



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

Troisième partie - Les Machines, cours d'application : 1817 – 1850

Jean-Yves Dupont



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/sabix/257>

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 : 35-44

ISBN : ISSN N° 2114-2130

ISSN : 0989-30-59

Référence électronique

Jean-Yves Dupont, « Troisième partie - Les Machines, cours d'application : 1817 – 1850 », *Bulletin de la Sabix* [En ligne], 25 | 2000, mis en ligne le 05 novembre 2010, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/sabix/257>

Ce document a été généré automatiquement le 19 avril 2019.

© SABIX

Troisième partie - Les Machines, cours d'application : 1817 – 1850

Jean-Yves Dupont

La Restauration et la remise en ordre de l'enseignement de l'Ecole

- 1 La chute de l'Empire et la Restauration de la monarchie s'accompagnent d'un certain nombre de changements à l'Ecole polytechnique. A la suite de manifestations des élèves, ceux-ci sont licenciés le 14 avril 1816. L'Ecole est rouverte le 17 janvier 1817 et le Conseil de perfectionnement, maintenant constitué de personnalités extérieures et présidé par un Pair de France, réorganise l'enseignement. Le nouveau régime sanctionne aussi ceux qu'il juge trop compromis, sans toutefois s'aliéner toutes les compétences. Mais Carnot est banni, Monge chassé de l'Institut, Hassenfratz et Ferry privés de leur pension de retraite, et Hachette ne retrouve pas son poste à l'Ecole polytechnique¹.
- 2 Les cours d'Analyse et de Mécanique sont regroupés ; Ampère et Cauchy alterneront leur enseignement de première et seconde années. Pour la Physique, Petit succède à Hassenfratz, qu'il supplée depuis 1814. Les cours de Géométrie descriptive et d'Analyse appliquée à la Géométrie sont différenciés : Leroy est chargé du premier, en remplacement de Hachette, et Arago de l'Analyse appliquée (la géodésie étant rattachée à ce cours de deuxième année).
- 3 D'autres enseignements sont encore proposés en juillet 1816. Les probabilités seront ainsi rattachées aux cours de Arago en 1818 sous le nom d'*arithmétique sociale*. L'économie politique n'est pas retenue. Un troisième cours original est aussi écarté :
« Quant au cours de technologie, ce serait une application prématurée des connaissances fondamentales que l'Ecole Polytechnique doit se borner à répandre comme autant de moyens de préparer et de faciliter pour chacun de ses élèves l'étude ultérieure des procédés des arts ; ce n'est donc pas dans cet établissement qu'un cours de technologie serait à sa place. Les vues utiles de l'auteur du projet communiqué à la commission trouveraient peut-être naturellement leur application dans l'école des arts et métiers² ».

4 En fait, ce sont trois enseignements qui seront créés en 1819 au Conservatoire des Arts et Métiers : *L'économie industrielle* par Jean-Baptiste Say, *la mécanique appliquée aux arts* par Charles Dupin et *la chimie appliquée aux arts* par Nicolas Clément (dit Clément-Desormes).

5 Il reste cependant un problème à résoudre : le cours de Machines, inscrit au programme général, n'est pas assuré en 1817. Le Conseil de perfectionnement le souligne, dans sa séance du 9 juillet :

« M. le président, le duc de Doudeauville, propose de s'occuper de l'établissement du Cours de Machines, sur lequel il n'a pas encore été statué. Le Conseil reconnaît combien il importe de donner à ce Cours la direction que réclament les services publics, en raison de l'utilité qu'ils doivent en retirer ; il exprime son intention que l'on ne se borne pas à donner aux élèves de simples descriptions de machines, mais que l'on s'attache plus spécialement à leur en faire calculer et apprécier les effets. »

6 Il s'agit donc de créer un nouveau cours, comme si rien n'avait jamais été fait dans ce domaine. Hachette a disparu et il en est de même de tout son travail. Certes, on précise qu'il ne s'agit pas d'une simple « description des machines » mais d'un « calcul de leurs effets », comme s'il fallait se démarquer de ce qui aurait pu avoir existé. Les efforts de Hachette allaient déjà dans ce sens et les résultats qu'il avait obtenus n'étaient pas négligeables ; mais tout reste à faire apparemment. L'ambiguïté disparaît dans le Rapport du Conseil de perfectionnement³ du 13 février 1819 :

« De plus, on a institué deux cours entièrement nouveaux dont l'utilité est assez essentielle pour qu'il soit de notre devoir de les désigner à Votre Majesté. Le premier a pour but la théorie des machines et le calcul de leurs effets. Les précédents programmes avaient presque borné ce cours à une simple nomenclature ; on lui a donné le développement qu'il méritait. [...] Le cours qui a été fait aux élèves sur cette matière, se rattache, par les applications les plus belles et les plus utiles, à la mécanique rationnelle dont il doit leur faire ainsi mieux concevoir l'importance ; et, tant par cette liaison que par son objet propre, il mérite d'être considéré comme une addition très essentielle à l'enseignement qui leur est donné ».

