



Bulletin de la Sabix

Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de
l'École polytechnique

25 | 2000

Le cours de Machines de l'Ecole polytechnique, de sa
création jusqu'en 1850

Deuxième partie - Le cours de Hachette : 1806 - 1816

Jean-Yves Dupont



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/sabix/256>

ISSN : 2114-2130

Éditeur

Société des amis de la bibliothèque et de l'histoire de l'École polytechnique (SABIX)

Édition imprimée

Date de publication : 1 octobre 2000

Pagination : 20-34

ISBN : ISSN N° 2114-2130

ISSN : 0989-30-59

Référence électronique

Jean-Yves Dupont, « Deuxième partie - Le cours de Hachette : 1806 - 1816 », *Bulletin de la Sabix* [En ligne], 25 | 2000, mis en ligne le 05 novembre 2010, consulté le 27 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/sabix/256>

Ce document a été généré automatiquement le 27 avril 2019.

© SABIX

Deuxième partie - Le cours de Hachette : 1806 - 1816

Jean-Yves Dupont

- 1 La loi d'organisation de l'Ecole prescrit un cours d'application de la géométrie descriptive aux éléments des machines. Mais on lit dans le procès-verbal de la séance du Conseil d'instruction du 25 juin 1800 que
« vu l'absence du citoyen Monge, qui s'était chargé de faire un cours sur les Eléments des Machines, le Conseil arrête que ce Cours n'aura pas lieu cette année (...) ».
- 2 Un nouveau projet est élaboré pour l'année suivante ; Monge repart en Italie et le cours de Machines est encore ajourné¹. Pourtant le décret du 27 messidor an XII (16 juillet 1804) fait toujours mention du « dessin des Machines », sans plus de précision.
- 3 L'Ecole de l'Artillerie et du Génie de Metz s'organise à partir de 1802². Les relations entre l'Ecole polytechnique et ses écoles d'applications se normalisent, et une commission du Conseil de perfectionnement propose en 1805 de transformer les cours de Fortification, de Travaux publics et de Mines – « ces cours étant loin d'avoir la même généralité, la même utilité pour tous les élèves »- en cours d'Art militaire, de Constructions et de Machines³ :
« On donne à l'Ecole de Metz, sur les Machines et les Constructions, des généralités qui seront mieux placées à l'Ecole polytechnique ».
- 4 Le Conseil approuve et décide que cela « doit être préparé par le Conseil d'instruction, pendant cette année, pour être fait seulement dans le cours d'études de 1807 »⁴.
- 5 Pris dans un contexte institutionnel différent, où intervient une meilleure coordination des enseignements entre Ecole polytechnique et Ecoles d'applications, le cours de Machines va se mettre en place rapidement.

Du *Cours sur les Eléments des Machines* (1806) au *Cours élémentaire des Machines* (1807-1810)

- 6 Chargé d'instituer un cours d'Eléments des Machines « utile à tous les corps d'ingénieurs »,
- 7 Hachette présente un rapport au Conseil d'instruction le 16 juillet 1806. Il donne « lecture du Programme de ce cours dont il a préparé les bases », en proposant de prendre au Conservatoire des Arts et Métiers « les dessins de machines dont l'école peut avoir besoin ».
- 8 Adopté le 20 novembre par le Conseil de perfectionnement, le programme⁵ du *Cours sur les Eléments des Machines* comprend cinq leçons, s'appuyant sur un choix limité de machines : balancier de la monnaie, treuils et crics, moulins et bélier hydraulique, pilons, pompes à feu ; deux dessins au trait et au lavis : filetage et came ; quatre épures ou planches d'illustration. Il est imprimé en février 1807 dans le *Rapport* concernant la session 1806.
- 9 C'est ainsi que cet enseignement a lieu, pour la première fois, en 1806⁶. Dans son *Compte rendu sur la marche de l'enseignement* du 15 janvier suivant, l'Inspecteur note :
- « Cours des Eléments des Machines - M. Hachette a fait cinq leçons sur cette matière les 29 octobre, 8, 22 et 29 novembre et le 6 décembre. M. Girard a le 24 donné aux sergents et caporaux les développements sur les dessins des machines que les élèves avaient à exécuter. »
- 10 Il faut remarquer que ce cours a été placé dans le « temps des vacances », les professeurs étant absents pendant deux mois, entre le départ des anciens élèves pour les écoles d'application et l'arrivée des nouveaux élèves reçus au concours d'admission. *L'Emploi du temps pour la division qui doit rester à l'école* (16 août 1806) précise que les travaux en cours (dessins et comptes rendus de visites) se poursuivent après les examens de fin d'année ; puis, « les travaux extérieurs étant terminés, et se trouvant tous réunis », on peut « leur faire commencer les travaux de l'année scolaire qui sont dans le cas de les occuper sans les fatiguer » : ainsi, « les élèves dessineront et laveront les dessins suivants [...] ».
- 11 Bien qu'il ait lieu dans une période précédant la rentrée officielle, ce cours est rattaché à la deuxième année d'études⁷.
- 12 Le *Tableau de l'emploi du temps* de septembre 1806, comme celui d'octobre 1807, indique que le mercredi et le samedi ont lieu les « Leçons d'Eléments des Machines » de 8 à 9 h, suivies de 9 à 14 h du « Dessin des Machines » ou de « Visite des ateliers », dont la relation est prévue le mercredi de 18 à 20 h ; les après-midi sont libres. Il est aussi précisé : « pour les élèves qui n'obtiendront pas de congé »⁸.
- 13 Cette situation un peu particulière n'est qu'un arrangement au départ. Mais elle sera reconduite, ce qui ne facilite pas la tâche de l'enseignant. En 1814, Hachette et Arago soulignent encore l'avantage qu'il y aurait à « adopter une autre distribution du temps, principalement pour le cours des machines, qui se fait dans un temps de dissipation, ou d'absence pour congé d'un grand nombre d'élèves ».
- 14 En 1807, Hachette reconduit son cours, en six leçons, du 24 octobre au 14 novembre. Une nouvelle rédaction du programme est adoptée le 6 novembre ; son intitulé devient *Cours élémentaire des Machines*, avec la précision *faisant partie du Cours de géométrie descriptive*. Il est imprimé dans le *Rapport sur l'Ecole, session 1807*, rédigé par le Conseil de perfectionnement le 26 janvier, et publié en avril avec en annexe le *Tableau des machines*

élémentaires, accompagné d'une légende en sept pages, classant les principales machines en dix séries selon la nature des mouvements transformés. Cet événement est annoncé en janvier 1808 dans la *Correspondance sur l'Ecole polytechnique*⁹(tome 1, cahier 9) :

« Conformément à l'arrêté du Conseil de Perfectionnement, la seconde année d'études des élèves de l'Ecole Polytechnique, a commencé le 24 octobre 1807 par le cours sur les machines ; la plupart des épures servant à ce cours sont gravées ; le précis des leçons du professeur (M. Hachette) paraîtra dans le courant de l'année, en même temps que le travail de MM. Lanz et Bétancourt sur les éléments des machines ».

