne cherchent que leur profit personnel. C'est si l'on veut, l'économie d'Adam Smith appliquée à la nature. En second lieu, Darwin soutient que l'évolution n'est pas dirigée, qu'elle ne conduit pas inévitablement à l'apparition de caractéristiques supérieures. La « dégénérescence » du parasite et aussi parfaite que l'élégance de la gazelle. » Pour lui, « le contenu philosophique des conceptions de Darwin constituent un défi à un ensemble d'idées particulières à l'Occident... », op. cit., p.10-11, 33-37 et passim.

<sup>30</sup> - Expression bien évidemment calquée sur celle de 'darwinisme social', dont « Darwin se méfiait beaucoup », remarque Stephen Jay Gould, op. cit., p. 37.

<sup>31</sup> - Chris MAC LEOD accomplit à ce propos. un travail de décapage vivifiant et tout à fait indispensable.

<sup>32</sup> - Anzin, Fresnes et Vieux-Condé.

les actionnaires n'eurent pas conscience, sur le moment, du caractère radicalement neuf de l'engin qu'ils commandaient ; 2) l'eau manquait sur le plateau de Poullaouen et la machine à feu semblait une alternative technique intéressante ; 3) la présence de charbon en Bretagne était une opinion couramment admise à ce moment dans les milieux informés. Une réalité de terrain, une méconnaissance, une réalité supposée, voilà au total ce qui amena la Compagnie à opter pour le système anglais aux dépens de la manière allemande, c'est-à-dire du vieux système étang/canaux/roue.

La machine fut construite par Mathieu, qui vint de Liège ; elle fonctionna une année entière, donna toute satisfaction, puis on l'arrêta et elle fut démontée. A partir de 1752, la Compagnie dota le site d'étangs et de canaux, détourna à son profit toutes les eaux de la région, jusqu'à l'Aulne qui coulait à une vingtaine de kilomètres de là. L'interprétation de ce retournement pour le moins brutal réclame de distinguer trois niveaux d'analyse :

Le premier intéresse la technique en tant que telle, ou plutôt son adaptation au terrain. En optant pour la machine à feu, les exploitants agirent en toute intellectualité, leur choix fut un choix savant. La déception, le désenchantement vint de la mise en exploitation, des difficultés soulevées par l'hybridation technique en somme. Les dirigeants de la Compagnie, actionnaires et ingénieurs confondus, découvrirent en effet successivement : que la Basse-Bretagne ne disposait pas de ressources exploitables en charbon de terre<sup>33</sup> ; que le fonctionnement de la machine à feu réclamait de l'eau, beaucoup d'eau<sup>34</sup> ; enfin que ce fonctionnement au moindre coût imposait d'abandonner la technique des puits obliques, technique précieuse au demeurant parce qu'elle suivait le filon au plus près. Ils aboutirent à cette découverte fondamentale qu'il y avait un lien entre le mode d'exploitation minier et le dispositif énergétique, et qu'ils devaient faire un choix entre l'économie du travail souterrain et l'économie d'énergie. Mais ce choix, en était-il un véritablement ? Dans ce système filonien marqué par une forte subverticalité, l'ordonnement *a priori* des travaux souterrains, leur ordonnement prévisionnel était totalement aléatoire et complètement risqué, en ces temps de complète incertitude géologique.

Le second niveau déborde de la technique proprement dite, et s'intéresse au complexe technique environnant, c'est-à-dire le réseau, la matrice techno-économique de la filière, l'écheveau de métiers, d'entreprises, de compétences auquel l'entrepreneur recourt obligatoirement pour la mettre en œuvre et la faire durer. La filière hydraulique demandait surtout de l'habituel, du connu : des charpentiers hydrauliques, des terrassiers, des cordonniers, du cuir, du bois, un ingénieur pour décider du moteur approprié et installer correctement les pompes. A l'exception de l'ingénieur (Koenig fut recruté alors qu'il arrivait de Saxe), la province ne manquait de rien. Tandis que la machine à feu exigeait des mécaniciens, des forgerons habitués au travail des cylindres, un charbon à haut pouvoir calorifique, du minium, de la tôle, tout matériaux et compétences qu'il fallait faire venir de Flandres et d'Angleterre, en un temps où les routes maritimes étaient incertaines du fait des guerres. Employer la machine à feu dans ce contexte, c'était mettre l'exploitation à la merci de n'importe quelle panne. L'abandon de la technique ne signe donc ni une régression ni un refus de la nouveauté, mais un pragmatisme de bon aloi. Mieux valait, pour que vive l'exploitation, exploiter les ressources immédiatement disponibles. En quoi la compagnie montrait son esprit d'entreprise : l'entrepreneur n'est-il pas celui qui sait risquer, c'est-à-dire qui sait évaluer le risque et le refuser s'il est trop grand ? Signalons, pour confirmation du propos, que le chevalier d'Arcy, l'un des actionnaires les plus actifs de la Compagnie des Mines de Basse-Bretagne s'associait peu avec le marquis d'Hérouville, le duc de Chaulnes, et Christophe Mathieu dans le but d'exploiter la mine de charbon de Montrelais, près de Nantes, en y installant une machine à feu « semblable à celle de Poullawen »<sup>35</sup>.