7 Fourcy cite ce texte tel quel et laisse entendre la création d'un cours original. Pinet se montre plus prudent :

« Un cours sur la théorie des machines et le calcul de leurs effets fut également inauguré ou pour mieux dire complété. Il se rattachait par les applications à la mécanique rationnelle dont il devait mieux faire concevoir l'importance ».

8 Le cours de Machines ne sera plus placé « dans le temps des vacances » ; il rejoint les cours de seconde année et le nombre de leçons augmente. Il reste encore à désigner l'enseignant qui doit l'assurer. Il est alors envisagé le professeur de Géométrie descriptive, ou plutôt celui de Physique, ou bien encore celui de Mécanique ; et pour finir, ce cours est regroupé avec les autres Applications de l'Analyse. Ces hésitations durent plusieurs années avant que la situation ne se stabilise. Au delà des compétences personnelles des enseignants, toutes sortes d'arguments sont exposés au Conseil de perfectionnement sans qu'aucun ne soit vraiment convaincant ; l'historiographie ne pourra pas davantage justifier aisément les choix successifs. Il semble bien que ce cours de Machines ne trouve pas plus facilement preneur à cette époque de récréation que lors de sa création⁴. C'est Alexis Thérèse Petit qui en est chargé tout d'abord, du fait de ses capacités sans doute et peut-être aussi de sa disponibilité. Lorsqu'il décède, François Arago le remplace. Puis André Marie Ampère est nommé, mais il abandonne peu après. On en revient alors à Arago, dont la bonne volonté est évidente, et cette situation devient officielle le 8 novembre 1821.

Le Cours de Machines de Petit (1818-1819)

- 9 Alexis Thérèse Petit, ancien élève de la promotion 1807 dont les qualités sont très vite reconnues, enseigne la géodésie en 1813-14 avant de succéder à Hassenfratz dans son cours de Physique. Jean-Baptiste Biot écrit de lui, en 1821 :
- « Un projet qui l'avait spécialement occupé (...), c'était la théorie des machines. Chargé de professer cette théorie à l'Ecole polytechnique, il s'y était livré avec attrait ; et il avait entrepris d'y appliquer ces résultats généraux de la mécanique auxquels l'usage a fait donner le nom de principes, quoiqu'ils ne soient que des déductions des principes véritables, c'est-à-dire des conditions premières de l'équilibre et du mouvement »⁵.*
- 10 Le Conseil de perfectionnement du 9 juillet 1817 arrête *« que ce sera M. le professeur de Physique qui fera le Cours de Machines »*. Petit rédige donc un programme du cours de Machines, adopté le 25 novembre suivant pour l'année scolaire 1817-1818 (en quinze leçons). Il le remanie pour l'année 1818-19. Arago reconduit ce programme, puis le modifie légèrement (année 1821-22), avant de lui donner sa forme finale pour l'année 1823-24⁶. Ce programme ressemble à celui de Hachette mais sans insister sur l'énumération des diverses machines : sa rédaction s'en trouve abrégée. Il comporte toujours la description des « machines élémentaires » et la théorie des engrenages ; l'étude des différents moteurs, des machines hydrauliques et à vapeur, ainsi que celles employées dans les constructions. Il diffère de celui de Hachette par l'introduction explicite de « l'emploi des forces vives pour déterminer l'effet des machines » après « l'évaluation des moteurs et de l'effet produit » et la définition de « l'effet dynamique ». Les comptes rendus des cours (treize leçons en 1817-18 et 1818-19) correspondent au programme et ne font pas apparaître de transformations radicales par rapport à ceux de Hachette (dont le *Tableau* est toujours utilisé). On peut noter quelques développements concernant la mécanique des fluides ou les moteurs hydrauliques.
- 11 Le Conseil d'instruction du 30 octobre 1817 indique : *« il n'a rien été déterminé sur le nombre et sur l'espèce de dessins que les élèves devraient faire pendant le cours des Machines »* ;
- 12 *on « pense que cette détermination soit prématurée cette année »*.
- 13 Petit propose de *« faire tirer les planches de l'ouvrage de M. Lantz (sic) sur les machines et de les mettre en leurs mains de la même manière que les épures de géométrie »*, mais il ne parle pas davantage des travaux à demander aux élèves. Sans doute peut-on porter à son crédit la proposition du Conseil d'instruction du 16 octobre 1819, adressée au Conseil de perfectionnement (séance du 28 octobre), pour introduire *« un dessin circonstancié de la meilleure machine à vapeur actuellement en usage ; une épure représentant, avec tous les détails convenables, le mécanisme d'un moulin à farine ; un dessin qui donne une idée complète du mode d'action de la presse hydraulique »*.
- 14 Mais ces trois machines, dont les dessins ne sont pas encore établis, sont aussi celles que va utiliser Arago par la suite, alors qu'il propose, à cette même séance du Conseil d'instruction, de remplacer Petit, souffrant.