- 15 Ce programme, correspondant à l'année scolaire 1807-08, est reconduit l'année suivante, puis de nouveau pour la session 1809-10 (le travail exigé des élèves ayant été modifié). Il est publié en 1808, avec le *Tableau* et une introduction *Sur le cours des machines de l'Ecole polytechnique*, sous le titre de *Programme du cours élémentaire des machines, pour l'an 1808*, précédant *l'Essai sur la composition des machines* de Lanz et Bétancourt - ouvrage dont la sortie est annoncée dans le cahier 1 du tome 2 de la *Correspondance* (janvier 1809).
- 16 On peut remarquer que Hachette a différé l'annonce de l'ouverture de son cours ; sans doute se donnait-il le temps de le mettre au point. La deuxième version du programme, bien que très sommaire, est beaucoup mieux construite : ne se contentant pas d'énumérer les quelques machines présentées dans les leçons, elle procède d'une théorie où les notions de force et de moteur sont introduites avant la description des différents mouvements. Puis on renvoie au *Tableau*, dans lequel toutes les « machines élémentaires » sont classées, avant de passer aux « principales machines employées dans les constructions », sans les détailler. Le programme finit en se rattachant à la Géométrie descriptive avec les « Applications de la théorie des ombres et du lavis au dessin des machines ». A comparer les sessions 1806-07, 1809-10 et 1810-11 (programmes et sommaires des leçons), les différences concernent surtout les engrenages, dont Hachette développera l'étude théorique par la suite ; ses travaux seront mentionnés explicitement dans les deux éditions de *l'Essai*. Quant au travail demandé aux élèves, il reste du même genre ; il s'agit davantage de problèmes de géométrie que de mécanique, même s'ils s'appliquent à des objets techniques : filetage, cames ou roues dentées.
- 17 Le matériau d'enseignement pourtant s'étoffe d'après *l'Inventaire du cabinet des modèles* (1807-1813), pendant que Hachette se déplace dans les entreprises pour étudier leurs installations. De 1806 à 1809, il a préparé et fait graver une trentaine de planches de cuivre. Les machines décrites, comme les planches à expliquer, sont plus nombreuses : aux « éléments de machines » sont venues s'ajouter diverses « machines servant dans les constructions », couvrant ainsi les deux chapitres prévus par Monge, les machines « simples » et les machines « composées ». Lorsque le cours est officialisé, fin 1807, il existe déjà suffisamment de planches : une douzaine dont le *Tableau*. Par ailleurs, une collection de modèles et de maquettes se constitue ; un fonds annuel de 1200 F lui est affecté. Hachette propose au Conseil d'instruction du 22 avril 1808 que :
- « soit nommée une commission qui soit chargée d'examiner quels sont les modèles des machines qu'il convient de faire faire pour continuer la collection, qui n'est que commencée ».
- 18 Il pense que cette question mérite l'attention du Conseil. Le 12 août, la discussion s'ouvre sur les propositions de la Commission. Il est observé que :
- « depuis longtemps le Conseil a manifesté le désir d'avoir un modèle de pompe à vapeur et que ce modèle est un des plus intéressants à mettre sous les yeux des élèves. »
- 19 Mais son prix est tel, qu'en mars 1810 l'affaire n'est toujours pas réglée.

- 20 Quand le *Programme* est publié avec le *Tableau* en annexe, on peut dire que le projet de Monge, exposé dans les *Développements*, est pour l'essentiel accompli - du moins en ce qui concerne la géométrie des machines. Mais le travail de Hachette n'est pas terminé : il lui reste à concilier la « description des machines » avec le « calcul de leurs effets », et aussi à rédiger un manuel comme il y en a pour les autres cours.
- 21 La direction de l'Ecole écrit dès 1800 :
- « Il serait à désirer, pour l'avantage des élèves et la gloire même de l'Ecole, que les programmes de tous ces différents cours fussent développés dans des ouvrages rédigés exprès à son usage par les professeurs, et où les matières seraient traitées avec la précision que comportent des livres classiques, et néanmoins avec la profondeur nécessaire pour en porter l'instruction au niveau des progrès de nos connaissances ».*
- 22 Et le programme publié en 1807 est explicite :
- « Le conseil d'instruction favorisera, autant qu'il sera possible, la rédaction d'un Traité des Eléments des machines »¹⁰.*
- 23 Hachette s'en souvient dans sa Préface de 1811 :
- « Chargé de ce cours depuis plusieurs années, j'étais dans l'obligation de rédiger les programmes de mes leçons. C'est principalement pour remplir cette obligation, que je publie ce Traité des Machines ».*
- 24 Il le répète en 1819 :
- « Les professeurs de l'Ecole Polytechnique s'étaient imposés l'obligation de rédiger leurs leçons pour l'usage des Elèves, et en 1811 j'ai satisfait à ce devoir, en publiant la première édition du Traité des Machines ».*

Le Tableau des Machines Élémentaires de Hachette et l'Essai sur la Composition des Machines de Lanz et Bétancourt (1808)

- 25 Ces deux travaux sont contemporains, sinon concomitants¹¹ : le second est publié dans un ouvrage où il est réuni au premier, ce qui crée une certaine confusion. Deux titres apparaissent sur la première page, sous le bandeau « Ecole impériale polytechnique » : *Programme du Cours élémentaire des Machines, pour l'an 1808* par M. Hachette - *Essai sur la Composition des Machines* par MM. Lanz et Bétancourt. Après une introduction rédigée par Hachette - une dizaine de pages présentant un historique du cours de l'Ecole (de Monge à Hachette), le programme (actuel) du cours et le *Tableau* qui lui est associé - vient le texte de l' *Essai*, sur plus d'une centaine de pages, suivi de douze planches dont les deux tableaux de classification des machines¹².
- 26 Hachette fait approuver par le Conseil d'instruction, le 12 août 1808, l'article qu'il place en tête de l'ouvrage :
- « Le projet d'un cours des machines à l'usage des élèves de l'Ecole polytechnique, fait partie de la première organisation que M. Monge a donnée à l'instruction de cette Ecole. [...] L'enseignement de cette partie essentielle de la géométrie descriptive s'est déjà fait en 1806 et 1807; il se continue cette année 1808, d'après le programme que le conseil de perfectionnement a adopté. On a joint à ce programme un tableau des machines élémentaires. [...] Tel est le système d'après lequel M. Hachette avait commencé le tableau ci-joint des machines élémentaires, lorsqu'il apprit que MM. Lanz et Bétancourt avaient exécuté, d'après le même plan, un tableau semblable. Le conseil d'instruction, sur le rapport de MM. Monge et Hachette, a proposé à M. le Gouverneur de faire imprimer, aux frais de l'Ecole, le résultat du travail de MM. Lanz et Bétancourt (chargés de mission par le*

Gouvernement espagnol) ; c'est cet ouvrage, dont les auteurs ont fait cession à l'Ecole polytechnique, qui paraît actuellement sous le titre d'Essai sur la composition des machines ».

