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**

Annexes au Cours de Machines

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/sabix/262>

DOI : 10.4000/sabix.262

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

ISBN : ISSN N° 2114-2130

ISSN : 0989-30-59

Référence électronique

« Annexes au Cours de Machines », *Bulletin de la Sabix* [En ligne], 25 | 2000, mis en ligne le 04 septembre 2010, consulté le 08 septembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/sabix/262> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/sabix.262>

Ce document a été généré automatiquement le 8 septembre 2020.

© SABIX

Annexes au Cours de Machines

Annexe 1 : repères biographiques

¹ NB : Seuls sont présentés ici les personnages qui ont eu un rapport direct avec le cours de machines de l'Ecole polytechnique (cf mention en gras). Leur titre officiel - voir les annuaires de l'Ecole - ne correspond pas toujours à leur nomination effective comme titulaire, ni à l'enseignement réellement dispensé.

- **AMPERE**, André Marie - **1775-1836** - Officiellement, professeur d'analyse de 1807 à 1808, puis de mécanique de 1809 à 1827 - Enseigne l'analyse jusqu'en 1816 (en alternance avec Poinsot), puis l'analyse et la mécanique à partir de 1817 (en alternance avec Cauchy) - **Début un cours de machines en mai 1821 et l'abandonne en juin** - Professeur de physique expérimentale au Collège de France à partir de 1824.
- **ARAGO**, Dominique François Jean - **1786-1853** - Promotion 1803 - Officiellement, professeur de géométrie de 1810 à 1815, puis d'analyse de 1816 à 1829 - Remplaçant Monge, il enseigne l'analyse appliquée à la géométrie [1809 - 1817] et la géométrie descriptive [1812 - 1817], ainsi que la géodésie [1812/13 et 1814/15] - Chargé de l'analyse appliquée à la géométrie (jusqu'en 1821), de la géodésie et de l'arithmétique sociale [1817 - 1830], et des machines à partir de 1822 - **Assure le cours de machines de mai à août 1820**, en remplacement de Petit (mourant), puis **l'enseigne régulièrement d'avril 1822 à juin 1830** - Nommé en septembre 1816 ; démissionne le 9 décembre 1830 - Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences [1830] ; député [1831-1848] ; membre du Conseil de perfectionnement [1832-1844].
- **BETANCOURT**, Augustin - **1758-1824** - Ingénieur espagnol, d'une famille d'origine française - Il complète sa formation à l'Ecole des Ponts et Chaussée de Paris [1784] - Nombreux déplacements en Europe, séjours longs et répétés en France et en Angleterre ; il travaille avec Prony et collabore avec les frères Périer, ainsi qu'avec Bréguet - Constitution du Cabinet royal des machines de Madrid [1792] ; création de l'Ecole des Routes et Canaux à Madrid [1802] - **Publication**, avec Lanz, de l'Essai sur la composition des machines [1808] - S'expatrie en 1808 pour la Russie ; création de l'Institut des Voies de Communications à Saint-Petersbourg.
- **CHASLES**, Michel - **1793-1880** - Promotion 1812 - Officiellement, professeur d'analyse de 1842 à 1850 - **Enseigne le cours de machines et d'hydraulique de novembre 1841 à mars 1850**, en

même temps que l'astronomie et la géodésie [1841 - 1850] - Après la réforme des enseignements de 1850 (où un cours de mécanique et machines est mis en place par Belanger et Delaunay), **assure la transition de novembre 1850 à mars 1851** - Professeur de géométrie supérieure à la Faculté des sciences de Paris à partir de 1846 - Nommé le 6 novembre 1841 ; démissionne le 26 mai 1851 ; membre du Conseil de perfectionnement [1853 - 1880].

- **HACHETTE**, Jean Nicolas Pierre - **1769-1834** - *Officiellement*, professeur de géométrie de 1794 à 1815 - Enseigne la géométrie descriptive et l'analyse appliquée à la géométrie [1794 - 1816], en association avec Monge, puis avec Arago - **Assure un cours de machines, dans le cadre des applications de la géométrie descriptive, d'octobre 1806 à novembre 1815** - Professeur adjoint à la faculté des sciences de Paris à partir de 1810 - Démissionné avec le licenciement de 1816 - Publications : *Programme du cours élémentaire des machines* [1808] et *Traité élémentaire des machines* [1811 et 1814 - 1819 - 1828].
- **HASSENFRATZ**, Jean Henri - **1755-1827** - *Officiellement*, professeur de physique de 1798 à 1814 - Donne des conférences de physique [1794 - 1798], puis assure un cours de physique [1799 - 1814], *organise des visites d'ateliers et de manufactures* [1796 - 1813], *enseigne les travaux des mines* [1798 (?) - 1806] - Retraité en 1815.
- **LANZ**, José ou José Maria - **1764-1838** (?) - Officier de marine espagnol - Né au Mexique, il réside en Espagne, puis à Paris - Il travaille au Bureau du Cadastre avec Prony et enseigne à l'Ecole des Géographes [1797-1802] - Directeur d'études à la création de l'Ecole des Routes et Canaux de Madrid [1802] - **Publication**, avec Bétancourt, de l' *Essai sur la composition des machines* [1808] ; il en assure la seconde édition [1819] - Exilé à Londres à la chute de l'Empire, il séjourne en Amérique latine avant de se fixer à Paris, où il travaille avec Abraham-Louis Bréguet dans sa fabrique d'horlogerie.
- **LE VERRIER**, Urbain Jean Joseph - **1811-1877** - Promotion 1831 - **Assure le cours de machine de décembre 1840 à février 1841** en remplacement de Savary (mourant) - Rapporteur de la Commission mixte de 1850 sur la réforme des programmes d'admission et d'enseignement.
- **MONGE**, Gaspard - **1746-1818** - *Officiellement*, professeur de géométrie de 1794 à 1809 - Auteur (anonyme) des *Développements sur l'enseignement adopté pour l'école centrale des travaux publics* [sept./oct. 1794] - Enseigne la géométrie descriptive [1795 - 1796], et l'analyse appliquée à la géométrie [1795 - 1809] en collaboration avec Hachette - Missions en Italie [1796/1797, 1798 puis 1801] ; expédition d'Egypte [1798/1799] - Sénateur en 1799 ; retraité en 1815.
- **PETIT**, Alexis Thérèse - **1791-1820** - Promotion 1807 - *Officiellement*, professeur de physique de 1815 à 1819 - Enseigne la géodésie en 1813/14, succède à Hassenfratz pour le cours de physique [1814 - 1820] et **enseigne les machines de février 1818 à août 1819** - Nommé en 1816 ; décédé le 21 juin 1820 ; suppléé, pour les machines, par Arago en 1819/20.
- **PRONY**, Gaspard Clair François Marie Riche de - **1755-1839** - *Officiellement*, professeur d'analyse de 1794 à 1814 - Enseigne l'analyse appliquée à la mécanique, puis la mécanique jusqu'en 1816 (en alternance avec Poisson) - Directeur de l'Ecole des Ponts et Chaussées de 1798 à 1839.
- **SAVARY**, Félix - **1797-1841** - Promotion 1815 - *Officiellement*, professeur d'analyse de 1830 à 1841 - **Enseigne les machines de mai 1831 à décembre 1840**, en même temps que l'astronomie et la géodésie [1830 - 1840], ainsi que l'arithmétique sociale (jusqu'en 1838) - Nommé en 1830 ; décédé le 15 juillet 1841 ; suppléé, pour les machines, par son répétiteur Le Verrier en 1840/41.

Annexe 2 : Monge – Hachette – Extraits

- 2 Les **textes 1, 5 et 6** comportent tout ce que Monge a écrit sur les machines, avec les **textes 2 et 3**, publiés anonymement mais attribués à Monge, alors que le **texte 4** est attribuable à Prony. --- Le **texte 7** rapporte ce que furent les derniers cours révolutionnaires de Monge (compte-rendu journalistique). --- Les **textes 8, 9 et 10** sont de Hachette, et concernent la classification des machines élémentaires. --- Le **texte 11** présente la théorie des machines de Hachette, telle qu'elle apparaît dans son Traité, dont le rapport de Carnot est donné (intégralement) **texte 12**.

1/- Monge - 1786 - Traité élémentaire de statique

[...] On appelle *machine* tout instrument destiné à transmettre l'action d'une force déterminée, à un point qui ne se trouve pas sur sa direction, de manière que cette force puisse mouvoir un corps auquel elle n'est pas immédiatement appliquée, et le mouvoir suivant une direction différente de la sienne propre.

[...] Quoique le nombre des machines soit très grand, on peut les regarder toutes comme composées de trois machines simples, qui sont les *cordes*, le *levier* et le *plan incliné* ... [...]