C'est de la pensée entrepreneuriale précisément que se préoccupe le troisième niveau de l'analyse. Et, dans le cas présent, il renvoie au système technique dans son ensemble. Installée ailleurs que sur un gîte houiller, la machine à feu prit à rebours les habitudes des entrepreneurs en les contraignant à un décompte quotidien des frais d'exploitation. L'innovation radicale était là, dans cette obligation inattendue auquel il fallut faire face. Pour comprendre ce qui différencie de ce point de vue la filière hydraulique et la filière thermique, j'utiliserai de la métaphore du bruit et de silence. Le silence, c'est celui des roues, et de l'eau et, conjointement, celui des coûts. Silence et non absence, parce que le silence implique une présence qui ne se dit pas, une présence qui même n'est pas forcément perçue. Les coûts de la filière hydraulique étaient très lourds, et, autant qu'on puisse en juger (les calculs comparatifs ne sont pas aisés à réaliser pour cette période), aussi lourds dans leur globalité que ceux induits par l'acquisition et le fonctionnement d'une machine à feu<sup>36</sup>. Mais, leur répartition était différente, avec un très fort investissement initial suivi d'un coût d'exploitation à peu près inexistant, ou du moins perçu comme tel<sup>37</sup>. L'entrepreneur préindustriel, dans les mines et la métallurgie, privilégiait les coûts d'investissement, et avait tendance à gommer les coûts d'exploitation. Par opposition, la filière thermique était un système bruyant du fait qu'elle obligeait par l'achat constant de charbon au calcul quotidien des coûts de fonctionnement. Ce type de raisonnement économique, nul n'y était habitué dans le secteur de l'industrie de base, et l'atonie du marché, en quoi

---

<sup>33</sup> - L'exploitation de Montrelais, dont les actionnaires étaient pour une bonne part les mêmes que ceux de la Compagnie des Mines de Basse-Bretagne,

<sup>34</sup> - Borgnis met bien ce fait en évidence.

<sup>35</sup> - BRULE (- GARÇON), Anne-Françoise, « L'exemple des mines », in *La Bretagne des savants et des ingénieurs*, Jean Dhombres (dir.), Rennes, 1991, p.144-157.

<sup>36</sup> - C'est ce qui vaudra pour une bonne part le succès précoce de la machine de Watt en Bretagne (ibid.).

<sup>37</sup> - On se préoccupe ici exclusivement du fonctionnement du moteur et non de celui des pompes, qui pourrait d'ailleurs servir de contre-épreuve au raisonnement.

l'espace économique français se distingua de l'Anglais, jusqu'aux années 1780 du moins, n'en favorisa pas l'acquisition.