27 Fourcy est plus laconique quand il indique que :

« Les instituteurs de géométrie descriptive présentèrent au Conseil d'instruction, pour tenir lieu du précis des leçons sur les éléments des machines, dont ils étaient aussi chargés, l'ouvrage encore manuscrit de Lanz et Bétancourt intitulé : Essai sur la Composition des Machines. Les auteurs en offraient la propriété à l'Ecole, aux conditions qu'elle pourvoirait aux frais d'impression et de gravure, et qu'il leur en serait remis deux cent cinquante exemplaires. L'offre fut acceptée. »

28 En effet, le procès-verbal du Conseil d'instruction du 15 janvier 1807 rapporte que :

« MM. Monge et Hachette, qui ont examiné l'ouvrage, l'ont trouvé [assez] bon et susceptible de remplir le but qu'on doit attendre d'un traité de cette nature. Ils regardent la proposition de M. de Lanz (sic) comme très avantageuse. »

29 Mais le 14 août,

« M. Hachette met sous les yeux du Conseil la situation des travaux relatifs au Traité Élémentaire sur les Machines ; il pense que le Conseil doit faire imprimer séparément l'ouvrage de M. de Lanz ainsi que les planches qui en dépendent, et que cet ouvrage doit être distinct du précis des leçons qu'il doit donner lui-même et qu'il propose de faire imprimer conjointement avec la planche générale des Machines et les planches particulières qui en offrent les développements. Plusieurs membres, en adoptant l'opinion de M. l'Instituteur, ont observé qu'il serait à désirer que ces deux ouvrages fussent réunis en un seul et même volume divisé en deux parties distinctes, l'une desquelles offrirait le travail de M. l'Instituteur purement relatif à son cours et l'autre le travail de M. Lanz. »

30 Finalement, cet avis l'emporte et le livre : « sera distribué aux élèves de la première division ».

Il est annoncé à la presse, le 23 septembre 1808, la publication « d'un ouvrage sur les machines élémentaires que le conseil d'instruction de l'Ecole vient de publier », pendant que le Compte rendu sur la marche de l'enseignement enregistre à propos des cours que donne Hachette en octobre 1808 : « il a suivi la marche du traité imprimé et il a expliqué la construction des épures exigées pour ce cours ».

31 Les liens qu'entretiennent Lanz et Bétancourt avec la France et la communauté savante sont anciens, leurs relations avec l'Ecole polytechnique sont attestées¹³ ; mais comment leur vient-il l'idée d'être publiés à Paris ?

32 Augustin Bétancourt, ingénieur formé à l'Ecole militaire de Madrid, complète sa formation à l'Ecole des Ponts et Chaussées de Paris en 1784. Chargé en 1788 par la cour d'Espagne de constituer une collection de modèles de machines hydrauliques, il voyage beaucoup, notamment en France et en Angleterre. Le 16 décembre 1789, il présente à l'Académie des Sciences la machine à vapeur à double effet, à partir de ses observations de la machine de Watt aux Albions Mills¹⁴. Il travaille avec Prony, qui publie en 1796 le second volume de sa *Nouvelle Architecture hydraulique*. Il collabore avec les frères Pérrier à l'amélioration des pompes à feu et à l'importation de la presse hydraulique de Bramah (brevet du 23 janvier 1797). En 1798, il commence la publication d'une *Description des machines du Cabinet royal* de Madrid, dont il est le directeur. En 1802, il y crée, avec Lanz, l'Ecole des Routes et Canaux. Il quitte l'Espagne en 1808 après la conquête napoléonienne et termine sa carrière à Saint-Petersbourg, où il organise l'Institut des Voies de Communications.

33 José Maria Lanz¹⁵, officier de marine espagnol, s'installe à Paris où il assiste aux cours de l'Ecole normale de l'an III. Travaillant avec Prony au Bureau du Cadastre, il est nommé

professeur d'astronomie et de géodésie à l'Ecole des Géographes en 1797. Il ne retourne en Espagne qu'en 1802 pour y assurer la direction des études de la nouvelle Ecole des Routes et des Canaux de Madrid. Il rédige (avec Bétancourt) l'Essai sur la composition des Machines, publié à Paris en 1808. Mais c'est lui qui en assure la seconde édition augmentée, qui paraît à Paris en 1819 puis en traduction anglaise à Londres en 1820 ; il y aura une traduction allemande en 1829. Exilé à Londres après la chute de l'Empire, il effectue plusieurs séjours en Amérique latine, notamment pour une expédition cartographique. Il revient enfin se fixer à Paris et travaille avec Abraham Louis Bréguet, horloger sur l'Île de la Cité.

- 34 Ainsi, pour Lanz et Bétancourt, mises à part les difficultés matérielles relatives à l'édition d'un ouvrage comportant de nombreuses planches, c'est un honneur que d'être associés à une institution aussi renommée ; pour l'Ecole, c'est conserver la prééminence en matière de publications scientifiques ; pour Hachette, c'est s'assurer un premier rôle dans la science des machines, alors qu'il poursuit la rédaction de son *Traité élémentaire des Machines*. Le général Lacuée, gouverneur de l'Ecole, rend compte le 22 septembre 1808 au ministre de l'intérieur,

« au nom du conseil de l'instruction de l'Ecole Polytechnique, de la première partie d'un ouvrage qu'il vient de publier, et cet ouvrage, qui est neuf dans son genre, présente d'une manière méthodique, la réunion de tous les éléments de machines, qu'il fallait puiser dans une foule d'auteurs : il était désiré par tous les Savants. La deuxième partie sera plus particulièrement adaptée à l'instruction des Elèves de l'Ecole Polytechnique ; elle paraîtra vers la fin de l'année. Le Conseil n'a rien épargné pour que cet ouvrage, imprimé et publié aux frais de l'Ecole, et sur ses fonds particuliers, parût avec succès, et répondît à la réputation de l'Etablissement ».

- 35 Le *Traité* de Hachette ne paraîtra que trois ans plus tard. Il commence par l'explication du tableau des machines élémentaires, en précisant :

« Ceux qui désireront des notions plus étendues sur chacune de ces Machines, consulteront l'Ouvrage que M. Lanz et moi avons publié en 1808, sous le titre d'Essai sur la composition des machines, avec le Programme des leçons du premier cours des Machines, qui a été fait à l'Ecole Polytechnique ».

La classification des machines, dite « classification de Monge »

- 36 En 1805, Sylvestre François Lacroix écrit¹⁶, à propos de l'enseignement des « arts et métiers » :

« il manquait un ouvrage [...] dans lequel on passerait en revue la partie de la mécanique qui a pour but l'invention et la composition des machines [...] ».

- 37 Il précise que :

« si, aux prolifiques compilations qu'on ose à peine feuilleter dans le plus grand besoin, on substituait un traité présentant isolément, par ordre de propriétés, les divers moteurs connus, et tous les moyens employés, soit pour transporter dans une direction le mouvement imprimé dans une autre, soit pour accroître la force au dépens de la vitesse ou réciproquement, on ne serait plus à la discrétion des mécaniciens, qui, lors même qu'ils sont instruits, ne sont presque jamais exempts de charlatanisme, parce qu'ils sentent la difficulté où l'on est en général de vérifier leurs assertions en recourant aux matériaux qu'ils n'ont pu rassembler et digérer qu'à force de temps. »

- 38 A une époque où le besoin de manuel de mécanique appliquée se fait sentir, les travaux de Hachette d'une part, de Lanz et Bétancourt d'autre part, sont bien sûr en concurrence. Et

la confusion est entretenue, pourrait-on dire, par la référence commune à Monge (qu'elle soit ou non explicite). En effet, le *Tableau des Machines Élémentaires* de Hachette et le tableau synoptique de l' *Essai sur la Composition des Machines* de Lanz et Bétancourt sont fondés sur les mêmes principes, que l'on peut attribuer à Monge.