2/- Développements sur l'enseignement adopté pour l'Ecole centrale des travaux publics - septembre/octobre 1794 - [Monge] = Connaissances mathématiques - *De la géométrie descriptive*

- 3 La géométrie descriptive est une langue nécessaire et commune à l'homme de génie qui conçoit un projet, aux artistes qui doivent en diriger l'exécution, et aux ouvriers qui doivent l'exécuter.
- 4 [...] Les élèves emploieront ensuite un mois à dessiner, d'après des modèles qui leur seront fournis, les éléments des machines ; on entend par là trouver les moyens par lesquels on change la direction des mouvements, ceux par lesquels on peut faire naître les uns des autres le mouvement progressif en ligne directe, le mouvement de rotation, le mouvement alternatif *de va et vient*. On sent que les machines les plus compliquées ne sont que les résultats des combinaisons de quelques-uns de ces moyens individuels, dont il faudra faire en sorte que l'énumération soit complète, et le temps que les élèves consacreront à les dessiner, les mettra à portée d'en étudier mieux les détails et d'en connaître mieux l'usage.
- 5 Enfin, le dernier mois [*de la première année*] sera destiné à dessiner les plans et profils des principales machines employées dans les travaux publics, tels que grues, moutons, machines à épuisement, etc. afin que les élèves puissent partout les faire construire et les mettre en oeuvre. On distribuera ces objets de manière que, dans la même salle, deux élèves n'aient pas les mêmes machines à dessiner, afin que, dans cette salle, on ait la connaissance d'un plus grand nombre de machines, et on donnera aux élèves les plans gravés des machines qu'ils n'auront pas eu occasion d'étudier.
- 6 [...] Si les artistes des travaux publics ne devaient s'occuper que des formes et des positions respectives des objets, les règles générales de la géométrie descriptive pourraient suffire à tous leurs besoins ; mais ils sont aussi destinés à considérer les corps dans l'état d'équilibre et dans celui du mouvement ; à employer de la manière la plus avantageuse la force des hommes et celles des animaux ; à modifier et tourner au profit de la société les mouvements de tous les genres que la nature produit sans cesse,

et à ne laisser, pour ainsi dire, à l'homme d'autre travail que celui qui dépend de ses facultés intellectuelles que rien ne peut suppléer. Les lois générales qui régissent les compositions et les décompositions des forces, soit par l'équilibre, soit par le mouvement, sont simples et peu nombreuses ; leurs applications aux lois particulières exigent des raisonnements profonds qui ne peuvent se passer du secours de l'analyse. [...]

3/- Programmes de l'enseignement polytechnique de l'Ecole centrale des travaux publics - janvier/février 1795 = Stéréotomie - [Monge] - *version manuscrite (archives du baron de Chaubry), publiée dans TATON : 1951*

- 7 La géométrie descriptive est l'art de représenter sur des feuilles de dessin qui n'ont que deux dimensions, les objets qui en ont trois, et qui sont susceptibles d'une définition rigoureuse, et de déduire de cette représentation exacte tout ce qui résulte nécessairement de la forme des objets et de leur position respective. [...]
- 8 Enfin cette géométrie peut servir à l'étude de la forme des corps que l'on peut avoir intérêt de bien connaître. Il sera donc avantageux aux élèves de l'école centrale des travaux publics, de s'appliquer à l'étude de la forme de toutes les machines élémentaires, et à celle de la composition des principales machines employées dans les arts, soit qu'elles aient pour but de simplifier la main d'oeuvre, et de donner aux produits des arts plus d'uniformité et plus de précision, soit qu'elles aient pour objet d'emprunter les forces de la nature, de les diriger et de les modifier d'une manière utile, et par là d'accroître le domaine de l'homme et d'augmenter la puissance nationale.
- 9 Toutes les parties seront distribuées dans le cours révolutionnaire, de la manière suivante :
- 10 [...] 21e, 22e, 23e et 24e [et dernières] leçons = Exposition des divers mécanismes, au moyen desquels on peut convertir les uns dans les autres, les différents genres de mouvements. Mécanismes par lesquels on facilite les mouvements de tous les genres. Description des principales machines connues dans les arts, et mues par les animaux, ou par des forces prises dans la nature.
- 11 VII - Machines (leçons 21 à 24).
- 12 1/ Exposition des moyens par lesquels on peut convertir le mouvement progressif en un mouvement circulaire et réciproquement, le mouvement circulaire en un mouvement alternatif de va-et-vient et réciproquement, le mouvement alternatif en mouvement progressif et réciproquement.
- 13 2/Exposition des moyens de faciliter les mouvements de tous les genres.
- 14 3/ et 4/ Description des principales machines mues par les hommes, les animaux, les forces prises dans la nature telles que l'eau courante ou tombante, le vent ou la vapeur d'eau.

4/- Programmes de l'enseignement polytechnique de l'Ecole centrale des travaux publics - janvier/février 1795 = Analyse appliquée à la mécanique -[Prony] - *Application des principes généraux au calcul de l'effet des machines*

- 15 La connaissance de l'effet des machines porte sur trois objets, qui sont :
- 16 1/- les moteurs...qui sont animés ou inanimés ;
- 17 2/- les moyens par lesquels l'effort du moteur se transmet à la résistance, ou les machines proprement dites ... qui sont destinées à mouvoir les corps solides ou les corps fluides ;
- 18 3/- les résistances ... qui sont, ou celles qui constituent l'effet utile de la machine, ou celles que comporte la production du mouvement des parties de cette machine.
- 19 [...] Les machines à mouvoir les corps solides se rapportent au levier, au plan incliné, ou à la combinaison de l'un et de l'autre.
- 20 La même chose doit s'entendre de celles qui sont destinées à mouvoir les corps fluides ; mais ces dernières doivent, sous d'autres aspects, être rangées en deux classes, suivant qu'elles agissent sans ou avec l'intermédiaire de l'air.
- 21 Les machines à élever les fluides qui agissent sans l'intermédiaire de l'air sont : les chapelets verticaux ou inclinés, auxquels on peut rapporter la machine de Véra ; les roues qui se vident par le centre, comme la roue à tympan ; celles qui se vident par la circonférence, comme les roues à godets, les noria, etc. ; les machines à bascule ; les vis d'Archimède et de Zurich ; les machines où le refoulement de l'eau est opéré, soit par un piston, soit par la pression de la vapeur.
- 22 Les machines à élever les fluides qui agissent par l'intermédiaire de l'air, sont : celles où l'on emploie le ressort de l'air condensé - quelques fois, cette condensation n'a d'autre usage que de rendre l'écoulement continu - ; celles où l'air est raréfié dans un espace clos, ce qui s'opère par le mouvement d'un piston, par la descente d'un fluide, par la condensation de la vapeur, par la force centrifuge.

5/- Monge - 1795 - Géométrie descriptive - Séances des Ecoles Normales recueillies par des sténographes et revues par les professeurs = Programme

- 23 [...] Il faut enfin répandre parmi nos artistes la connaissance des procédés des arts, et celle des machines qui ont pour objet, ou de diminuer la main d'oeuvre, ou de donner aux résultats des travaux plus d'uniformité et plus de précision. [...]
- 24 On contribuera donc à donner à l'éducation nationale une direction avantageuse, en familiarisant nos jeunes artistes avec l'application de la géométrie descriptive aux constructions graphiques qui sont nécessaires au plus grand nombre des arts, et en faisant usage de cette géométrie pour la représentation et la détermination des éléments de machines, au moyen desquelles l'homme, mettant à contribution les forces de la nature, ne se réserve, pour ainsi dire, dans ses opérations, d'autre travail que celui de son intelligence.

- 25 [...] Enfin le reste de la durée du cours sera employé, d'abord à la description des éléments des machines, afin d'en étudier les formes et les effets, et ensuite à celle des machines dont il est le plus important de répandre la connaissance, soit que les machines aient pour objet de donner au travail plus de précision et plus d'uniformité, soit qu'elles aient pour but d'employer à la production d'un certain travail les forces de la nature, et par là d'augmenter la puissance nationale.

6/- Monge - avril 1795 - Stéréotomie - *Journal polytechnique*, premier cahier

- 26 [...] Enfin une des applications les plus utiles de la géométrie descriptive, tant parce qu'elle familiarise avec les procédés de la stéréotomie, que parce qu'elle donne les connaissances détaillées d'objets nécessaires à presque tous les arts, c'est la description effective des formes et de la construction des parties élémentaires des machines.
- 27 Les forces de la nature qui sont à la disposition de l'homme, ont trois éléments distincts, la masse, la vitesse, la direction du mouvement. Rarement, dans ces forces, les trois éléments dont il s'agit ont les qualités qui conviennent au but que l'on se propose ; et les machines ont pour objet principal de convertir les forces dont on peut disposer, en d'autres dans lesquelles ces éléments sont de nature à produire l'effet désiré. Chaque machine est composée de plusieurs parties élémentaires dont chacune a un but particulier, et ce but peut être atteint de plusieurs manières différentes suivant les circonstances. L'énumération complète de toutes les manières dont on peut changer les éléments de forces, et la description des moyens différents de produire le même changement dans des circonstances différentes, doivent offrir aux artistes les plus grandes ressources pour les travaux de tous genres. Dans le cours préliminaire on a exposé la méthode générale à suivre pour cet objet, qui fait encore partie de l'étude de la stéréotomie. [...]