Il est d'autres traces de cette réalité<sup>38</sup>. C'est de calculs et de mesure dont Borgnis se préoccupe en premier lieu, lorsqu'il présente les deux moteurs 'hydraulique' et le 'thermique' dans son *Traité complet de mécanique appliquée aux Arts*. Mais ce souci s'exprime différemment selon qu'il parle de l'un ou de l'autre. Quand il est temps pour lui de traiter de « *L'eau considérée comme moteur* », l'ingénieur commence par souligner l'importance d'opérer les calculs préalables : « *Toutes les fois que l'on se propose d'employer la force impulsive de l'eau pour animer une machine quelconque, il est nécessaire d'en connaître la valeur : sans cette connaissance, on ne saurait ni proportionner, ni disposer convenablement les parties de la machine. Il y a des cas où le courant d'eau est éloigné de l'emplacement que la machine doit occuper, et où l'établissement d'un canal intermédiaire est indispensable. Dans ces cas, il faut, avant tout, relever le plan du terrain compris entre le courant et l'emplacement de la machine, tracer la ligne que le canal doit suivre, d'après un examen attentif des circonstances locales, et faire un nivellement exact le long de cette ligne. Le nivellement a pour but, non seulement de déterminer la hauteur de la chute d'eau, mais aussi de fournir les éléments du calcul des déblais et remblais que la confection du canal exigera. Si la machine doit être placée sur le courant d'une rivière ou sur le bord d'un canal déjà existant, alors il suffit de déterminer, par des observations bien faites, la masse d'eau disponible, la vitesse et la valeur absolue de sa force impulsive<sup>39</sup>* ». Tout ici se passe du côté de la science physique, seule susceptible d'aider l'exploitant (ou son ingénieur) à déterminer le meilleur profil possible pour établir son moteur. Qu'en est-il lorsque Borgnis en vient à traiter « *De la vapeur de l'eau bouillante* » ? Les premiers énoncés se rapportent également à la science physique. Mais, à la différence du moteur hydraulique dont le rapport au calcul s'arrête là, le propos bascule avec une rapidité étonnante vers l'économique. C'est là – et non dans la science physique – que gît la norme à partir de quoi l'efficacité de l'installation sera évaluée : « *Le meilleur moyen de se former des idées justes de l'utilité que peuvent présenter les machines à vapeur, est la comparaison de leurs produits avec la dépense qu'elles occasionnent, comparaison déduite de résultats observés dans des machines depuis long-temps en activité. Nous allons donc exposer quelques-uns de ces résultats qui semblent dignes de confiance* ». Ou encore : « *MM. Watt et Bolton évaluent le travail de leurs machines à vapeur de la manière suivante, en prenant pour base la consommation d'un boisseau de charbon de Newcastle, pesant 84 livres, sans avoir égard au temps dans lequel ce boisseau a été dépensé, puisque cela dépend des dimensions de la machine. Suivant ces mécaniciens célèbres, la combustion d'un boisseau de charbon produit le travail suivant : 1°. Elle élèvera trente millions de livre à la hauteur d'un pied ; 2°. Elle fera moulin et bluter onze boisseaux de froment ; 3°. Elle fera laminer et fendre pour la clouterie, cinq quintaux de fer ; 4°. Elle fera marcher mille broches d'une filature à coton et toutes les machines préparatoires, avec la vitesse convenable ; 5°. Elle équivaldra à la force réunie de dix chevaux.* » Enfin : « *dans la construction de ces machines quelle qu'en soit l'espèce, on doit mettre en usage tous les moyens possibles de diminuer la quantité de vaporisation nécessaire à l'effet qu'on a en vue, de diminuer en même temps la dispersion de la chaleur, et par là ménager le combustible ; on doit joindre à cette première économie celle de la matière et de la main d'œuvre, en resserrant les dimensions des pièces sans nuire aux résultats, mais on doit surtout prévenir les explosions par de sages précautions prises contre un agent dont la puissance devient destructrice lorsqu'elle n'est pas limitée<sup>40</sup>* ». L'exposé change jusque dans son style : seulement évoqués dans le cas de l'hydraulique, les chiffres et calculs qui accompagnent la présentation du moteur thermique sont précis, énoncés sous la forme de tableaux qui mettent en comparaison la puissance des machines, leur prix, et leur consommation en charbon de terre, en bois dur, en tourbe<sup>41</sup>. Le propos est d'autant plus illustratif qu'il n'est pas volontaire. La démarche de BORGNISS est globale, « *technologique* » ; elle s'attarde à froid sur chacun des moyens disponibles. Son souci n'est ni de comparer, ni d'opposer, ni d'établir un palmarès, mais d'opérer une classification la plus rigoureuse qu'il soit. La différence s'établit donc 'naturellement' ; les modes de pensée environnant les deux types de moteurs transparaissent du simple fait de la description. On conclura dans un sens général : la révolution industrielle n'a pas résidé dans l'usage « en soi » de la machine à vapeur ou du charbon, mais dans ses conséquences idéelles, dans cette manière qu'eut leur utilisation d'infléchir ou de magnifier les modes des pensées économiques. L'affaire s'est nouée autour du calcul, de la mesure. Dans le système 'fer, charbon, vapeur', tout se compte. Outil de travail désormais commun aux trois mondes de la science, de l'économie et de la technique, le calcul pouvait de surcroît rajeunir, revivifier le vieux rêve technologique, le « poser » dans le double sens de la matérialité et du juridique<sup>42</sup>.