- 39 Les « machines élémentaires » ont une constitution matérielle, d'ordre technologique, qui contraint la nature géométrique des mouvements qu'elles transmettent. Monge distingue d'abord les « mouvements rectilignes » des « mouvements circulaires », en s'attachant à la seule géométrie des trajectoires des points associés aux forces motrice et réceptrice. Hachette reprend ces catégories comme base de sa classification, alors que Lanz et Bétancourt les complètent avec les « mouvements d'après une courbe donnée » (afin d'inclure d'autres cames et des systèmes articulés du type du pantographe). Puis Monge dissocie les « mouvements continus » des « mouvements alternatifs » en remarquant le sens du parcours sur la trajectoire. Les mécanismes de transformation de mouvement sont alors définis par l'association de deux mouvements : l'un en entrée (celui du « moteur ») et l'autre en sortie (celui de la « résistance »). En dehors de tout problème d'irréversibilité - c'est-à-dire d'un strict point de vue géométrique, et non technologique¹⁷ - la classification des machines ne fait alors intervenir que la combinaison de deux types de ces mouvements.
- 40 Pour Hachette, il y a quatre mouvements élémentaires : soit dix combinaisons, obtenues en les associant deux à deux ; mais on remarque que seules huit de ces dix possibilités sont représentées dans son *Tableau*. Lanz et Bétancourt partent de six mouvements de base : soit vingt et une combinaisons, dont onze seulement sont obtenues directement, les autres l'étant par association. Ces auteurs ont bien compris la notion de machine composée : en associant deux machines élémentaires on peut en obtenir une nouvelle, et par conséquent constituer une combinaison que l'on ne saurait fabriquer du point de vue technologique. Ils sont d'ailleurs prudents :
- « On a laissé des places vides destinées aux mouvements échappés à notre mémoire, ou qui ne nous sont pas connus, ainsi qu'à ceux que l'on inventera après l'impression de cet ouvrage ».*
- 41 Ils précisent ensuite comment résoudre les problèmes dont ils ne connaissent pas de solution directe :
- « Quand nous n'avons pas trouvé la transformation immédiate d'un mouvement dans un autre, nous avons [...] une ligne d'écriture, indiquant les combinaisons auxiliaires du tableau, qui donnent la solution du problème ».*
- 42 Enfin, ils généralisent ce procédé de composition :
- « Pour éviter des répétitions inutiles, nous avons [donné] un exposé très court des mouvements placés ailleurs dans le même tableau, qui peuvent aussi être placés [en cet endroit] dans l'état où ils se trouvent, ou en les modifiant par l'intermède d'un autre. »*
- 43 Ainsi par exemple, lorsque Hachette reconnaît qu'il n'existe pas de mécanisme transformant un mouvement rectiligne continu en mouvement rectiligne alternatif, Lanz et Bétancourt proposent de transformer le mouvement rectiligne continu en mouvement circulaire continu, puis celui-ci en mouvement rectiligne alternatif - deux mécanismes décrits par Hachette.
- 44 Le *Tableau* de Hachette recense 89 machines. Il s'accompagne d'une légende de quelques pages, fournissant pour tout commentaire une brève description ou simplement un nom. L'ensemble est assez éclectique, tous les systèmes mécaniques devant trouver une place dans le tableau sur la seule base de la transformation de mouvement (archet à foret,

pédale de tour). Les moteurs sont ainsi des transformations du mouvement rectiligne en circulaire, « l'eau et le vent agissant en ligne droite » (roues et turbines hydrauliques, ailes diverses de moulins à vent, siphons). Quelques mécanismes sont marqués par une utilisation spécifique (mécanismes d'horlogerie ou de filature). D'autres sont inattendus (transbordement par bateau à l'ancre, l'eau agissant sur le gouvernail) ou classés d'une manière surprenante (système à crabots). On trouve encore, avec une certaine redondance : engrenages et roues partiellement dentées, filetages et crémaillères ; cliquets et rochets ; pendules et échappements ; cames multiples, excentriques, leviers, balanciers et manivelles ; poulies, treuils, palans et chaînes.

45 L'essai de Lanz et Bétancourt présente 134 machines (et 152 pour la seconde édition) dans un tableau synoptique, dont un grand nombre de vignettes sont identiques à celles de Hachette (ces deux ouvrages ayant été composés et gravés au même moment et au même endroit). Celles-ci sont reproduites en dix planches (douze pour la seconde édition), à plus grande échelle et avec davantage de détails. Dans le commentaire qui est donné à chaque famille de mécanismes, « on y annoncera le but qu'on s'est proposé ; on donnera la solution générale des problèmes analogues à la transformation qu'on veut effectuer ; on développera les cas particuliers ou les différents moyens d'exécution que nous connaissons, en indiquant les sources où nous aurons puisé ces connaissances ; enfin on ajoutera des réflexions sur l'utilité de ces moyens, et sur les diverses machines auxquelles ils auront été appliqués ».

46 Le texte de l'ouvrage donne, en 120 pages, de nombreux exemples de machines appartenant aux diverses industries, pour illustrer les mécanismes décrits ou parfois justifier leur choix. On trouve d'assez nombreuses références à des inventions récentes (celles de Bétancourt et de Bréguet au premier rang), aux machines approuvées par l'Académie des sciences, comme à celles présentées lors d'expositions contemporaines. Sont aussi cités des ouvrages comme les *Théâtres de machines* (Besson, 1579) et les *Encyclopédies* (françaises ou anglaises), à côté des *Annales des Arts et Manufactures* et des *Mémoires des Académies de Paris et de Berlin* (Euler, 1756 ; Borda, 1767 ; Coulomb, 1781) sans oublier les « classiques » (Bélibidor, 1737-39 et Prony, 1790-96)¹⁸. Les descriptions de machines sont parfois difficiles à suivre, surtout s'il s'agit de variante de mécanismes connus. Mais les détails de réalisation, les précisions de mise en œuvre, les résultats obtenus, les comparaisons et les commentaires sont instructifs, au-delà d'un simple catalogue de machines élémentaires. Quelques développements (comparaison des roues à aubes et à godets, problèmes de régulation en horlogerie, tracés et fabrication de cames) abordent les problèmes dans leur généralité, bien que les auteurs affirment ailleurs à propos de la définition des dentures :

« quand on a [l'une], il suffit d'un peu de tâtonnement pour tracer l'autre de manière à obtenir le plus grand effet possible. Des recherches de pure théorie nous mèneraient trop loin, sans aucun avantage pour les arts ».

47 Cet ouvrage est plus qu'une simple description de mécanismes ; mais les *a priori* scientifiques et les présupposés théoriques ne sont pas assez systématiques pour en faire un manuel, au sens moderne du terme.

48 De ces deux travaux, le second est certainement le plus achevé. *L'Essai* de Lanz et Bétancourt est plus complet que le *Tableau* de Hachette (qu'il faut associer à son enseignement), ne serait-ce que par la richesse de son texte. Mais ces démarches relèvent d'un même effort de compilation, de recension, de classification. Leurs recherches sont complémentaires et nous renvoient à Monge, qui établissait dans les *Développements sur l'enseignement* l'art de la construction des machines :

« les machines les plus compliquées ne sont que les résultats des combinaisons de quelques-uns de ces moyens individuels », « moyens par lesquels on change la direction des mouvements ».

- 49 Il n'est pas aisé de savoir quelle est la part des uns et celle des autres. Hachette travaille à la préparation de son cours de machines quand le manuscrit de Lanz et Bétancourt arrive à l'Ecole polytechnique. Si cette « concurrence » doit le stimuler, il semble bien que la gravure de ses propres planches était déjà assez avancée à cette époque, et l'examen de leur contenu prouve aussi son originalité. Pourtant, l'empressement de Hachette à participer à cette publication est manifeste. On imprime même que « le texte de cet Essai sur les machines, par MM, Lanz et Bétancourt, a été revu par M, Hachette ; les figures ont été dessinées à l'Ecole polytechnique, sous sa direction »¹⁹. A-t-il vraiment participé à la réécriture du texte de l'Essai ? Il est difficile de le savoir. A-t-il profité de l'œuvre de Lanz et Bétancourt ? Probablement, celle-ci étant pour l'essentiel achevée. A-t-il fait œuvre de création ? Certainement : Hachette, de « géomètre » qu'il était, est en train de se faire « mécanicien », comme ses travaux ultérieurs le confirment²⁰.