7/- La décade philosophique, littéraire et politique - 28 février 1795 [10 ventôse an III] - tome 4, no 31, pages 396-400 = *Instruction publique, Ecole centrale des travaux publics*

- 28 [...] Les trois mois nivôse, pluviôse et ventôse ont été destinés à des cours rapides, qui renferment sommairement tout ce que les élèves apprendront dans les trois années d'études. Au 1er germinal, commencera l'ordre habituel de l'enseignement. [...]
- 29 *Monge*, dans une de ses dernières leçons sur l'application de la géométrie descriptive à la description des machines, a fait sentir combien il était avantageux pour la République de multiplier et de perfectionner les machines vraiment utiles ; elles économisent les hommes, les temps, les fonds, et donnent des produits plus parfaits ; et à ce sujet, il a répondu à cette objection, éternellement répétée, qu'en substituant des machines aux hommes, on réduit à la mendicité une nombreuse classe de la société. Jamais, a-t-il dit, on ne voit une machine nouvelle se répandre brusquement dans un pays : on fait d'abord des essais ; on les observe ensuite pendant longtemps, afin d'être certain du succès. Dans cet intervalle, l'industrie des ouvriers change insensiblement de direction ; les fonds qui les faisaient vivre dans un métier, vont, après beaucoup de circulations et d'échanges, les faire vivre dans un autre métier, où ils sont plus nécessaires. [Note : voyez le livre de Smith sur la Richesse des Nations.] Le peuple

s'enrichit de leur travail, et il en résulte un degré d'opulence de plus. C'est ainsi, et seulement ainsi, que les nations ont monté, par degré, de l'état sauvage à l'état actuel de la société ; et nous serions encore au XIV^e siècle, si l'invention de l'imprimerie eût craint d'appauvrir les copistes.

- 30 Monge a indiqué le battage des grains comme un des travaux fatigants qu'une machine pouvait épargner à l'homme. Il serait bien plus important d'en trouver une pour lui épargner le labourage, qui emploie tant de bras ; mais Monge n'espère pas qu'on le puisse, et pense que le meilleur moyen pour parvenir au même but, est d'avoir moins de champs et plus de prairies ; de manger moins de pain et plus de viande.
- 31 [...] Il n'est pas douteux que les élèves de l'Ecole centrale, après avoir reçu de pareilles leçons, ne perfectionnent beaucoup les arts dont ils examineront les procédés, abandonnés jusqu'à présent au hasard et à la routine ; et l'on doit présumer que l'enseignement, précieux et unique sur la terre, qu'ils vont recevoir, développera parmi eux des génies qui reculeront les bornes des sciences. H.S.

8/- Hachette - 1808 - Programme du cours élémentaire des machines = *Sur le cours des machines de l'Ecole polytechnique*

- 32 [...] On a joint à ce programme un tableau des machines élémentaires ; les formes sous lesquelles ces machines se présentent, sont déjà en assez grand nombre pour qu'il soit nécessaire de les ranger méthodiquement ; les observations suivantes servent de base à cette arrangement.
- 33 Les moteurs en usage dans les arts, sont appliqués à un point, pour lui faire décrire ou un cercle ou une ligne droite ; de là résultent les *mouvements circulaire et rectiligne*.
- 34 Le point mobile, après avoir parcouru une portion de cercle ou de droite, peut être ramené par la force motrice vers le point de départ, en décrivant la même ligne ; de là résultent les mouvements alternatifs, ou circulaires, ou rectilignes, qu'on nomme aussi *mouvements de va et vient*. [...]

9/- Hachette - 1811 / 1819 - Traité élémentaire de machines = *Des machines élémentaires, et de leur division en dix séries*

- 35 NB : les formulations modifiées d'une édition à l'autre sont indiquées, l'une après l'autre, { ... / ... }.
- 36 [...] Dans l'art du mécanicien, ainsi que dans tous les arts dont les produits sont soumis à une exactitude d'exécution tant pour les formes que pour les dimensions, on évite autant que possible l'emploi des solides d'une forme irrégulière. [...] C'est principalement pour cette raison que les Machines élémentaires, considérées comme moyen de changer { la direction des forces / les éléments des moteurs } , ont toutes pour objet de { transformer les mouvements circulaires et rectilignes les uns dans les autres / combiner les mouvements circulaires et rectilignes }.
- 37 Les quatre espèces de mouvements { simples } circulaire continu ou alternatif, rectiligne continu ou alternatif, combinées deux à deux, donnent six combinaisons différentes ; de plus, chaque mouvement se combine avec lui-même, ce qui donne encore quatre combinaisons. Ainsi il y a dix manières différentes de combiner entre eux les quatre mouvements { circulaires et rectilignes / simples }, et à chacune { de ces manières / d'elles } correspond une série de Machines élémentaires. [...]

- 38 **1811** = Dans une machine élémentaire, il faut distinguer trois mouvements, 1/ celui qui résulte de l'action du moteur, et qui est toujours rectiligne quel que soit ce moteur : ce premier mouvement est indépendant de la machine ; 2/ le mouvement circulaire ou rectiligne de la partie de la machine qui reçoit directement l'action du moteur, et que, par cette raison, on peut regarder comme un moteur secondaire ; 3/ un autre mouvement circulaire ou rectiligne qui est transmis par le moteur secondaire. [...]
- 39 **1819** = 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. [...]

10/- Hachette - 1819 - Traité élémentaire de machines = AVANT-PROPOS, *Sur la science de Machines, avant la publication de cet Ouvrage* -1830 - Histoire des machines à vapeur = Introduction (pour l'ajout signalé en italique)

- 40 [...] j'ai dû m'occuper de la préparation du Cours dont Monge avait seulement donné la première idée, et je me suis spécialement livré à l'étude des Machines ; mes premières recherches ont eu pour objet de les analyser, de les classer, et de faire connaître les principes de Géométrie et de Mécanique qui servent de base à leur construction.
- 41 *J'ai proposé comme un moyen qui facilite la description d'une machine quelconque, de considérer à part le moteur, d'examiner ensuite la disposition générale des pièces fixes et mobiles qui reçoivent l'action du moteur, pour la transmettre à la résistance. Les pièces mobiles du système constituent les machines dites élémentaires.*
- 42 J'ai fait voir que l'on parvenait à l'énumération complète des Machines élémentaires en les classant en dix séries. Cette division est fondée sur la considération, que tout mécanisme, quelque composé qu'il soit, est formé de mécanismes simples, dont chacun est la combinaison de deux quelconques de ces quatre mouvements, *circulaire continu, rectiligne continu, circulaire alternatif, rectiligne alternatif* Le Tableau des Machines élémentaires, formé sur ce système, a servi d'introduction au premier Cours sur les Machines, qui se fit à l'Ecole Polytechnique. [...]

11/- Hachette - 1811 / 1819 - Traité élémentaire de machines = Préface

- 43 *NB : les formulations modifiées d'une édition à l'autre sont indiquées, l'une après l'autre, {... / ... }.*
- 44 Un Traité complet sur les Machines, embrasserait la description de tous les arts, de tous les métiers [...] { Je ne considère dans cet Ouvrage qu'une classe particulière de *machines*, celles qui sont destinées à transmettre le mouvement, et plus spécialement celles qui reçoivent directement l'action du moteur. / Je considère, dans cet Ouvrage, une classe particulière de Machines, celles qui ont pour objet l'emploi et l'économie des forces motrices. } On sait que les seuls moteurs applicables aux machines sont, les animaux, l'eau, le vent et les combustibles ; la { notion / nature } de ces moteurs

détermine la forme des machines { qui en reçoivent directement l'action / qui reçoivent et transmettent l'action dont ils sont capables }. [...]