Le Cours de Machines de Arago (1820 et 1822-1830)

- 15 Arago assure donc les quinze leçons de ce cours (année 1819-20). Le 27 juillet 1820, il annonce au Conseil d'instruction qu'il n'est pas en état de finir son cours.

« Il fait remarquer qu'afin de rendre plus facile aux élèves l'intelligence de l'épure de la pompe à feu dont il leur a donné la théorie, il rédigera, avant son départ, une légende dont on pourra donner une copie par salle. »

- 16 Le Conseil d'instruction débat longuement le 14 septembre pour savoir qui doit succéder à Petit. Et le Conseil de perfectionnement nomme Ampère. Le ministre de l'Intérieur, tutelle de l'Ecole, approuve, le 27 décembre 1820, « la disposition nouvelle qui consiste à charger le professeur de mécanique rationnelle de faire le cours de machines qui avait été d'abord attribué au professeur de géométrie descriptive et plus tard confié à M. Petit, professeur de physique ».
- 17 Son cours a lieu, en mai et juin 1821, puis s'interrompt au bout de cinq leçons, pour cause de maladie. Les travaux des élèves se poursuivent cependant, « l'épure de la presse hydraulique étant fort avancée ».
- 18 Echec, semble-t-il, car le Conseil d'instruction, dans son rapport au Conseil de perfectionnement du 2 août 1821, commente :
- « Le Conseil, depuis plusieurs années, cherche à instituer le cours de machines en lui donnant toute l'extension qu'exige son importance. MM. les professeurs d'analyse et de mécanique avaient offert de s'en charger ; mais la grande étendue de leurs cours, et celle que réclame le cours de machines, rend impossible qu'un même professeur soit chargé de ces deux parties. D'ailleurs les éléments du cours de machines sont encore à réunir, et même à composer. Le Conseil, par ces considérations, a pensé qu'il était préférable qu'il fût confié à un seul professeur, et M. Arago veut bien l'entreprendre ».*
- 19 François Arago est donc chargé le 8 novembre 1821 du cours de seconde année concernant les applications de l'Analyse : Géodésie, Arithmétique sociale et Machines (l'ordre de ces trois cours étant modifié à plusieurs reprises) - et déchargé de l'Analyse appliquée à la Géométrie⁷. Le programme élaboré par Petit, remanié par Arago, ne change plus de 1824 à 1834. Le cours des machines s'étend sur deux douzaines de leçons⁸. La modification de l'emploi du temps, tant quantitative que qualitative, lui donne une place qui permet aux élèves de mieux assimiler cet enseignement. Quant aux machines qui sont présentées, elles sont globalement les mêmes que précédemment ; le cours est maintenant complété par l'exposé des mécanismes d'horlogerie et la description de quelques instruments de mesure. Les planches gravées que l'on peut attribuer à Arago sont de deux types différents : quatre d'entre elles concernent les éléments de machines et trois des installations complètes.
- 20 Les transformations de mouvement sont abordés dès le début des cours, mais ces mécanismes ne sont plus présentés à l'aide du *Tableau* de Hachette. Deux premières planches sont distribuées aux élèves, ou bien reproduites par eux à titre d'exercice préliminaire. On y trouve des poulies, le train épicycloïdal à engrenage dit de White (ou de La Hire), le treuil et la vis différentielle dite de Prony, une roue libre ; puis, des cames et des systèmes articulés (le parallélogramme dit de Watt et la variante de Bétancourt), auxquels sont associées les constructions géométriques de trajectoires. On peut noter que certains de ces dessins sont semblables à ceux de *l'Essai* de Lanz et Bétancourt. Une autre planche regroupe les engrenages, le tracés de dentures et l'ensemble came-pilon. Sur la dernière viennent les mécanismes d'échappement propres à l'horlogerie.
- 21 La deuxième moitié du cours est consacrée aux machines, principalement hydrauliques : écoulement des fluides, théorie des pompes et étude de leurs constituants, énumération des différentes machines destinées à élever l'eau, roues diverses enfin, suivies par les moulins à vent et les machines à vapeur. Les expériences concernant le frottement et la

raideur des cordes précèdent les treuils, grues et sonnettes. Pour finir, sont abordées les » forces vives«, avec application au frein de Prony et aux volants, et la comparaison des roues hydrauliques à aubes ou à augets.