Le Cours des Machines de Hachette (1811-1815)

- 50 Le travail de Hachette pour la préparation de son cours de machines trouve son aboutissement avec la publication du *Traité élémentaire des Machines* en 1811. Il peut alors proposer un nouveau programme, beaucoup mieux élaboré²¹. Lors de sa séance du 9 novembre 1810 :

« Le Conseil d'instruction propose un nouveau programme, dans lequel la théorie des Eléments des Machines, des moteurs et de leurs applications est développée et soutenue par des exemples pris dans les Machines les plus actuelles ».

- 51 Ce programme est adopté par le Conseil de perfectionnement le 29 novembre et imprimé dans la brochure concernant la session 1810-1811. Un changement important intervient encore avec la décision de porter à dix le nombre des leçons à partir de 1811 (au lieu de six, comme ce fut le cas de 1806 à 1810). Mais ce cours est toujours donné en octobre et novembre, pendant le « temps des vacances », jusqu'en 1815. Le Conseil de perfectionnement remarque, le 6 novembre 1813 :

« Le Cours de Machines n'a pas mieux réussi cette année. Ne lui a-t-on pas assigné dans la distribution du temps une place trop défavorable ? »

- 52 Ce nouveau programme s'accompagne d'un changement de l'intitulé du cours qui devient *Cours des Machines*. Son objet se déplace, d'une simple description de machines, dans le cadre de leur représentation graphique, vers une étude de leur emploi, dans un cadre de quantification - voire de calcul. Le Comité central des Fortifications prend aussitôt acte de cette évolution, dans son rapport du 12 décembre 1810 :

« Le cours des machines doit succéder sans lacune ni double emploi à celui de mécanique. Autrefois ce cours ne renfermait que le tracé graphique des éléments de machines. Le nouveau programme embrasse les considérations relatives aux moteurs, et la description des machines usuelles. Il serait à désirer que ce cours pût former les élèves : 1/ à décrire, par des projections et dans un mémoire, les parties essentielles et l'effet d'une machine ou d'une usine donnée ; 2/ à projeter et construire les machines les plus en usage dans les constructions et dans les services de l'ingénieur. »

- 53 Mais le Conseil de perfectionnement de l'Ecole, dans sa séance du 13 juillet 1811, précise que : « Le Cours de Machines, étant borné à dix leçons, ne peut avoir pour objet qu'une simple description des machines ».

- 54 Le Conseil d'instruction de l'École de l'Artillerie et du Génie et de Metz cherche alors à infléchir le cours des choses, en émettant le vœu, le 19 janvier 1812, « *qu'il y ait à la suite du Cours de Machines de nombreuses applications de la théorie à leur calcul* ».
- 55 Les registres d'instructions des années 1809 à 1815 ne permettent pas facilement de se rendre compte de cette évolution, au delà de la simple augmentation du nombre des leçons. Malgré quelques changements dans l'ordre et l'intitulé des problèmes abordés, on retrouve d'abord des notions fondamentales sur les moteurs et la mesure de leurs effets, ainsi que des généralités sur les mécanismes de transformation de mouvement, qui sont présentés dans le *Tableau des machines élémentaires*. Puis viennent des explications sur le tracé des filetages, sur les engrenages et la définition de leurs dentures. Enfin les machines hydrauliques sont décrites, en proportion de leur importance à cette époque ; le cours se termine sur le fonctionnement des machines à vapeur, dont l'emploi ne se développe qu'avec une grande lenteur dans l'industrie française.
- 56 Le travail des élèves est toujours construit autour de la construction de deux épures, et cela sans grands changements de 1806 à 1815 : tracé des ombres sur un filetage (vis à filet carré ou triangulaire) et dessin d'un engrenage (roue et pignon ou lanterne, droit ou conique, intérieur ou extérieur), de type lavis en noir et blanc ; les cames et pilons, de même que la vis d'Archimède, n'en sont que des variantes. Ce type de problème fait l'objet de plusieurs articles de la *Correspondance sur l'École Polytechnique*. Dans le premier cahier du tome 2 (janvier 1809), Hachette donne une *Application de la théorie des ombres au dessin des machines* ; il poursuit dans le cinquième cahier (janvier 1813) en traitant *Du dessin de la vis triangulaire, éclairée par des rayons de lumière qu'on suppose parallèles entre eux*.
22
- 57 L'explication du tracé des ombres, problème typique de géométrie descriptive, occupe deux séances de cours environ, ce qui est beaucoup pour un ensemble de dix leçons ; la description géométrique des épicycloïdes, qui intervient dans la définition des dentures d'engrenages, une autre séance au moins. Le 9 novembre 1810, le Conseil d'instruction indique :
- « *Ce nouveau Cours de Machines exige que l'on comprenne dans les applications de la Géométrie descriptive deux problèmes sur les tangentes des épicycloïdes et des hélices* ».
- 58 L'étude théorique de l'engrènement nécessite de tels développements, d'autant plus que ne sont pas encore résolus tous les problèmes de fabrication de roues dentées. En conséquence, l'importance des constructions graphiques dans l'étude des machines se trouve confortée, au détriment de l'analyse de leur technologie. Les élèves ne s'y trompent pas :
- « *Le cours des machines n'a pas eu cette année un succès satisfaisant et on n'a pas pu en tenir compte pour le classement des élèves. Cependant les dessins exigés ont été faits et généralement très bien ; mais les élèves les ont considérés plutôt comme des problèmes d'ombres et de lavis que comme des études de machines* » (Rapport sur la marche de l'enseignement (année 1811-1812), reprenant les Observations du 19 octobre 1812 établies par Ferry, examinateur des élèves, qui poursuit en plaidant pour un réaménagement des horaires attribués à la Science des Machines.)
- 59 L'enseignement de Hachette repose enfin sur un certain nombre de dessins, les « épures à expliquer » qui sont détaillées dans le « travail exigé des élèves ». Cet ensemble est beaucoup mieux organisé qu'auparavant : les mécanismes, les éléments de machines, les différents types de moteurs, les machines couramment employées sont successivement étudiés. Et il nous est possible de l'appréhender plus concrètement, dans la mesure où son

« manuel » est enfin publié. Le Conseil d'instruction du 7 juin 1811 doit faire face à une situation qu'il n'avait pas prévue. *L'Essai* de Lanz valant 6 F, les élèves ont avancé la même somme au titre de souscription à l'ouvrage à venir. Mais le *Traité* de Hachette, plus volumineux, coûte 14 F : il est alors décidé de le leur remettre, sans augmentation, d'autres livres prépayés n'étant pas encore disponibles. Le 10 juillet 1813, le Conseil opte pour une autre solution : le *Traité* sera disponible dans les salles de travail des élèves à côté de *L'Essai*.