- 45 **1811** : [...] La recherche du rapport entre force dépensée, et le produit dynamique de cette force, qui est l'objet principal du premier chapitre de cet Ouvrage [...]
- 46 L'examen de ce qui se passe dans cette expérience [la *machine d'Atwood*], donne les notions les plus exactes sur ce qu'on doit entendre par *force vive* et par *force simple*. Le poids descendant, multiplié par la hauteur dont il descend, est la mesure de ce qu'on appelle la *Force vive*. Le poids qui descend uniformément après avoir traversé la plaque, multiplié par sa vitesse uniforme, est la mesure de ce qu'on appelle la *Force*. Quoique les forces simples dérivent des forces vives, cependant les unes sont entre elles comme les masses multipliées par les vitesses, les autres comme les masses multipliées par les carrés des vitesses.
- 47 Ces notions sur les forces vives font sentir la justesse d'un mot de Montgolfier : *La Force vive est celle qui se paie*. En effet, un homme recevant une somme d'argent pour élever une quantité d'eau à une hauteur donnée, s'il l'élève à une hauteur double, il doit recevoir une somme double. Les moteurs appliqués aux machines doivent être considérés comme des forces vives, et estimés de la même manière qu'elles. Un *Traité des machines* est sous ce point de vue une introduction presque nécessaire à la dynamique analytique. Car de même qu'on démontre en statique, la vérité du principe des vitesses virtuelles, en appliquant ce principe à plusieurs machines simples ; de même on ne connaîtra les lois du mouvement, et le mode d'après lequel il se transmet, qu'après avoir observé l'application de ces lois dans un certain nombre de machines.
- 48 **1819** : [...] 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.
- 49 L'expression algébrique de ce rapport dans les diverses Machines, appartient à la Mécanique rationnelle des géomètres, et notre *Traité* dans lequel nous avons fait connaître la valeur numérique de ce rapport, pour les Machines les plus usitées, peut être considéré comme une introduction nécessaire à l'étude de cette science. De même qu'en Statique, on prépare à saisir la généralité du principe des vitesses virtuelles, en appliquant ce principe à plusieurs Machines simples, de même l'étude des lois générales du mouvement sera beaucoup moins abstraite lorsqu'on aura observé l'application de ces lois dans un certain nombre de Machines. [...] La force vive, qui n'est qu'une expression numérique dans la Mécanique rationnelle, se manifeste dans les moteurs et les Machines, par des effets qui se mesurent, et que j'ai nommés dans ce *Traité*, *effets dynamiques*.
- 50 **1811** : [...] Ces deux exemples font voir combien il est important 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. On en verra d'autres exemples dans ce *Traité*.
- 51 **1819** : [...] Ces deux exemples font voir combien il est important 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. Nous avons nommé dans ce *Traité*, *unité dynamique*, la force capable d'élever le poids d'un mètre cube d'eau à la hauteur d'un mètre, et nous nous sommes servis de cette unité pour exprimer les forces

motrices appliqués aux Machines, et les effets dynamiques transmis par ces Machines à une résistance donnée.

12/- Rapport fait à l'Institut par M. Carnot, séance du 4 mars 1811

- 52 La Classe m'a chargé de faire un rapport sur l'Ouvrage imprimé de M. Hachette, qui a pour titre : *Traité élémentaire des Machines* (1ère édition).
- 53 Le but que s'est proposé M. Hachette, a été de faire connaître par une description exacte, et par l'analyse de leurs propriétés, les principales Machines inventées jusqu'à ce jour, en se bornant néanmoins à celles qui ont pour objet l'économie des forces.
- 54 L'auteur développe, par un grand nombre de planches fort soignées, la construction de chaque Machine, et il y joint le discours explicatif pour en donner une parfaite intelligence ; il évalue ensuite les effets de cette Machine, et il en discute, tant par la théorie que par l'expérience, les avantages et les défauts.
- 55 L'Ouvrage est divisé en trois chapitres. Dans le premier, l'auteur considère successivement le mode d'action propre à chacun des quatre agents principaux, auxquels se réduisent tous ceux qui existent dans la nature. Ce sont les animaux, l'eau, le vent et les combustibles.
- 56 Le second traite de la théorie des engrenages dans toute son étendue.
- 57 Le troisième enfin est consacré à l'examen particulier des Machines employées dans les diverses branches de l'Architecture.
- 58 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. Les différentes directions que la Machine fait prendre à l'action du moteur, dépendent de la liaison que la forme même de la Machine établit entre les corps, et se transmettent aux mouvements purement géométriques, dont la théorie complète serait si importante. L'Auteur donne, dans sa première planche, le tableau de ces mouvements géométriques les plus usités dans l'emploi des Machines. Ce tableau et son explication, sont le résumé d'un ouvrage plus étendu, déjà publié en 1808, en commun avec MM. Lanz et Bétancourt, sous le nom *d'Essai sur la composition des Machines*.
- 59 Quant aux modifications que toute Machine fait éprouver à l'action du moteur sous le rapport de la quotité, en la transmettant aux mobiles qui doivent la recevoir, elles sont du domaine de la Mécanique proprement dite, et l'objet spécial du nouvel ouvrage de M. Hachette.
- 60 On considère les Machines, soit dans l'état de repos, soit dans l'état de mouvement, ce qui divise la Mécanique proprement dite, dont nous venons de parler, en deux parties : la Statique et la Dynamique.
- 61 En établissant sur le principe de la conservation des forces vives, la théorie des Machines en mouvement, tout ce qui se rapporte à la quotité des forces est indépendant de la configuration des Machines, tandis qu'au contraire tout ce qui tient à la direction de ces mêmes forces dépend uniquement de la liaison qu'établit cette même configuration entre les mobiles qui lui sont appliqués ; ce qui sépare naturellement, et conformément au plan qu'a suivi l'Auteur, la théorie des Machines en deux parties très distinctes, l'une ayant pour objet les seules directions des forces, et l'autre leur seules quotité.

- 62 Je pense qu'on doit savoir gré à M. Hachette d'avoir adopté une marche qui aplanit beaucoup de difficultés dans la pratique, et d'être entré sur chaque objet dans des détails suffisants, pour rendre accessible aux hommes d'art, une science qui est indispensable pour eux, et intéressante pour tout le monde.

Annexe 3 : Documents officiels

- 63 Les **textes 1 et 2** sont les textes officiels fondamentaux régissant l'enseignement de l'Ecole polytechnique - dont les **textes 3 et 4** précisent les réalisations effectives, en ce qui concernent les cours d'applications. --- Les **textes 5, 6 et 7** correspondent aux différentes versions du programme de Hachette --- Le **texte 8** présente le changement d'orientation à la Restauration --- Le **texte 9** donne le programme élaboré par Petit, et modifié par Arago. --- Le **texte 10** fournit le programme des cours de Savary et de Chasles.

1/- Arrêté du 6 frimaire an III [26 novembre 1794] des comités de salut public, d'instruction publique et des travaux publics réunis, portant organisation de l'Ecole centrale des travaux publics

- 64 Voir aussi : **Organisation de l'Ecole polytechnique**, ventôse an IV [mars 1796] - JEP, troisième cahier.
- 65 On enseignera l'usage de l'analyse, et on l'appliquera successivement 1/ à la géométrie des trois dimensions ; 2/ à la mécanique des solides et des fluides ; 3/ au calcul de l'effet des machines.[...]
- 66 La stéréotomie donnera les règles générales et les méthodes de la géométrie descriptive . Elle en fera successivement l'application à la coupe des pierres ; à la charpenterie ; aux ombres des corps ; à la perspective linéaire et aérienne ; au lever des cartes et plans ; au nivellement ; aux machines simples ; aux principales machines composées. [...]

2/- Loi du 25 frimaire an VIII [16 décembre 1799] relative à l'organisation de l'Ecole polytechnique - JEP, onzième cahier, juillet 1802

- 67 *Objet de l'enseignement* = [...] Les élèves augmenteront leurs connaissances, de toute l'analyse nécessaire à l'étude de la mécanique ; ils feront un cours de mécanique rationnelle ; ils recevront une instruction étendue, tant orale que graphique, sur la géométrie descriptive pure ; enfin ils feront des cours d'application de la géométrie descriptive aux travaux civils, à la fortification, à l'architecture, aux mines, aux éléments des machines, et aux constructions navales. [...]

3/- Rapport sur la situation de l'Ecole polytechnique - 23 décembre 1800 - JEP, onzième cahier, juillet 1802

- 68 [...] L'enseignement de la géométrie descriptive, qui comprend l'application de l'analyse à la géométrie des trois dimensions, la géométrie descriptive pure et appliquée, la

perspective et la projection des ombres, devrait également faire la matière de plusieurs cours, dans l'espace des deux années.

- 69 [...] Après avoir ainsi réglé le mode d'instruction pour tous les objets communs aux deux divisions [...] le conseil a porté son attention sur les études réservées pour la seconde année [et a adopté successivement les] programmes des cours sur la fortification, les travaux publics de communication intérieure, l'architecture, et les travaux des mines. [...]