- 22 Les travaux graphiques que les élèves doivent exécuter sont expliqués dans le cours des leçons, de 1822 jusqu'en 1831. Il concernent trois planches gravées : la presse hydraulique (introduite dès 1820), le moulin à farine, la machine à vapeur de Watt. Au Conseil d'instruction du 4 juillet 1822, Arago précise que l'épure du moulin a été donnée tardivement car le modèle manquait :

« Celui qu'on s'est procuré ne peut manquer d'exciter leur intérêt, attendu qu'il réunit deux espèces d'engrenages, ainsi que les détails d'un mécanisme mû par la vapeur. »

- 23 Quant au quatrième dessin mentionné dans les programmes à partir de 1823-24 et concernant une « machine à feu employées au mouvement d'un bateau«, on n'en trouve aucune trace. Ces travaux consistent en une copie du document fourni, plutôt qu'en une interprétation originale des thèmes proposés. Les épures d'élèves, telles qu'elles sont conservées, correspondent aux planches gravées - colorisation en plus. Certains détails ne sont pourtant pas définis, mais les élèves ne les complètent pas toujours. Ces trois dessins de machines se reproduisent tous les ans, sans changement.
- 24 Le cours de Machines est complètement intégré à la formation générale donnée à l'Ecole polytechnique, le travail des élèves est parfaitement défini. Le Conseil de perfectionnement donne l'impression de s'en satisfaire, enregistrant simplement dans sa séance du 26 février 1826 que « quelques unes [des leçons] se rapportent au calcul de l'effet des moteurs ».
- 25 Pourtant, l'impression que l'on tire est celle d'une certaine routine. Prony, examinateur de sortie, rapporte le 26 décembre 1828 :
- « Il sera convenable de donner, par la suite, au Cours important qui a pour objet le calcul des Machines, un peu plus d'étendue qu'on ne l'a fait cette année. Les élèves ont répondu d'une manière satisfaisante sur la théorie des roues hydrauliques et de certaines parties du mécanisme des Machines à vapeur, sur l'évaluation de l'effet utile des Machines en général ; mais j'aurais désiré pouvoir varier davantage mes interrogations ».*
- 26 Ce cours se reproduit, semble-t-il, sans tenir compte de la « science industrielle« qui se développe dans les Ecoles d'application, avec Jean-Victor Poncelet à Metz, Henri Navier et Gaspard-Gustave Coriolis aux Ponts et Chaussées⁹.

Le Cours de Machines de Savary (1831-1840)

- 27 Après la Révolution de Juillet, Arago démissionne de son poste à l'Ecole le 9 décembre 1830, pour se consacrer à ses activités de député et de secrétaire de l'Académie des Sciences. Félix Savary¹⁰, qui était son répétiteur depuis 1828, lui succède comme professeur d'Analyse appliquée. Il le reste jusqu'en 1841, année de son décès (son répétiteur, Urbain Le Verrier, l'ayant remplacé dès le 11 décembre 1840). Le cours de Machines porte sur moins de deux douzaines de leçons au début et il se rapproche de la trentaine à partir de 1838¹¹. Le programme est à nouveau rédigé en 1834 et légèrement modifié en 1839.
- 28 Dans un premier temps, rien n'est changé dans l'enseignement - si ce n'est la mention des « vitesses virtuelles » et des « forces vives » dans la première leçon de 1831. Pour le travail demandé aux élèves, on retrouve les croquis d'éléments de machines, les dessins

de la presse hydraulique et de la machine de Watt (celui du moulin étant supprimé). En 1832, le cours commence par la définition des « quantités de travail ». Il se poursuit avec les résistances passives, les organes de machines et les mécanismes divers, les engrenages et l'horlogerie (qui va être reportée au cours d'astronomie). L'étude des différentes machines se termine par « principe des vitesses virtuelles » et la « conservation des forces vives », suivis de « l'évaluation des effets des machines » et des « chocs ». La rédaction nouvelle du programme (en 1834) reprend cette progression, abordant « l'égalité du travail moteur et du travail utile dans quelques cas simples », décomposant les machines selon leur usage (« transport des fardeaux », « élévation des liquides ») ou leur mise en action (« eaux courantes », « courants d'air », « vapeur »), et terminant par des considérations sur « l'effet utile des machines ».