L'hydraulique s'en trouva rajeunie. Entre la fin du XVIII<sup>e</sup> et le début du XIX<sup>e</sup> siècle, l'ingénierie (française entre autres) devint capable de calculer avec précision les effets utiles de ce type de moteur, et de proposer des outils performants. Cela ouvrait la voie à un 'chemin de l'industrialisation' par l'hydraulique. En d'autres termes, l'usage d'une hydraulique, désormais employée de manière calculée et prévisible eu égard à des besoins, et non plus intuitivement comme c'était le cas dans le système classique, aida à l'industrialisation du secteur de base, à la concentration de production dans les usines, à la naissance des grandes usines. Dans un pays comme la France, pauvre en ressources houillères de qualité, et dans un système qui devenait de plus en plus bruyant en terme de coûts, elle a contribué à restreindre les coûts quotidiens de production, et partant favorisé l'accumulation primitive.

<sup>38</sup> - Sur l'introduction de la mesure en métallurgie, voir GARÇON, Anne-Françoise, 'Fours debout, fours couchés. L'horizontalité et son apport en métallurgie', *Archives internationales en Histoire des Sciences*, n° 143, vol. 49 / 1999, p.302 - 330.

<sup>39</sup> - BORGNISS J. A. L., *Traité de mécanique...*, p. 35 à 78, paragraphes 98, 99 et 100. Le cas des moteurs à vent, que nous taisons ici, occupe le chapitre IV du traité.

<sup>40</sup> - Ces citations sont empruntées au chapitre III, p. 79 à 162, paragraphes 199, 203, et 210.

<sup>41</sup> - Le tableau de la page 84 du *Traité*, par exemple, est accompagné de cette mention : « *on trouve dans les Annales des arts et manufactures, le tarif suivant du prix et de la consommation des machines à vapeur de Mr Edwards, suivant les degrés de force dont elles sont susceptibles.* »

<sup>42</sup> - L'étude de Jacques GUILLERME et Jean SEBESTIK, « Les commencements de la technologie », *Thalès*, PUF, 1968 demeure une référence en la matière.

Fruit par excellence de la pensée ingénierale, son emploi est comparable, dans ses résultats, à ce qu'a été le *domestic system*, la fabrication proto-industrielle pour le textile. Quoique seconde dans l'architecture du nouveau système technique, elle a joué un rôle fondamental à l'horizon d'un pays qui découvrait dans les années 1820 son infériorité en matières premières, en proposant une réponse technique et économique au moindre coût. Il est difficile, sauf à défendre un 'évolutionnisme' de mauvais aloi, de reprocher aux ingénieurs d'avoir développé cette compétence, et aux entrepreneurs d'avoir fait leurs, les engins mis au point.

Ceci étant, l'obligation de composer avec les contraintes de l'espace techno-économique français, n'a pas été sans retentir sur les modes de pensée et sur les représentations. Deux pistes de réflexion se dégagent ici. La première concerne la pensée entrepreneuriale, dans son rapport à la gestion. Il est frappant de voir, dans le secteur des non-ferreux du moins, combien il fut difficile aux entrepreneurs miniers d'intégrer dans le détail les deux formes de calculs, technique et économique. Jusque vers les années 1860, les élèves-ingénieurs des Mines, quant à eux, rompus à ce genre de calcul<sup>43</sup>, ne ratèrent pas une occasion de relever les insuffisances en la matière des sites qu'ils étaient amenés à visiter. Or l'exploitation minéro-métallurgique pendant toute la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle s'en tint globalement au moteur hydraulique. Cette permanence a-t-elle exercé une influence identique à celle du maintien de la sidérurgie au bois, a-t-elle opacifié la nécessité d'une gestion rapprochée des coûts de production ? Une opacification que pouvait difficilement contribuer à réduire le lien privilégié avec les marchés publics... Faudra-t-il sur ce plan le passage de la minéro-métallurgie à la métallurgie sur l'eau, et l'urbanisation afférente de ce secteur pour que se modifient les habitudes dans ce secteur industriel ?