4/- Rapport du Conseil de perfectionnement sur l'Ecole polytechnique et ses relations avec les écoles d'application des services publics - an XIV - mai 1806

- 70 [...] Tels sont les perfectionnements qui peuvent être faits, en tout ou en partie, dans le cours d'études de 1806 [*établissement d'un cours de topographie et améliorations à lui apporter*]. Il en est un autre qui doit être préparé, par le conseil d'instruction, pendant cette année, pour être fait seulement dans le cours d'études de 1807.
- 71 Ce perfectionnement consiste à généraliser le titre et l'objet des cours de fortification, des ponts et chaussées et de mines, d'y substituer aux applications qui ne concernent qu'une seule classe d'ingénieurs, des applications d'une utilité plus générale et plus directe ; d'embrasser, au lieu des *ponts et chaussées* et des *mines*, les *constructions* et les *machines* communes à tous les services ; au lieu de la *fortification*, les *éléments de l'art militaire*. [...] Ainsi les cours spéciaux que renferme encore l'enseignement de l'Ecole polytechnique, seront convertis en des cours généraux ; et cette école, ramenée entièrement à l'objet de son institution, n'offrant plus rien qui n'appartienne à l'école première et commune des services publics.
- 72 *Motifs de cette modification* = [...] Les écoles d'application ont été rétablies, et l'Ecole polytechnique restreinte à l'objet particulier de son institution, celui de former des élèves pour toutes les écoles de services publics. L'instruction de cette école ne doit donc embrasser que les connaissances utiles à toutes les classes d'ingénieurs. Il ne s'agit pas de la borner à l'enseignement pur et simple des sciences ou des arts graphiques ; il importe au contraire que l'Ecole polytechnique en montre les applications ; mais il faut que ces applications même rentrent dans son objet, et soient d'une utilité générale pour tous les services. [...]
- 73 *Sur les constructions et machines* = Tous les corps d'Ingénieurs font usage de machines, semblables ou analogues. Dans celles même qui sont particulières à tel service, on remarque la même application des forces motrices, les mêmes éléments, et des combinaisons soumises à un certain nombre de principes et d'observations générales. Il en est de même des constructions. Tous les ingénieurs, dans les ouvrages qui les distinguent, emploient également l'homme et les animaux, comme moyens de travail ; les substances des trois règnes, comme matériaux ; des procédés analogues pour les assembler, et dans ces assemblages, un certain nombre de combinaisons élémentaires que reproduisent toutes les constructions. [...]

5/- Programme du Cours sur les Eléments des Machines, session 1806 - février 1807

- 74 *Ce cours de cinq leçons a été effectué en novembre/décembre 1806 par HACHETTE.*
- 75 LECONS = 1/- Sur la vis triangulaire et carrée des balanciers de la monnaie. 2/- Les noeuds en cordes, les chaînes, le levier de la garoust et ses applications. 3/- Ailes de moulin à vent, aile de moulin à eau, béliet hydraulique. 4/- Des mouvements de va-et-vient. Pylons et cames. 5/-Description des pompes à feu.
- 76 DESSINS au TRAIT et au LAVIS = 1/- Vis triangulaire ou carrée. 2/- Pylons et cames.
- 77 EPURES ou PLANCHES = 1/- Noeuds et chaînes. 2/- Levier de la garoust. 3/- Ailes du moulin à vent. 4/- Pompe à feu. La planche sera gravée et le dessin donné aux élèves.
- 78 OBSERVATIONS = Il sera gravé, par les soins et d'après l'approbation du conseil d'instruction, une suite de planches contenant les principaux éléments des machines. Il en sera délivré des exemplaires à chaque élève au prix qui en sera fixé par le conseil d'instruction. Le conseil d'instruction favorisera, autant qu'il sera possible, la rédaction d'un Traité des Eléments des machines.

6/- Programme du Cours élémentaire des Machines, faisant partie du Cours de Géométrie descriptive, session 1807 - avril 1808

- 79 *Texte accompagné du Tableau des machines élémentaires (et de sa légende), et publié en 1808 avec l'Essai sur la composition des machines. Programme reconduit pour la session 1808, puis pour la session 1809-10 (avril 1810) avec mention « Temps des vacances » et modification du travail des élèves. Ce cours de six leçons a été effectué en octobre/novembre par Hachette, de 1807 à 1810.*
- 80 Sur les forces employées à mouvoir les machines, et sur la manière de les estimer ; des forces qu'on obtient par les animaux, par l'eau, le vent, et par les substances combustibles.
- 81 Des machines élémentaires ; du mouvement circulaire ; du mouvement rectiligne ; du mouvement de va et vient ; de la forme des machines par lesquelles les mouvements se combinent deux à deux ; division de ces machines en dix séries ; explication du tableau (joint) qui présente les machines connues en dix séries.
- 82 Explication des principales machines employées dans les constructions.
- 83 Application de la théorie des ombres et du lavis au dessin des machines.
- 84 Travail exigé des élèves (avril 1808)
- 85 Les élèves dessineront au trait et au lavis : 1/ les pylons et cames ; 2/ la vis triangulaire ou carrée ; 3/ l'engrenage avec lanterne cylindrique ou la vis d'Archimède.
- 86 Ils expliqueront les épures gravées des machines suivantes : 1/ les engrenages coniques ; 2/ les pompes aspirantes et foulantes ; 3/ les chapelets droits et inclinés ; 4/ le béliet hydraulique ; 5/ le manège du maraîcher ; 6/ la vis d'Archimède ; 7/ l'aile de moulin à vent ; 8/ les machines à feu ; 9/ une machine à recevoir les pieux ; 10/ une machine à curer.
- 87 Travail exigé des élèves (avril 1810)

- 88 Epures à dessiner au trait et au lavis : 1/ Vis triangulaire, éclairée de manière qu'il y ait séparation d'ombre et de lumière sur la surface des filets. 2/ Engrenage de roues et de fuseaux cylindriques.
- 89 Epures gravées à expliquer : 1/ Pompes à eau et à air ; 2/ Béliers hydrauliques ; 3/ Vis d'Archimède ; 4/ Aile de moulin à vent ; 5/ Machines à feu ; 6/ Cames et pilons ; 7/ Engrenage de roues cylindriques, engrenage de roues et de fuseaux cylindriques ; 8/ Engrenage de roues coniques, engrenage de roues et de fuseaux coniques.

7/- Programme du Cours des Machines - rédactions de 1813 et 1814 =

- 90 Programmes pratiquement présentation identiques de la session 1810-11 à la session 1815-16, à quelques ajouts près en 1814 (*). NB : La présentation en paragraphes n'est pas d'origine. Ce cours d'une dizaine de leçons a été effectué en octobre/novembre par HACHETTE, de 1811 à 1815.
- 91 Du mouvement circulaire, du mouvement rectiligne, du mouvement de va et vient circulaire et rectiligne.
- 92 De la forme des machines élémentaires par lesquelles les mouvements se combinent deux à deux ; division de ces machines en dix séries ; explication du tableau qui présente les machines connues de ces dix séries.
- 93 Théorie des épicycloïdes planes et sphériques ; applications de cette théorie au tracé des engrenages cylindriques et coniques.
- 94 Des moteurs et des machines qui reçoivent directement l'action de ces moteurs.
- 95 De l'effet dynamique pris pour unité de force.
- 96 (*) Méthode pour estimer ces forces et pour comparer leurs effets à ceux des machines auxquelles elles sont appliquées.
- 97 (*) De la force de l'homme et du cheval.
- 98 De l'eau considérée comme moteur.
- 99 (*) Des effets dynamiques d'un cours d'eau, d'une chute d'eau.
- 100 (*) De l'écoulement de l'eau par des tuyaux, de la veine contractée ; de la forme à donner aux tuyaux pour augmenter la quantité d'eau qui s'écoule par ces tuyaux.
- 101 Des Machines qui reçoivent directement l'action de l'eau.
- 102 Des roues à axe plein, à axe creux ; des pendules hydrauliques ;
- 103 (*) des seaux et des chapelets ;
- 104 (*) des siphons et de leur usage dans les machines à siphons et dans les machines à flotteur ;
- 105 (*) de la Danaïde (de Manoury).
- 106 De la fontaine de Héron ; des lampes hydrostatiques ; de la machine de Schemnitz ; du béliers hydrauliques ; de la machine à colonne d'eau ; des réservoirs d'air comprimé.
- 107 Des machines employées à élever l'eau et qui ne sont pas mues directement par l'eau.
- 108 De la machine hydraulique funiculaire (de Verrat) ; des tubes hydrauliques ; de la machine à force centrifuge ; de la vis d'Archimède ; des pompes aspirantes et foulantes ; des pompes à soufflets ; de la pompe à double aspiration.