Le *Traité élémentaire des Machines* de Hachette (1811 et 1819)

- 60 Cet ouvrage est publié en 1811 et réimprimé en 1814. Il est réédité en 1819, puis à nouveau en 1828, les changements les plus notables concernant chaque fois le premier chapitre, étoffant son contenu à mesure des progrès de l'auteur²³. Hachette, dont les intérêts se sont déplacés de la géométrie descriptive vers la mécanique appliquée, a été confronté à des problèmes beaucoup plus concrets. Il s'est déplacé dans les manufactures pour y étudier diverses machines. Il a travaillé sur les encyclopédies, recueils et mémoires pour compléter les matériaux lui permettant de construire son cours. A l'Ecole, il s'est aussi livré à diverses expérimentations pour pouvoir illustrer son enseignement. Il s'est formé à une discipline dont les concepts théoriques sont encore en cours d'élaboration ; il a lu l'ouvrage de Carnot, comme plus tard celui de Poisson, et sa compréhension de la mécanique des machines a évolué²⁴. En l'absence de véritables précédents, il a organisé l'instruction des ingénieurs dans un domaine nouveau, et pour finir a rédigé un manuel pour les élèves.
- 61 Hachette n'est sans doute pas un théoricien, ni peut-être un bon pédagogue ; mais c'est un enseignant qui a beaucoup fait pour la Science des Machines, en ce début du siècle où elle va s'épanouir. Aussi n'est-il pas étonnant que son *Traité* présente des faiblesses. On a pu juger sévèrement, du point de vue de l'histoire des sciences, l'ouvrage de Hachette, qui « *montre son penchant pour une classification de type encyclopédiste* »²⁵.
- 62 Pourtant, il en est déjà très loin. Au delà d'une description de l'état des techniques de l'époque, ce livre rend compte - d'une édition à l'autre - de la mise en place de ce premier cours de machines. Présentant l'objet du *Traité*, la préface de 1811 ne considère « *qu'une classe particulière de Machines, celles qui sont destinées à transmettre le mouvement* »,
- 63 suivant ainsi le projet de Monge. Mais dans celle de 1819, il s'intéresse à « *une classe particulière de Machines, celles qui ont pour objet l'emploi et l'économie des forces motrices* ».
- 64 La formulation a changé, et la problématique aussi, significative de l'évolution de cet enseignement.
- 65 Les planches d'illustrations (28 en 1811, 32 en 1819, puis 35 en 1828) sont pour l'essentiel gravées entre 1807 et 1809 - c'est-à-dire au moment où Hachette prépare son cours et en établit le programme²⁶. Les modifications ultérieures ne concernent que des remaniements mineurs (comme des vignettes complémentaires) et quelques développements nouveaux : dynamomètres et frein de Prony, par exemple. Près de la moitié concernent les diverses machines hydrauliques et les moteurs, qui forment le premier chapitre ; le reste se partage entre les engrenages (deuxième chapitre) et les machines servant aux constructions (troisième chapitre). Les descriptions de machines ne seront pas vraiment renouvelées de la première à la seconde édition. Par contre, les

préliminaires, concernant les différentes forces motrices, leur évaluation et leur comparaison, seront beaucoup développés dans les éditions successives, faisant passer le premier chapitre de la moitié aux deux tiers de l'ouvrage, qui augmente d'autant.

- 66 Le premier chapitre concerne donc « *la description et l'explication de toutes les machines connues, qui reçoivent directement l'action de l'un des trois moteurs, eau, vent, combustibles* », son objet principal étant « *la recherche du rapport entre force dépensée, et le produit dynamique de cette force* » (formulation de 1811).
- 67 Il y expose : « *les principes généraux, soit de Géométrie ou de Mécanique, qui servent de base à la construction des Machines et à la comparaison de leurs effets* », en notant que « *le mérite d'une Machine qui reçoit l'action d'un moteur, pour la transmettre à une résistance donnée, dépend essentiellement du rapport entre la force dépensée et l'effet dynamique produit par cette force* » (formulation de 1819).
- 68 Hachette dissocie très clairement les machines qu'il étudie des « *Machines-outils, dont le but principal est de suppléer à l'adresse du moteur appliqué à ces machines* » (1811) ou « *de produire avec économie, un ouvrage plus parfait que celui qu'on obtiendrait du simple travail des mains* » (1819).
- 69 Celles-ci ne sont donc pas abordées dans le *Traité* : elles n'ont pas pour but de « *transmettre du mouvement* », elles ne sont pas le lieu d'un calcul du « *rapport entre force dépensée et effet dynamique produit* ». De même, elles ne font pas partie des « *connaissances nécessaires aux ingénieurs des différents services publics* » : les machines-outils sont encore construites à l'unité, pour des besoins particuliers de fabrication et dans des branches très spécifiques de l'industrie comme l'horlogerie ou l'armement. Quelques dizaines d'années plus tard, il n'en sera plus de même.
- 70 En 1811, Hachette différencie la *force vive* (qu'il rattache à l'actuel « *travail* ») de la *force simple* (la « *quantité de mouvement* »), proposant « *d'adopter une unité d'effet dynamique pour comparer entre elles les causes naturelles de mouvement, et pour juger du mérite des machines qui transmettent ce mouvement* ».
- 71 Il la nomme « *unité dynamique* » en 1819 et se propose « *de rapporter tous les mouvements à un effet dynamique simple, tel qu'un poids élevé à une hauteur déterminée, et de prendre cet effet pour l'unité de comparaison des forces motrices, ou des Machines qui sont elles-mêmes des moteurs secondaires* ».
- 72 Ses formulations sont parfois malaisées, les justifications laissent aussi à désirer, notamment quant à l'énergie cinétique (au sens actuel) ou lorsqu'il aborde l'évaluation du « *travail* » humain et la notion de fatigue rapportée à l'action journalière. Ces notions ne seront clarifiées que dans les années vingt, avec la génération suivante : Navier [X 02], Poncelet [X 07] et Coriolis [X 08]... Et l'Histoire ne retiendra de Hachette que la maxime qu'il popularise en 1811 :
- « *Ces notions sur les forces vives font sentir la justesse d'un mot de Montgolfier : La force vive est celle qui se paie* » .
- 73 Pourtant, et la seconde édition du *Traité* le confirme, Hachette cherche systématiquement la quantification des « *effets dynamiques* », multipliant les observations et les expériences, les références aux travaux de Coulomb et de Borda, de Perronet, Guenyveau et autres ingénieurs de cette époque. Toutes ces données sont ensuite reprises, pour comparaison, dans l'étude des principaux moteurs inanimés qui sont passés en revue, car « *la nature de ces moteurs détermine la forme des Machines qui reçoivent et transmettent l'action dont ils sont capables* » .