- 29 Les quatre planches d'Arago sur les éléments de machines sont progressivement remplacées par une seule, qui regroupe les engrenages et les échappements (voir le travail des élèves : « épures 1 et 2 »). Les dessins de la presse hydraulique et de la machine à vapeur sont complètement revus : les documents imprimés sont maintenant des plans cotés, qui s'apparentent au dessin industriel proprement dit ; ces thèmes donnent lieu à des exercices de lecture d'une part, à du lavis d'autre part. De la même façon, un nouveau travail d'épure (dessin ou lavis) est proposé pour les engrenages, accompagné d'une planche de technologie présentant des « Roues et Pignons en fer fondu » et une « Roue en bois ou Hérisson ». Enfin, certains croquis sont effectués à partir de relevés sur modèles et suivis de lavis : vérin ou pompe, par exemple. Le Conseil de perfectionnement, dans sa séance du 18 août 1832, précise :

« Les épures de la presse hydraulique et de la machine à vapeur seront exécutées d'après des croquis cotés. Chaque élève n'exécutera qu'une seule Machine à vapeur, mais dans chaque salle on exécutera les trois ou quatre modèles les plus usités. »

- 30 Si on peut douter qu'une telle quantité de dessins de machines ait vu le jour, on ne peut que souligner la qualité nouvelle des documents utilisés, attestée par les planches qui nous sont parvenues, et la diversification des travaux proposés, sur plans ou sur maquettes.
- 31 Dans sa séance du 23 novembre 1838, le conseil décide de supprimer l'hydrodynamique du cours de Mécanique rationnelle, pour cause de double emploi. En conséquence, à partir de 1839, le programme officiel s'intitule « Cours de Machines et d'Hydraulique ». Le contenu du cours de Savary avait déjà évolué dans ce sens, donnant des notions pratiques concernant les écoulement de fluides, à côté de celles qui sont nécessaires à l'étude des machines hydrauliques ou à vapeur, à la compréhension de leur fonctionnement et à l'appréciation de leurs possibilités. Cet enseignement se transforme progressivement. Dans le même temps les points de vue se précisent et les rôles se répartissent entre l'Ecole polytechnique, où sont données les bases générales de la science des machines, et les Ecoles d'application, où sont abordées les problèmes concrets de l'établissement et de l'utilisation de machines particulières. De son côté, l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures (créée en 1829) développe de nombreux cours spécialisés, révélateurs d'un besoin nouveau de l'industrie française et de l'essor du machinisme dans les entreprises, et traduisant un approfondissement des différents domaines de la mécanique et des machines. Enfin, des enseignements originaux de mécanique appliquée voient le jour, avec Jean-Victor Poncelet à la Sorbonne à partir de 1838, et Arthur Morin au Conservatoire des Arts et Métiers après 1839.

Le Cours de Machines et d'Hydraulique de Chasles (1841-1850)

- 32 Michel Chasles¹² succède à Savary comme professeur de Machines et d'Hydraulique, d'Astronomie et de Géodésie. Il assure donc l'enseignement des machines, avec un peu moins d'une trentaine de leçons réparties au cours du premier trimestre de la seconde année d'étude¹³. Le programme officiel établi en 1839 n'est pratiquement pas modifié jusqu'en 1848, où il est fortement réduit. L'année suivant sa nomination, Chasles rédige entièrement son cours. Il le corrige tous les ans et le diffuse aux élèves sous forme lithographiée. Dix ans plus tard, cette pratique est remise en question, « *leur abus grave* » et « *leur influence fâcheuse sur les études* » en entraînant la suppression pure et simple lors de la réforme de 1850¹⁴.
- 33 Ce cours de Machines diffère des précédents, dans la mesure où les descriptions d'ordre technologique se mêlent maintenant de calculs de mécanique, renvoyant au cours de mécanique rationnelle pour tous les développements d'ordre théorique. Ainsi les deux enseignements se coordonnent. Le Rapport du Conseil de perfectionnement écrit en juillet 1841 :
- « On a opéré entre les deux années du cours de Mécanique des changements ayant pour but de présenter en première année des considérations sur le travail et les forces vives, et de mieux préparer les élèves au Cours de Machines, qui commencera la deuxième année. »*
- 34 Chasles aborde les machines de « *deux points de vues principaux : l'un géométrique ou descriptif ; l'autre mécanique* » .
- 35 La cinématique, en tant que science du mouvement, n'est pas encore suffisamment élaborée à cette époque pour transformer radicalement les analyses de mécanismes ; leur classification reste dans le cadre proposé par Monge quelque cinquante ans plus tôt. Par contre, le fonctionnement des machines est envisagé à l'état statique, « *état de repos ou d'équilibre* », ou à l'état dynamique, « *état du mouvement* » où « *les principes de la statique sont encore d'une grande utilité* » .
- 36 Il s'agit d'appréhender les machines dans leur réalité, leur objet étant « *d'effectuer une quantité de travail déterminée* » .
- 37 Dans les études de machines, Chasles utilise constamment les notions de force, de vitesse et de travail. Les résistances passives ne sont pas oubliées non plus, qu'il s'agisse du tirage des véhicules, de l'irréversibilité du système vis-écrou, de l'arc-boutement dans les dentures d'engrenage ou de la perte de puissance dans les moteurs. Les différents mécanismes, les organes de machine et les engins d'usage courant sont alors étudiés sous différentes approches : analyse de leur fonctionnement, améliorations possibles, calculs associés, constructions géométriques utiles à l'ingénieur. Il ne s'agit plus de simple dessin de machines, mais bien d'un cours de mécanique appliquée. Et le Conseil de perfectionnement rapporte, dans sa séance du 8 janvier 1845 :
- « Les Machines en général, et les mécanismes en particulier sont, dans l'époque actuelle, un si puissant moyen, qu'il faut, dans l'intérêt scientifique comme dans l'intérêt industriel, et par suite dans l'intérêt des services publics et de l'Ecole qui les approvisionne, accorder la plus grande faveur à cette branche des Mathématiques pratiques. »*
- 38 Les travaux d'élèves sont repensés. Une première épure d'engrenage s'apparente à un projet de construction. Puis viennent des dessins exécutés à l'aide de relevés sur modèles