- 109 Des moyens de transmettre le mouvement à de grandes distances, par une colonne d'eau et par un système de leviers. Exemples : la machine de Marly, la presse hydraulique.
- 110 De l'air considéré comme moteur. Théorie du moulin à vent ; méthode pratique pour en construire la surface.
- 111 Du calorique considéré comme moteur.
- 112 Des effets dynamiques des combustibles, tels que le bois, le charbon, la houille, etc. De la manière de comparer ces effets avec ceux de l'eau, du vent.
- 113 Description d'une machine à feu.
- 114 Des machines employées dans les constructions.
- 115 Des poulies et des moufles ; usage des
- 116 poulies dans les machines à filer le coton et dans les rouets de ménage.
- 117 Des cordes, des noeuds de corde, de leur fabrication.
- 118 Des treuils, des cabestans ; expériences sur la raideur des cordes.
- 119 Des chèvres, des grues, des sonnettes à tiraude et à dé clic ; de l'enfoncement des pieux et des pilots au
- 120 moyen de ces deux espèces de sonnettes.
- 121 Des chapelets droits, inclinés ; de la machine à curer les ports.
- 122 Des scies ou machines à receper les pieux.
- 123 Théorie des ombres appliquée au dessin des Machines.

8/- Rapport au Roi, session 1817-1818 - 13 février 1819

- 124 [...] 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.
- 125 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. La composition des diverses machines employées dans les travaux des arts, présente à des yeux vulgaires une multitude d'inventions isolées, et, pour ainsi dire, de secrets dont chacun en particulier semble avoir nécessité une découverte ; mais pour le mécanicien habile, que des études théoriques ont éclairé, ces appareils si compliqués et si variés en apparence, se réduisent au fond à un petit nombre d'éléments simples, qui s'assemblent et se combinent les uns les autres d'une infinité de manières appropriées aux effets que l'on veut produire. Ce genre de combinaisons est lui-même soumis à des règles fixes, et les effets qui en résultent peuvent être généralement déterminés d'avance par le calcul. On conçoit combien l'étude des machines, présentée sous ce point de vue élevé, doit être utile à toutes les classes d'ingénieurs. 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. [...]

9/- Programme du Cours de Machines - rédactions de 1823 et 1824

- 126 *Programme publié en 1818 (année scolaire 1817-18) et remanié pour 1818-19. Reconduit pour 1819-20 et modifié pour 1821-22 (interversions). Reconduit, avec quelques suppressions en 1823-24 (*), jusqu'en 1833-34. NB : La présentation en paragraphes n'est pas d'origine. Ce cours a été assuré - au cours du premier semestre de l'année civile - tout d'abord par PETIT en 1818 et 1819 (une douzaine de leçons), puis par ARAGO en 1820, et de 1822 à 1830 (deux douzaines de leçons), enfin par SAVARY à partir de 1831.*
- 127 Du mouvement continu, rectiligne et circulaire.
- 128 Du mouvement alternatif, rectiligne et circulaire.
- 129 Description des principales machines élémentaires dans lesquelles ces mouvements se combinent deux à deux.
- 130 Théorie des engrenages.
- 131 Des fluides incompressibles et des fluides élastiques considérés comme moteur.
- 132 Lois de leur résistance.
- 133 Lois de leur écoulement.
- 134 Théorie des pompes.
- 135 De la presse hydraulique.
- 136 Des machines à colonnes d'eau.
- 137 Du bélier hydraulique.
- 138 De la vis d'Archimède.
- 139 Des différentes espèces de roues.
- 140 Du moulin à vent.
- 141 Description détaillée des machines à feu.
- 142 Du frottement, de la raideur des cordes.
- 143 Des machines employées dans les constructions.
- 144 Du cabestan, des chèvres, des grues. –
- 145 Des sonnettes. –
- 146 Des chapelets, droits et inclinés. –
- 147 (*) Machines à curer et à draguer. –
- 148 (*) Machines à receper.
- 149 Des différentes espèces de moteurs. –
- 150 Evaluation du moteur et de l'effet produit. –
- 151 De l'effet dynamique pris pour unité de force.
- 152 Considérations générales sur l'emploi des forces vives pour déterminer l'effet des machines.
- 153 Applications à quelques exemples.
- 154 ANNEES SCOLAIRES 1817-18 et 1818-19 = Les élèves sont tenus, pendant la durée du cours, d'exécuter les dessins de plusieurs machines, dont le choix sera déterminé par le professeur.

- 155 ANNEES SCOLAIRES 1819-20 à 1822-23 = Les élèves sont tenus, pendant la durée du cours, d'exécuter les dessins suivants : 1e épure = Machine à feu et ses détails ; 2e épure = Moulin à farine ; 3e épure = Presse hydraulique.
- 156 ANNEES SCOLAIRES 1823-24 à 1833-34 = Les élèves seront tenus, pendant la durée du cours, d'exécuter les dessins suivants : 1e épure = Presse hydraulique ; 2e épure = Machine à feu et ses détails ; 3e épure = Moulin à farine ; 4e épure = Machine à feu employée au mouvement d'un bateau ; et plusieurs autres qui seront déterminées ultérieurement par le Conseil d'instruction. Ces dessins devront être faits, soit d'après des épreuves gravées, soit d'après des modèles en relief.

10/- Programme du Cours de machines et d'hydraulique - rédaction de 1839

- 157 *Programme élaboré en 1834 pour l'année scolaire 1834-35. Reconduit jusqu'en 1839 (année scolaire 1839-40), où il subit quelques ajouts (+) et suppressions (-), ainsi qu'un changement de titre significatif (l'hydraulique apparaissant alors en tant que chapitre préliminaire aux études de machines). Modifications mineures en 1843 et suppressions (*) en décembre 1848 (année scolaire 1848-49). Ce cours, de plus de deux douzaines de leçons, a été assuré - au cours du premier semestre de l'année scolaire - par SAVARY jusqu'en 1840, puis par CHASLES de 1841 jusqu'en 1850.*
- 158 **MACHINES.**
- 159 Objet des machines.
- 160 Indications des différentes espèces de moteurs.
- 161 De la mesure et de l'action des forces.
- 162 Définitions des quantités de travail ; leur évaluation. (*)
- 163 Travail moteur ; travail utile ou résistant ; égalité du travail moteur et du travail utile dans quelques cas simples.
- 164 (*) [nouvelle formulation : Egalité du travail moteur et du travail résistant.]
- 165 Résistances passives.
- 166 Lois du frottement à la surface des corps solides.
- 167 Applications de ces lois à des exemples particuliers.
- 168 De la roideur des cordes.
- 169 Principaux éléments ou organes simples des machines ; transformations de mouvements.
- 170 Poulies, cordes, chaînes, courroies. - Engrenages ; cas particuliers, théorie générale ; frottement des dents.
- 171 Courbes en coeur, manivelles, excentriques, etc.
- 172 Volants, régulateurs.
- 173 Parallélogrammes articulés.
- 174 **Machines destinées au transport des fardeaux, à l'écrasement des corps.**
- 175 Moteurs animés : cheminant sur un plan horizontal ; élevant des poids ; appliqués aux machines. - Treuil simple et différentiel, cabestans, chèvres, grues, sonnettes à tiraude et à déclic. Presses. - Vis ; vis différentielle ; presse à percussion.

176 **ELEMENTS D'HYDRAULIQUE.**

177 Notions et formules sur l'écoulement des liquides pesant par un petit orifice (+) ;
ajutage ; veine fluide, forme, dépense ; ponce de fontainier ; frottement dans les
tuyaux ; notions physiques sur l'écoulement des liquides (-) ; vitesse due à une hauteur
de chute donnée (-).

178 Notions physiques sur le mouvement des eaux à ciel ouvert ; influence du lit ; figure de
la surface ; vitesse à différentes profondeurs, moyens de la mesurer ; vitesse moyenne.
(*)

179 Impulsion d'un courant sur un plan ; expériences et lois.

180 **Machines destinées à élever des liquides.**

181 Organes spéciaux des pompes : soupapes, pistons.

182 Pompes foulante, aspirante, aspirante et foulante ; de la Hire ; de Bramah.

183 Presse hydraulique ; résistance des corps de pompe. Béliet hydraulique (*), canne
hydraulique (-).

184 Machines d'épuisement. (*)

185 Machine de Schemnitz (*) ; machine à colonne d'eau.

186 Roues d'épuisement, à palettes, à pots ; norias (*) ; chapelets droits et inclinés (*) ;
tympan de Vitruve (*), de Lafaye (*).