- 74 L'édition de 1819 fait précéder la description des machines hydrauliques d'une étude « De l'eau considérée comme force motrice » : propriétés générales des liquides et des écoulements (illustrées par les expérimentations de Smeaton, de Hachette²⁷ et de Venturi, avec résultats numériques). Viennent alors les « machines hydrauliques de première classe », c'est-à-dire celles qui sont mues par l'eau : roues à palettes ou à augets, chapelets, fontaine de Héron, bélier hydraulique, machines à colonne d'eau, flotteur et siphon. Cette énumération -qui se veut exhaustive - est accompagnée de commentaires utiles aux ingénieurs (augmentés dans la seconde édition) : estimations des effets, comparaisons de rendement, règles de conception, exemples de dimensionnement, recherches empiriques d'optimisation. Suivent ensuite les autres « machines hydrauliques de deuxième classe » : roue à godets, vis d'Archimède, pompes foulantes et aspirantes, presse hydraulique (dite de Bramah). Cette description de machines, d'usage courant ou d'intérêt pédagogique, est complétée par la technologie des divers composants (conduits, pistons, soupapes) avec des exemples de réalisation et de dimensionnement.
- 75 Les moulins à vent, soufflets et ventilateurs sont brièvement décrits avant de passer aux machines à feu. On peut noter que le « Dessin servant à l'explication des pompes à feu » est la première planche gravée du cours de Hachette (en 1807). La machine à vapeur de Watt (à simple effet) précède l'étude des améliorations successives (condenseur double et machine de rotation, régulateur à boules et tiroir de distribution, détente composée), agrémentée de calculs et de comparaisons chiffrées des établissements parisiens de Chaillot (fonderie et forerie) ou du Gros-Caillois (station de pompage). En 1819, sont abordés pour finir des problèmes de combustion, de poudre à canon et tirs d'artillerie.
- 76 Le deuxième chapitre traite de la théorie des engrenages, avec une revue des différents types : roues cylindriques et coniques, pignons et lanternes, crémaillères et vis sans fin, auxquels sont aussi rattachés les cames et pilons. L'étude théorique des épicycloïdes, et accessoirement des développantes, est basée sur la construction géométrique de ces courbes et de leurs tangentes, et sert de fondement à la description des profils (dentures, flancs et creux). Cette partie, peu modifiée par la suite, est aussi une contribution originale de Hachette, fondée sur la géométrie.
- 77 Le troisième chapitre décrit les « machines employées dans les constructions » (entendons les travaux publics en général) : après quelques considérations sur les cordages²⁸, treuils et cabestans, poulies et moufles, sont abordées les chèvres, grues et sonnettes, puis les machines à élever l'eau (norias et chapelets), les machines à curer les ports et celles à recéper les pieux. Des comparaisons sur les coûts de ces machines accompagnent quelques observations sur l'évaluation du travail humain journalier nécessaire à les mettre en oeuvre. Par ailleurs, ce chapitre introduit les expériences sur la raideur des cordes, ainsi que les études de Coulomb sur le frottement.
- 78 Dans l'ensemble, cet ouvrage traite de nombreuses machines et essaie de donner un maximum de renseignements pratiques aux futurs ingénieurs, concernant autant leur technologie que leur utilisation et la comparaison de leurs effets. Les valeurs numériques abondent, même s'il est difficile de savoir comment elles peuvent être utilisées dans la pratique. Le *Traité* de Hachette dépasse largement *l'Essai* de Lanz et Bétancourt : en abordant le calcul et le dimensionnement des machines, il ouvre la voie aux ouvrages de construction mécanique et de mécanique appliquée qui vont se multiplier au cours du siècle²⁹.

- 79 Il faut aussi remarquer que le *Traité* quitte l'orbite de la géométrie descriptive, même si Hachette continue de s'en réclamer³⁰. Cet ouvrage ne reflète pas davantage le travail graphique demandé aux élèves, dont les constructions d'épures sont davantage des «problèmes d'ombres et de lavis» que des «études de machines». Le décalage se confirme encore dans le style même des planches du *Traité*.
- 80 Hachette souligne encore que, mis à part quelques mécanismes particuliers, nombreux sont ceux qui ne nécessitent pas d'explications.
- «Quant aux machines dont on comprend le jeu par une simple description, et qui ne présentent d'ailleurs que peu d'intérêt, ou pour la théorie du mouvement ou pour la géométrie, les bornes de cet Ouvrage ne permettaient pas qu'on en fit mention.»*
- 81 Et il insiste en 1819 :
- «il suffira, pour les connaître, de lire les ouvrages périodiques relatifs aux Arts, les Encyclopédies françaises et anglaises, ou d'autres collections semblables».*
- 82 Il ramène ainsi la description des balanciers de la monnaie, première leçon en 1806, à quelques indications chiffrées. Il ne conserve celle de l'ancienne machine de Marly (à la suite des pompes et avant la presse hydraulique) que pour ses intérêts historiques et pédagogiques :
- «L'expérience de la Machine de Marly a suffisamment prouvé que la transmission du mouvement à de grandes distances par un système de leviers et de tringles, consommait en frottement une partie considérable de la force motrice.»*
- 83 Enfin, il peut paraître curieux a priori que le *Tableau* de 1808 n'occupe pas une plus grande place dans le *Traité* de 1811. La seconde édition sera plus explicite en remplaçant «transmission du mouvement» par «économie des forces motrices» dans la définition des machines étudiées (1819). L'objet essentiel du *Traité* n'est pas la cinématique des transmissions de mouvement, mais bien le calcul du «rapport entre force dépensée et effet dynamique produit». Le principe de classification des «machines élémentaires» étant donné, il n'y a pas grand chose à rajouter de ce point de vue.
- 84 La présentation du *Tableau* indique que :
- «dans une machine élémentaire, il faut distinguer trois mouvements, 1/ celui qui est produit par le moteur, et qui est rectiligne pour toute espèce de moteur ; 2/ le mouvement circulaire ou rectiligne de la partie de la Machine qui reçoit directement l'action du moteur, et la transmet à une autre partie de la Machine, que, pour cette raison, on peut regarder comme un moteur secondaire ; 3/ le mouvement circulaire ou rectiligne qui est transmis par ce moteur secondaire, à la résistance» (formulation de 1819).*
- 85 C'est l'étude du mécanisme en tant que moteur, éventuellement «secondaire», qui intéresse Hachette, avec la mesure de son «effet» (c'est-à-dire en tant que machine transmettant un travail). La comparaison entre le travail fourni et le travail utile se trouve dans chaque description du *Traité*, qu'il s'agisse d'un «moteur» au sens propre ou de tout autre machine «servant aux constructions» ou «machines hydrauliques de deuxième classe».
- 86 Lazare Carnot présente un *Rapport* à l'Institut, le 4 mars 1811, sur l'ouvrage de Hachette. Il reprend cette distinction, fondamentale dans l'étude des machines, entre transformation de mouvement et transmission de travail (avec la terminologie de l'époque) :
- « L'objet de toute Machine est de modifier l'action d'un moteur donné, suivant le but qu'on se propose. Cette Machine peut modifier l'action du moteur ou relativement à sa direction, ou relativement à sa quotité. »*
- 87 Il poursuit alors sa propre réflexion :

«En établissant sur le principe de la conservation des forces vives, la théorie des Machines en mouvement, tout ce qui se rapporte à la quantité des forces est indépendant de la configuration des Machines.»

- 88 Il revient ensuite à Hachette : «ce qui sépare naturellement, et conformément au plan qu'a suivi l'Auteur, la théorie des Machines en deux parties très distinctes», c'est-à-dire l'analyse «géométrique» des liaisons et l'étude «mécanique» du rapport entre les actions du moteur et du récepteur. Et il précise que le premier aspect - modification des directions des mouvements - est au centre de l'Essai sur la Composition de Machines, résumé par Hachette dans son Tableau des machines élémentaires, pendant que le second aspect - calcul des «effets dynamiques» - est l'objet du Traité Élémentaire des Machines.