et un dessin lavé de machine établi à partir d'un croquis. La lecture de plan coté est remplacée par l'étude de maquettes. Les quelques portefeuilles qui ont été conservés montrent plus de diversité, dans les domaines des machines hydrauliques (roue de côté ou turbine de Fourneyron) ou des machines employées dans les constructions (cric à crémaillère, sonnette à battre les pieux). On peut regretter - et la remarque vaut aussi pour l'époque précédente - qu'il ne reste pas davantage de traces des maquettes, modèles et autres appareils qui ont dû être utilisés dans ces cours. Le fascicule d'*Instruction sur le dessin des machines* (1849) est une brochure de 25 pages, dont la première moitié est consacrée aux engrenages : description et dimensionnement, définition des dentures. Cette question prend de l'importance avec la croissance de l'industrie de la construction mécanique et le remplacement du bois par la fonte ou l'acier dans la fabrication des roues dentées :

« quoique l'épicycloïde ait été exclusivement employée autrefois, et fort répandue encore aujourd'hui, et la développante, au contraire, fort peu employée aujourd'hui, cette dernière le sera exclusivement, quand les mécaniciens seront familiarisés avec ses avantages » .

- 39 La brochure se présente ensuite comme un guide pour le dessin d'ingénieur : conseils et recommandations concernant le levé de machines et le croquis, la mise au net, la réalisation de lavis et le tracé des ombres.

Du cours de Chasles au *Cours de Mécanique et Machines* (1850-1851)

- 40 Le programme du cours de Machines est revu et allégé pour l'année 1848-49. Dans son projet de Rapport sur l'année écoulée, le Directeur des études commente :

« Les élèves ont montré plus d'intelligence et de savoir sur chaque partie. L'examineur attribue ce résultat à la réduction du programme. [...] On a supprimé de ce Cours la formule relative à l'écoulement des liquides, la description de quelques machines peu employées dans la pratique. On a retranché les considérations théoriques et les calculs relatifs à l'action de la vapeur ; on a jugé plus à propos d'insister sur la description détaillée des principales machines à vapeur. Une Commission spéciale a été chargée (le 14 décembre 1849) de présenter un nouveau programme pour ce Cours ; il a été accepté par le Conseil (le 22 février 1850) et va être soumis à l'approbation de M. le Ministre »

- 41 Le 21 juin 1850, après lecture de la lettre d'approbation du ministre, la discussion reprend au Conseil de perfectionnement et s'envenime rapidement. Le débat porte sur l'appréciation de ce cours de Machines à l'Ecole polytechnique, « où l'on ne doit enseigner qu'un cours préparatoire », et sur l'importance d'y donner « les développements théoriques, lesquels ne s'enseignent pas dans les Ecoles d'application »

- 42 Il se termine sur l'opinion que « l'esprit du nouveau programme, ainsi défini, ayant été adopté par le Conseil, le professeur doit s'y conformer autant que possible » .

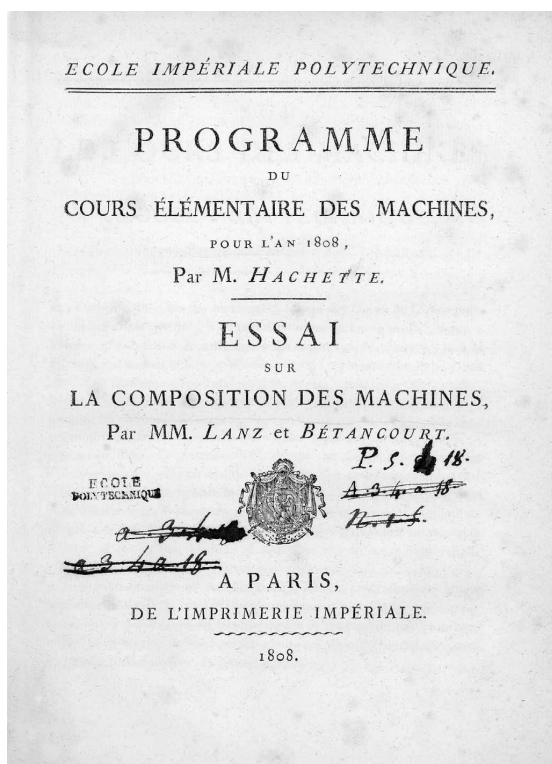
- 43 Mais la situation se transforme radicalement : la loi du 5 juin décide d'une révision des programmes pour l'admission et pour l'enseignement à l'Ecole polytechnique¹⁵ et le décret du 6 juillet nomme une commission mixte, dont le rapporteur est Urbain Le Verrier. Le 10 juillet, le Ministre de la Guerre donne ses instructions :