187 Vis d'Archimède ; vis hollandaise ; machines à force centrifuge (*).

188 **Machines mues par les eaux courantes.**

189 Roues hydrauliques dans un courant indéfini ; dans un coursier. - Roues à palettes
droites, à augets ; à palettes courbes. - Roues à réaction. - Turbines. (+)

190 **Action des courants d'air.**

191 Moulins à vent ; construction des ailes ; détails sur le mécanisme intérieur.

192 **Action de la vapeur.**

193 Description détaillée des machines à vapeur.

194 **De l'effet utile des machines.**

195 Unités dynamiques.

196 Moyens pratiques de mesurer l'effet des machines ; freins (+), dynamomètres (+).

197 Considérations générales sur l'emploi du principe des forces vives dans le calcul des
effets des machines. (*)

198 Applications à différents exemples. (*)

199 ANNEES SCOLAIRES 1834-35 à 1838-39 = Les élèves exécuteront, pendant la durée du
cours :

200 1/ une épure d'engrenages : le nombre des dents, leurs dimensions, leur espacement,
devront être déterminés, pour chaque roue, d'après un rapport des vitesses angulaires
choisi par l'élève et indiqué sur l'épure. - Il suffira de tracer complètement quelques
dents, de manière à ce que l'épure offre immédiatement tous les profils nécessaires à
l'exécution des deux roues ;

201 2/ presse hydraulique ;

202 3/ un dessin d'après un modèle en relief ;

- 203 4/ un dessin lavé de machine. Ces dessins devront être faits, soit d'après des modèles, soit d'après des croquis cotés.
- 204 ANNEES SCOLAIRES 1839-40 à 1842-43 = Les élèves exécuteront, pendant la durée du cours :
- 205 1/ une épure d'engrenages (...);
- 206 2/ presse hydraulique, d'après un croquis coté ;
- 207 3/ un dessin d'après un modèle en relief ;
- 208 4/ un dessin lavé de machine.
- 209 ANNEES SCOLAIRES 1843-44 à 1848-49 = Les élèves exécuteront, pendant la durée du cours :
- 210 1/ une épure d'engrenage (...);
- 211 2/ deux dessins d'après un modèle en relief ; 3/ un dessin lavé de machine.

Annexe 4 : Sources – Archives et Imprimés

Archives de l'Ecole polytechnique

- **Rapports annuels** (de la direction de l'école au gouvernement) et **programmes officiels** - [cote : X-2-b-10] : Documents imprimés, de 1800 à 1850 (exceptions : 1813, 1815, 1831, 1841, 1842).
- **Comptes rendus des conseils d'administration, de perfectionnement et d'instruction** - [cotes : X-2-c-29 et X-2-c-30] : Cahiers manuscrits (procès-verbaux des séances) et documents divers [cotes : et III-2].
- **Registres d'instruction ou Sommaire des cours** - [cote : X-2-c-7] : Cahiers manuscrits annuels de 1809 à 1851 (exceptions : 1832-36, 1838-40, 1844-45), recensant les cours effectués, avec leurs dates et contenus.
- **Registres de la marche des cours** - [cote : X-2-c-6] : Cahiers manuscrits donnant l'emploi du temps des élèves, jour par jour, de 1805 à 1816.
- **Dossier administratif** - [cote : VI-1-b-1 = *personnels enseignant*] : Notes diverses.
- **Dossiers enseignants non polytechniciens** - [cote : VI-1-b-2] : Cartons classés selon l'année de la première nomination à l'école. Voir HACHETTE [1794], HASSENFRATZ [1794], FERRY [1794], MONGE [1794], PRONY [1794], GIRARD [1795], GAY-VERNON [1798], AMPERE [1804].
- **Dossiers enseignants polytechniciens** - [cote : VI-2-a-2] : Cartons des anciens élèves, classés selon l'année de la promotion. Voir ARAGO [1803], PETIT [1807], CHASLES [1812], SAVARY [1815].
- **Inventaire des cabinets** - [cote : VII-2-c-2 = *équipement des laboratoires*] : Cahier manuscrit de 1807 (avec mises à jour jusqu'en 1813) = cabinets de physique, de minéralogie, des modèles (modèles en relief, planches en cuivre, dessins et gravures, épreuves et planches), des dessins et modèles, d'instruments et topographie - [cote : VII-2-c = *matériel pour l'enseignement et la recherche*] : Carton #1 [1795-1879] = Registre du cabinet des modèles (1805-06) ; Nouvel Ordre établi dans les portefeuilles de la Géométrie descriptive (1812) ; Inventaire des modèles, dessins et planches gravées de Géométrie descriptive (1816).
- **Dossier sur les publications de l'école** - [cote : VIII-1] : Carton #1 [1795-1828]. Voir 1808, Cours élémentaire de Machines.
- **Contenu de l'enseignement** - [cote : III-3-a = *emploi du temps et généralités*] : Carton #1 [1794-1817], carton #2 [1818-1840] et carton #3 [1841-1853]. Voir notamment les emplois du

temps (manuscrits) de 1806 et 1807 (période des vacances) ; une liste de visites (1812), détaillant 2 musées, 6 monuments et 7 manufactures et ateliers ; les comptes rendus (manuscrits) de l'inspecteur des études sur la marche de l'enseignement de 1806 à 1812 et les rapports présentés au Conseil de perfectionnement par le Conseil d'instruction sur les modifications à apporter dans l'enseignement de 1819 à 1821 ; le rapport de Coriolis sur les modifications à introduire dans l'ensemble de l'enseignement des élèves de l'Ecole polytechnique (1840).

- **Cours** - [cote : III-3-b = *contenu des enseignements scientifiques et techniques*] : Carton #1 [1783-1801], carton #2 [1802-1803], carton #3 [1804-1812] et carton #4 [1813-1825] : manuscrits divers. Voir notamment les documents concernant les visites d'ateliers et manufactures (1796, 1798, 1799 et 1800) ; les présentations de Hassenfratz sur son cours d'exploitation des mines (1800 et 1801) ; les notes de Prony sur son cours de mécanique (1796-97 et 1797-98) et celles de Petit pour la physique (1814-1816) ; ainsi que les carnets manuscrits d'élèves : Atthalin (promotion 1802) pour le cours de mécanique de Prony (entre autres), et Renaud (promotion 1823) pour le cours de machines de Arago (1825).
- **Cours** - [cote : NOM d'auteur / année] : Recueils reliés de documents imprimés. Divers cours sont parfois réunis, et les titres ne correspondent pas toujours aux contenus. (Consulter également le catalogue de la bibliothèque historique pour les ouvrages imprimés de Prony, Monge et Hachette, Lanz et Bétancourt).
- MONGE 1794-18 ?? = deux volumes multi-paginés : cours de Monge et Hachette (géométrie descriptive, analyse appliquée à la géométrie), Gay-Vernon (art militaire et fortifications), Prony (analyse appliquée à la mécanique & *Tableau analytique offrant l'ensemble et la correspondance des diverses parties de la mécanique*) –
- idem PRONY 1794-18 ?? [JEP, 1799] – PRONY = *Mécanique philosophique, ou analyse raisonnée des diverses parties de la science de l'équilibre et du mouvement* – (Première partie ; voir le résumé complet dans JEP, 1798).
- PRONY 1800 = *Plan raisonné de la partie de l'enseignement de l'Ecole Polytechnique qui a pour objet l'équilibre et le mouvement des corps* – 224 pages.
- PRONY 1809 = *Sommaires des leçons sur le mouvement des corps solides, l'équilibre, et le mouvement des fluides*. – recueil multi-paginé (47 leçons), avec une planche du cours de **Hachette**.
- PRONY 1811 = *Sommaire des leçons du cours de mécanique* – 108 pages.
- PRONY 1810-1815 = *Leçons de mécanique analytique données à l'Ecole Impériale Polytechnique* – deux tomes : *Traité de Statique* et *Traité de Dynamique*.
- DURAND 1796-1830 = recueil de planches imprimés d'architecture, machines et topographie – *1^{re} division. Epures. Cabinet du sous-gouverneur* – idem EPURES 1829 = cours de **Arago**.
- LEROY 1817-1849 = recueil (constitué en 1850) de planches imprimés de géométrie descriptive (et machines) – idem EPURES 1800-1816 = cours de **Hachette**.
- HACHETTE 1808 = *Programme du cours élémentaire des machines pour l'an 1808* – suivi de l' *Essai sur la composition des machines* de LANZ et BETANCOURT.
- CHASLES 1841-1842 – CHASLES 1842-1843, CHASLES 1846-4847, CHASLES 1848-1849, CHASLES 1849-1850 = notes sur les engrenages (83 pages lithographiées en 41-42) – *Cours de Machines* (lithographié de 42-43 à 49-50) = Cours de **Chasles**.
- CHASLES 1849 = *Instruction sur le dessin des machines* – 25 pages lithographiées = cours de **Chasles**.
- **Porte-documents** - [cote : X-2-b] : Collection de dessins divers, en vrac. Douze dossiers, dont cinq avec des dessins de mines et machines : voir #216-217, #219 [1812-13], #220-221-222, #241 [Bardin, promotion 13], #242 = cours de **Hassenfratz**, de **Hachette**.