NOTES

1. cf CHASLES-1880. Son *Exposé historique* rend compte des difficultés de la mise en route de ce cours en s'appuyant sur les textes officiels et les procès-verbaux des réunions du Conseil. Mais l'implication de l'auteur lui fait prendre parti en ce qui concerne la réforme de 1850.
2. cf BELHOSTE, Bruno & PICON, Antoine (sous la direction de) : 1996, *L'Ecole d'application de l'artillerie et du génie de Metz (1802-1870). Enseignement et recherche*.
3. cf AEP : X-2-c-29 (13 et 27 novembre 1805). Le cours sur les Machines est alors donné à Metz par Claude Ferry, professeur de sciences mathématiques et physiques appliquées de 1802 à 1806.
4. cf *Rapport du Conseil de perfectionnement sur l'Ecole polytechnique et ses relations avec les écoles d'application des services publics (an XIV)*, adopté le 11 décembre 1805, publié en mai 1806 ; ANNEXE-3.
5. On trouvera en ANNEXE-3 les énoncés successifs du programme du cours de machines et du travail exigé des élèves. Voir également l'iconographie commentée.
6. cf AEP : dossiers III-3-a, X-2-c-6 (à partir de 1806) et X-2-c-7 (à partir de 1809).
7. Celle-ci, par ailleurs, change d'appellation et devient la *première* division (novembre 1806).
8. cf AEP : dossiers III-3-a et VI-1-b-1. Un troisième document, comparable à ceux de 1806 et 1807 (mais sans cette précision), peut être raisonnablement daté de 1808. Voir aussi HACHETTE-1830.
9. Périodique publié par Hachette, composé d'articles scientifiques et d'informations générales en rapport avec l'enseignement donné à l'Ecole ; semestriel de 1804 à 1809, puis annuel jusqu'en 1816. Voir DODY, Brigitte : 1994, *La Correspondance sur l'Ecole polytechnique (1804-1816). Un journal scientifique multidisciplinaire au service d'école*, Sciences et Techniques en perspectives (28).
10. cf AEP : X-2-b-10 et *Rapport* du 23 décembre 1800, JEP, onzième cahier (juin/juillet 1802).
11. cf FOURCY-1828 et AEP : dossiers VIII-1 et III-3-a, ainsi que X-2-c-29 et X-2-c-30.
12. Les premières éditions française (1808) et anglaise (1820) ont été rééditées en *fac-similé* avec une traduction espagnole (1990). Les deux tableaux sont reproduits dans l'iconographie, à la suite de cet article.
13. cf AEP : dossier VIII-1, demande de Lanz d'un lot d'épures de géométrie et d'analyse lors de la création de l'école de Madrid (13 août 1802), demande de Bétancourt d'un lot d'épures de géométrie descriptive, art militaire, architecture et constructions lors de la création de l'école de Saint-Petersbourg (22 mars 1811). Voir encore AEP : X-2-c-30, les projets de Lanz en 1818 (édition espagnole, puis réédition de *l'Essai*).

14. Voir PAYEN, Jacques : 1969, *Capital et machine à vapeur au XVIIIe siècle. Les frères Périer et l'introduction en France de la machine à vapeur de Watt*.
15. L' *Essai* ne mentionne que l'initial du premier prénom. Cet ouvrage est mentionné dans le *Catalogue générale de la Librairie française* (1869) avec le prénom de Philippe Louis, ce qui est sans doute une erreur.
16. cf LACROIX : 1805 (op. cité). Comparer alors *Y Essai sur la composition des machines* (1808) de Lanz et Bétancourt avec le *Traité élémentaire des machines* (1811) de Hachette, mais aussi avec les ouvrages de BORGNISSON : *Traité complet de mécanique appliquée aux arts* (1818-20), *Théorie de la mécanique usuelle* (1821), *Dictionnaire de mécanique appliquée aux arts* (1823) et ceux de CHRISTIAN : *Vues sur le système général des opérations industrielles* (1819), *Traité de mécanique industrielle* (1822-25).
17. Voir cette remarque de Lanz et Bétancourt concernant le système vis-écrou, transformant une rotation en translation : "*l'inverse du problème a lieu ; mais on l'emploie très rarement, à cause du grand frottement*".
18. La seconde édition reste dans cet esprit de compilation, ajoutant des commentaires sur de nouvelles réalisations, simplifiant certaines descriptions, citant encore Leupold, 1724-26, ou Ramelli, 1588.
19. Voir la note insérée en première page de *l'Essai* et envoyée aux journaux à la parution ; elle est supprimée de la seconde édition comme de l'édition anglaise, ainsi que toute autre référence à l'Ecole polytechnique. Néanmoins, Francoeur juge bon de souligner, dans son compte rendu de la seconde édition : "*il suffira d'annoncer que l'essai sur la composition des machines est destiné à l'enseignement de l'Ecole polytechnique, qui en publia, à ses frais, la première édition*"; cf *Revue encyclopédique* (juillet 1819).
20. Il succède à Gay-Lussac en 1810 à la Faculté des sciences de Paris et soutient une thèse de mécanique le 4 mai 1811, comme paraît son *Traité élémentaire des machines*.
21. cf AEP : dossiers III-3-a et III-3-b, X-2-c-7, X-2-c-29 et X-2-c-30. Dans son rapport pour l'année 1809-10, le Directeur des études inclut le programme des vacances, et donc celui du cours de machines à propos duquel il note : "*ce programme a été rédigé d'une manière définitive*" (octobre 1810). Voir ANNEXE-3.
22. Les collections de Géométrie descriptive (*Ombres*) comportent six planches concernant le dessin de machines, numérotées de 12 à 17. L'une provient de la *Correspondance* (1813), et les cinq autres, qui ont été gravées à plusieurs reprises, sont inventoriées dès 1807-08 ; cf AEP : VII-2-c-2. Une mention manuscrite "*non exigé*" doit être contemporaine du cours de Géométrie descriptive de Leroy (1816-1848). Voir AEP : X-2-b, X-2-b-99 et EPURES (dessins d'élèves) ; et également l'iconographie.
23. Voir ANNEXE-2, les textes de Hachette (éditions de 1811 et de 1819), et le *Rapport* présenté par Carnot à l'Institut (4 mars 1811). La publication a été annoncée : CEP, tome II, cahier 3 (janvier 1811).
24. cf CARNOT, Lazare : 1783, *Essai sur les machines en général* (réédité en 1786) et 1803, *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement* ; et GILLISPIE : 1979, *Lazare Carnot savant*. Cf POISSON : 1811, *Traité de Mécanique*, que Hachette résume, en une dizaine de pages, dans son édition de 1819.
25. cf GRATTAN-GUINNESS, Ivor : 1990, *Convolution in French Mathematics, 1800-1840*. Pour cet auteur, les diverses additions de la seconde édition aboutissent "*à un livre pour le moins confus*" (pages 1068-1070).
26. cf AEP : VII-2-c-2, les intitulés ne différant pas de ceux du manuel de 1811. Voir l'iconographie.
27. Comme il préparait son cours, Hachette a pu faire construire des modèles de machines et réaliser un certain nombre d'expériences, notamment en hydraulique. Par la suite, ses crédits ont été réduits.

28. Une des premières planches concerne les principaux noeuds, car "*dans [presque] toutes ces machines, la transmission du mouvement se fait par des cordages ou câbles*" - souvenir désuet du XVIIIe siècle...

29. Voir, par exemple, MORIN : 1837, *Aide-mémoire de mécanique pratique*, et ses nombreuses rééditions.

30. Hachette reste dans la tradition, en maintenant - malgré tout - l'unité de la discipline. En 1811, il réédite la *Géométrie descriptive* de Monge, en la faisant suivre d'un *Supplément*, et il place en tête le "Programme de géométrie descriptive et de ses applications aux arts graphiques" (Stéréotomie : coupe des pierres et charpente ; Ombres, perspective, lavis ; Machines). Il précise : "*Ce Programme comprend deux parties. Le Traité de Géométrie descriptive et le Supplément renferment les solutions des problèmes généraux énoncés dans la première partie. Un second supplément [à venir] contiendra les applications de la Géométrie descriptive à la Perspective, aux Ombres et à la Stéréotomie. En joignant à ce supplément le Traité des Machines, on aura un Cours complet de Géométrie descriptive.*" Ce projet aboutit avec les publications du *Traité élémentaire des Machines* en 1811, et du *Traité de Géométrie descriptive* en 1822.

AUTEUR

JEAN-YVES DUPONT

Agrégé de mécanique