« La Commission dont vous avez la présidence reconnaîtra sans doute qu'il faut se garder de donner aux jeunes gens un enseignement trop élevé, trop abstrait et souvent inintelligible pour eux ; qu'il convient de renfermer les programmes dans les limites qui doivent s'appliquer, non pas à quelques esprits d'élite, mais à la moyenne des intelligences ; que ces principes doivent être appliqués à l'enseignement préparatoire qui a pris un développement

excessif et tout à fait en dehors du but qu'on doit se proposer ; qu'enfin, dans l'enseignement de l'Ecole elle-même, il importe de restreindre l'étendue des Cours mathématiques, d'en éliminer une foule de théories abstraites qui ne doivent jamais trouver d'application dans aucun des services publics, et d'y introduire au contraire des questions de pratique, non seulement à cause de leur utilité propre, mais aussi parce qu'elles sont nécessaires à l'étude complète de la théorie. »

- 44 La commission rend son *Rapport sur l'enseignement de l'Ecole polytechnique* le 1er octobre. Elle est ensuite chargée de remplacer le Conseil de perfectionnement pour la période de réorganisation de l'Ecole, qui est prévue jusqu'au 31 décembre 1852. Les seules décisions qui nous intéressent ici, concernent le *cours de Mécanique*, qui est dorénavant dissocié de l'Analyse, et le *cours de Machines*, qui est directement rattaché à la Mécanique. Le *cours de Mécanique et Machines* est un enseignement entièrement remanié, dont sont chargés Jean-Baptiste Bélanger, puis Charles Delaunay, pour chacune des deux promotions alternativement. Michel Chasles assure, à titre d'intérim, le cours de deuxième année en 1850-51 ; il démissionne le 26 mai 1851. Il sera membre du nouveau Conseil de perfectionnement et reviendra, longtemps plus tard, sur cette réforme où « *l'adjonction des Machines au Cours de Mécanique, cause fondamentale de l'abaissement des études, subsiste encore* »¹⁶.
- 45 Les raisons qui président à cette réorganisation sont nombreuses et elles dépassent le cadre de cette étude car elles procèdent davantage de la mise en place d'un nouvel enseignement que du bilan du précédent. Il faudra revenir sur l'analyse de la période qui commence, dans un contexte économique et social qui a aussi beaucoup évolué depuis les débuts de l'Ecole : création d'un baccalauréat scientifique, refonte des classes préparatoires, redéfinition des rôles respectifs de l'Ecole polytechnique et des Ecoles d'application, développement de la mécanique appliquée, extension de l'industrialisation et croissance des besoins en ingénieurs...
- 46 L'époque qui a vu naître le *cours de Machines* s'achève maintenant. Pour clore cet article, on peut essayer d'imaginer ce qu'il serait devenu si la réforme de 1850 n'était intervenue. Le dernier programme, rédigé par une commission où ne siégeait pas le professeur en titre, comportait trente leçons dont la répartition est indiqué entre crochets :
- Première Partie. *Transformations géométriques du mouvement = Mouvements élémentaires des solides* [2] - *Organe propre à assurer la direction du mouvement rotatoire (...)* [1] - *Transmission du mouvement rectiligne, rotatoire (...)* [2] - *Tracé des engrenages* [2] - *Transformation du mouvement (...)* [3] - *Organes servant à modifier brusquement le mouvement* [1,5] - *Chronométrie* [2,5].
 - Deuxième Partie = *Dynamométrie et machines simples* [1,5] - *Transmission du travail moteur dans les machines* [1] - *Travail ou effet utile des moteurs animés* [2] - *Evaluation du travail absorbé par les résistances (...)* [4].
 - Troisième Partie = *Hydraulique, moteurs et machines* [3,5] - *Roues hydrauliques* [2] - *Machines à vapeur* [2].
- 47 On remarque que la moitié du cours prévu était consacrée aux *mécanismes* : cinématique et éléments de machines ; un quart à la *mesure du travail* : statique, dynamique et étude de rendement ; et le dernier quart aux *machines courantes*. Cette organisation équilibrait ainsi l'étude des mouvements et celle des forces, l'analyse des machines élémentaires et celle des moteurs. Mais cet arrangement n'eut pas de suite. Il n'a pu être concrétisé : un autre cours commençait.