- **Recueils de travaux graphiques** - [cote : X-2-b Album] : Collection de dessins, en vrac, dont un recueil (#29) de dessins antérieurs à 1880 [cf Villeneuve, promotion 13] = cours de **Hachette**.
- **Epures** - [cote : EPURES / année] : Recueils reliés de travaux d'élèves (une quarantaine, de 1803 à 1849), ainsi que trois recueils de planches lithographiées (concernant la géométrie descriptive, les machines, l'architecture, la topographie). Pour les dessins de machines, voir :
- EPURES 1803 [Lechesne, promotion 03] ; EPURES 1811-1812 et EPURES 1812-1813 [Dalesme, promotion 11] = cours de **Hachette**.
- EPURES 1827 [Gallocher de Lagalissière, promotion 25] ; EPURES 1828/1 [Magues, promotion 26] et EPURES 1828/WAR [Wartelle, promotion 26] = cours de **Arago**.
- EPURES 1829-1831 [Roussel, promotion 29] et EPURES 1830-1831 [Requier, promotion 29] et EPURES 1830-1846 ; EPURES 1833 [Allard Duhaut Plessis, promotion 31] et EPURES 1833/LAI [Laity, promotion 31] ; EPURES 1833-1834 [Huet, promotion 32] ; EPURES 1835-1836 ; EPURES 1838-1839 [Veilhan, promotion 37] = cours de **Savary**.
- EPURES 1843-1844 [Tournaire, promotion 42] ; EPURES 1847-1849 [Fontenel, promotion 47] = cours de **Chasles**.
- EPURES 1794-1850 = recueil (constitué en 1850) de planches imprimés et de dessins de machines = cours de **Hachette**, de **Arago**, de **Savary**, de **Chasles** ; planches de **Hassenfratz** (?), de **Prony** (?), de **Lanz & Bétancourt** ; lavis d'élèves (?).
- EPURES 1800-1816 : *2e division. Epures. Cabinet du sous-gouverneur* - planches imprimées de géométrie descriptive (et machines) - idem LEROY 1817-1849 = cours de **Hachette**.
- EPURES 1829 : *1e division. Epures. Cabinet des sous-inspecteurs* - planches imprimées d'architecture, machines et topographie - idem DURAND 1796-1830 = cours de **Arago**.
- EPURES 1800-1850 : *Direction des études. Travaux graphiques* - planches imprimées de géométrie descriptive, machines, architecture et topographie = cours de **Arago**, de **Savary** et de **Chasles**.

Principaux ouvrages imprimés [ouvrages d'importance - à l'exclusion des articles de revue, notices brèves et brochures diverses]

- **Textes fondateurs** - Réédition (en annexes) dans : LANGINS, Janis - 1987 - **La République avait besoin de savants** - Paris : Belin - 287 pages :
- FOURCROY, Antoine François - an III - [**1794**] - **Rapport et projet de décret présenté à la Convention Nationale** le 7 vendémiaire an III [28 septembre 1794] - Paris : Imprimerie nationale - Paris : Imprimerie du Comité de Salut public.
- [MONGE] - (vendémiaire an III) - [septembre-octobre **1794**] - **Développements sur l'enseignement adopté pour l'école centrale des travaux publics** - Paris : Imprimerie du Comité de Salut public - Paris : Imprimerie nationale. pluviôse, an III - [janvier-février **1795**] - **Programmes de l'enseignement polytechnique de l'école centrale des travaux publics** - Paris : Imprimerie nationale.
- [MONGE] - *Stéréotomie* - Texte manuscrit dans : TATON, René - 1951 - **L'oeuvre scientifique de Monge** - Paris : P.U.F. - 441 pages.
- [PRONY] - *Analyse appliquée à la mécanique*.
- [JEP] - **Journal de l'Ecole polytechnique** - anciennement *Journal polytechnique ou bulletin du travail fait à l'école centrale des travaux publics* :
- Premier cahier (germinal an III - mars/avril **1795**) ;
- Troisième cahier (prairial an IV - mai/juin **1796**) ;
- Quatrième cahier (vendémiaire, an V - septembre/octobre **1796**)

- Cinquième cahier, tome II (prairial an VI - mai/juin **1798**) ;
- Sixième cahier, tome II (thermidor an VII - juillet/août **1799**) ;
- Onzième cahier, tome IV (messidor an X - juin/juillet **1802**) ;
- Treizième cahier, tome VI (avril **1806**).
- [CEP] - **Correspondance sur l'Ecole Polytechnique**, à l'usage des élèves de cette école, publiée par HACHETTE - **1804-1816** - Paris : Vve Courcier - Réédition : 1836 - Paris : Bachelier.
- tome 1 = 10 cahiers (avril 1804 / mai 1808) ; tome 2 = 5 cahiers (janvier 1809 / janvier 1813) ; tome 3 = 3 cahiers (janvier 1814 / janvier 1816).
- FOURCY, Ambroise Louis - **1828 - Histoire de l'école polytechnique** - Paris : Ecole polytechnique - VIII + 509 pages - Réédition : 1987 - Paris : Belin - avec introduction et annexes, par Jean DHOMBRES.
- OLIVIER, Théodore - **1847 - De l'Ecole Polytechnique** - dans : OLIVIER - 1851 - **Mémoires de géométrie descriptive, théorique et appliquée** - Paris : Carilian-Goeury et Dalmont - pages III-XXIII.
- [LE VERRIER, Urbain] - **1850 - Rapport sur l'enseignement de l'Ecole polytechnique** - Paris : Imprimerie nationale - 445 pages.
- CHASLES, Michel - **1880 - Exposé historique concernant le Cours de Machines, dans l'enseignement de l'Ecole Polytechnique** - Paris : Gauthier-Villars - 23 pages.
- PINET, G. - **1887 - Histoire de l'école polytechnique** - Paris : Baudry - XX + 500 pages.
- MERCADIER, E. - **1894 - Histoire de l'enseignement de l'Ecole polytechnique** - dans : Ecole polytechnique - 1894-1896 - **Le livre du centenaire 1794-1894** - Paris : Gauthier-Villars (3 tomes) - tome 1 (1895) : *L'école et la science*, pages 1-88.
- MONGE, Gaspard - **1786 - Traité élémentaire de statique**, à l'usage des Ecoles de la Marine - 5ème édition, revue par HACHETTE : **1810** - Paris : Courcier.
- MONGE, Gaspard - **1799 - Géométrie descriptive. Leçons données aux Ecoles Normales de l'an III de la République** - 2ème édition : an VII - Paris - Réédition : 1989 - Paris : Gabay.
- MONGE, Gaspard - **1811 - Géométrie descriptive. Nouvelle édition avec un supplément** par M. HACHETTE - Paris : Klostermann.
- MONGE, Gaspard - **1820 - Géométrie descriptive. Quatrième édition augmentée d'une théorie des ombres et de la perspective**, extraite des papiers de l'auteur par M. BRISSON - Paris : Bachelier - Réédition dans : DHOMBRES, Jean - 1992 - **L'Ecole normale de l'an III. Leçons de mathématiques** - Paris : Dunod.
- HACHETTE & LANZ & BETANCOURT - **1808 - Programme du cours élémentaire des machines, pour l'an 1808**, par HACHETTE - **Essai sur la composition des machines**, par LANZ et BETANCOURT - Ecole Impériale Polytechnique - Paris : Imprimerie impériale - XV + 120 pages, 12 planches - Réédition : 1990 - Madrid.
- HACHETTE, J.N.P. - **1811 - Traité élémentaire des machines** - Paris : Klostermann - XIX + 306 pages, 28 planches - Réimpression : 1814 - 2ème édition : **1819** - Paris : Veuve Courcier - XXVIII + 374 pages, 32 planches - 4ème édition : **1828** - Paris : Corby - XVI + 480 pages, 35 planches.
- HACHETTE, J.N.P. - **1822 - Traité de géométrie descriptive avec les applications aux ombres, à la perspective et à la stéréotomie** - Paris.
- HACHETTE, J.N.P. - **1830 - Histoire des machines à vapeur, depuis leur origine jusqu'à nos jours** - Paris : Corby .
- LANZ, J. & BETANCOURT, A. - **1808 - Essai sur la composition des machines** - 2ème édition : **1819** - Paris : Bachelier - 184 pages, 13 planches - 3ème édition : **1840** - Paris : Bachelier - 208

pages, 13 planches - Traduction anglaise : **1820** - *Analytical essay on the construction of machines* – Londres : Achermann – XII + 158 pages, 13 planches – Réédition : 1990 - Madrid