La seconde piste de recherche concerne la pensée ingénierale. Il est courant et pour tout dire habituel de parler d'un 'modèle' français qui privilégierait le rapport à la puissance publique aux dépens de l'industrie. Cette lecture, commode lorsqu'il s'agit d'étudier les emprunts faits par d'autres pays au système français de formation de l'ingénieur, présente l'inconvénient non négligeable de clore le débat avant même que de l'engager lorsqu'on l'applique à la France elle-même. Parler de modèle, n'est-ce pas en effet ressusciter le diable de Maxwell, n'est-ce pas décider implicitement de la présence d'un agent pour penser et imposer ce modèle, et conférer non moins implicitement une puissance transcendante à cet agent (qui ne pourra être que l'ingénieur lui-même ou... l'État<sup>44</sup>) ? N'est-il pas plus raisonnable – et plus réaliste pour qui veut à la fois définir un état et rechercher les causes qui l'ont fait naître - de mettre en relation l'évolution de la pensée et du métier d'ingénieur avec la multiplicité et la spécificité des contraintes que rencontra le pays dans sa phase d'industrialisation ? N'est-il pas préférable de se demander dans quelle mesure et jusqu'à quel point la matrice française d'industrialisation a imprimé sa marque, son style à l'ingénierie française ? Évoquons l'ingénieur des Mines en une brève et ultime illustration. Premier parmi les corps d'ingénieur à avoir reçu une formation 'industrielle' il ne ressemble que de très loin à ce polytechnicien féru de mathématiques et peu au fait des pratiques de l'atelier à quoi est facilement assimilé l'ingénieur français. Dans le premier XIX<sup>e</sup> siècle, il est bien sûr féru de mathématique - ce qui fait de lui un bon hydraulicien- mais il est aussi un bon métallurgiste, et ne dédaigne pas d'être mécanicien même s'il est 'corpsard'<sup>45</sup>. C'est un homme de terrain, c'est aussi un homme d'atelier. Certains travaillèrent avec passion à la mise au point de machines d'exhaure quoiqu'ils trouvèrent difficilement à appliquer ce savoir dans l'industrie « privée », comme on disait alors. Est-ce à dire qu'il y eut échec partiel de la pensée mécanicienne française<sup>46</sup> ? Et dans ce cas pourquoi ? Est-ce à dire que le recours à l'hydraulique, s'il contribua à laisser partiellement en friche le territoire de la gestion, eut cet autre effet d'exacerber la relation d'ordre et d'emprise, d'hypertrophier les idées de centralité et de territorialité ? Ces interrogations méritent réponse. Comme mérite d'être recherchée, dans cette ligne de pensée, une continuité entre les systèmes 'eau, bois, vent' et 'pétrole, électricité, alliages'. L'incitation à la réflexion ne vient pas seulement de la relation d'ordre : il ressort d'une étude récente que l'idée – fautive au vu de vingt années d'expérience - que l'on s'était forgée de la filière américaine P.W.R. (« *Pressurised Water Reactor* »)<sup>47</sup> lorsqu'il fut décidé de l'adopter aux dépens de la filière graphite-gaz, était celle d'une énergie coûteuse en investissement initial mais à faible coût d'exploitation...<sup>48</sup>.

Anne-Françoise Garçon  
Janvier 2001  
Université Rennes 2 - CRHISCO

<sup>43</sup> - Frédéric Le Play présida longtemps à leur formation pratique.

<sup>44</sup> - A moins que ce ne soit l'historien !

<sup>45</sup> - Les 'Corpsards' sont ces ingénieurs sortis de Polytechnique en suffisamment bon rang pour pouvoir choisir parmi les quelques places réservées à leur intention dans les écoles d'application.

<sup>46</sup> - Aspect développé dans « L'ingénieur et la machine qui n'était pas à vapeur », Actes des journées d'études *Les constructions de l'eau : archives, objets et images du Moyen-Âge à l'ère industrielle...*, à paraître.

<sup>47</sup> - Appellation francisée sous le nom de « filière REP », réacteur à eau pressurisée.

<sup>48</sup> - « Le bilan de la filière actuelle corrige l'idée selon laquelle le nucléaire coûte cher en investissement, peu en exploitation, et peut être cher en fin de vie à cause des problèmes liés au démantèlement des centrales et du stockage des déchets ultimes. En fait, l'investissement représente 25% du coût global, contre 43% pour l'exploitation, le reste se partageant entre l'amont et l'aval du cycle. 'C'est une mise à jour importante', souligne Benjamin Dessus.[...] Etude économique prospective de la filière électronucléaire réalisée à la demande de Lionel Jospin, par Jean-Michel Charpin, commissaire au Plan, Benjamin Dessus, responsable du programme Ecovdev du CNRS, René Pellat, haut-commissaire à l'énergie atomique, publication de La Documentation française commenté dans *Le journal du CNRS*, n° 132 décembre 2000, p. 12 – 15.