Programme du cours élémentaire des machines



NOTES

1. cf AEP : dossiers VI-1-b-1 et VI-1-b-2. Hachette n'obtiendra pas de retraite lors de sa mise à l'écart, et aura par la suite des difficultés à entrer à l'Académie. Voir aussi DUPIN : 1819 (op. cité).
2. cf AEP : dossier III-3-b. Gérard Joseph Christian, directeur du Conservatoire (1816-1831), est l'auteur de ce projet d'une *chaire de technologie*, qui ne concerne pas les machines mais l'ensemble des procédés de production industrielle, et met l'accent sur la diffusion des innovations. Voir FONTANON, Claudine : 1992, *Les origines du Conservatoire des arts et métiers et son fonctionnement à l'époque révolutionnaire (1750-1815)* et FOX, Robert : 1992, *Un enseignement pour une nouvelle ère : le Conservatoire des arts et métiers, 1815-1830*, Cahiers d'Histoire du CNAM (1) ; FONTANON, Claudine & GRELON, André (sous la direction de) : 1994, *Les professeurs du CNAM. Dictionnaire biographique 1794-1955*.
3. cf FOURCY-1828 et PINET-1887 ; voir l'extrait du *Rapport au Roi, session 1817-1818*, en ANNEXE-3.
4. cf AEP : dossiers III-3-a, X-2-C-29 et X-2-C-7 ; et FOURCY-1828, PINET-1887 et MERCADIER-1894.
5. cf *Notice historique*, Revue de la Société philomatique. Voir aussi l'article de Petit : *Emploi du principe des forces vives dans le calcul des machines* dans les *Annales de chimie et de physique* (1818).
6. cf AEP : dossier III-3-a et X-2-c-7. Voir ANNEXE-3 : programme du Cours de Machines (1823 et 1824).

7. "Peut-être aura-t-on la bonté de remarquer que, professeur à l'Ecole pendant près d'un quart de siècle, et ayant été amené par des circonstances de force majeure à y faire quatre ou cinq cours différents, je pouvais me croire autorisé à émettre une opinion sur le régime intérieur de l'établissement et sur les programmes"; cf ARAGO : 1853, *Sur l'ancienne Ecole Polytechnique*. Voir aussi GRISON, Emmanuel : 1989, *François Arago et l'Ecole polytechnique*, Bulletin de la SABIX (4).
8. cf AEP : X-2-c-7 et dossier III-3-b. Les cahiers de Renaud (promotion 1823) correspondent au cours de machines de 1825. Voir les EPURES (planches gravées, dessins d'élèves) et l'iconographie.
9. Voir PONCELET : 1826, *Cours de mécanique appliquée aux machines* (lithographié) et 1829, *Cours de mécanique industrielle fait aux ouvriers messins*; NAVIER : 1819, *Notes sur Bélidor* et 1826, *Résumé des leçons données à l'Ecole royale des ponts et chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines*; CORIOLIS : 1829, *Du calcul des effets des machines* et 1844, *Traité de la mécanique des corps solides*.
10. Ses travaux traitent surtout d'astronomie, mais il s'intéresse aussi aux engrenages et aux épicycloïdes ; une construction géométrique du centre de courbure de l'enveloppe d'une courbe mobile porte son nom.
11. cf AEP : X-2-c-7 et les recueils d'EPURES. On dispose aussi du programme de l'année 1840-41 (8 pages lithographiées).
12. Chasles est un géomètre, dont Philippe Gilbert souligne les "recherches cinématiques", car "nul n'avait songé à développer ces propriétés des mouvements plans et à en faire une méthode pour la solution des problèmes de géométrie". Il conclut : "Chasles est donc, véritablement, l'un des fondateurs de cette géométrie cinématique qui a fait depuis lors de grands progrès et doté la science de procédés d'investigation bien féconds"; cf Revue des questions scientifiques (avril 1881).
13. cf AEP : X-2-c-7 , X-2-c-29 et les recueils d'EPURES. On dispose de quatre cours lithographiés, de l'année 1842-43 à l'année 1849-50, ainsi que d'un fascicule d'*Instruction sur le dessin des machines* (1849).
14. cf LE VERRIER-1850. Cette date marque une rupture fondamentale et donc le terme de cet article - mais non la fin des photocopiés.
15. Alors qu'il était Directeur des études, Coriolis avait déjà présenté, en 1840, un *Rapport sur les modifications à introduire dans l'ensemble de l'enseignement des élèves de l'Ecole polytechnique*. Voir AEP : dossier III-3-a et GUENYVEAU : 1840, *De l'enseignement des sciences à l'Ecole Polytechnique*.
16. cf CHASLES-1880.

AUTEUR

JEAN-YVES DUPONT

Agrégé de mécanique