

Auteur : Exposition universelle. 1900. Paris

Titre : Musée rétrospectif des classes 19, 20, 21, 22. Mécanique (Matériel et procédés généraux)
à l'exposition universelle internationale de 1900, à Paris. Rapport du comité d'installation

Mots-clés : Exposition internationale (1900 ; Paris) ; Mécanique ; Machines

Description : 1 vol. (102 p.-[7 pl]) : ill. ; 29 cm

Adresse : [Saint-Cloud] : [Imprimerie Belin frères], [1900]

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 8 Xae 521 (Relié avec 8 Xae 522, 8 Xae 523, 8 Xae 524)

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE521>

MUSÉE RÉTROSPECTIF

DES CLASSES 19, 20, 21, 22

MÉCANIQUE

(Matériel et procédés généraux)

8772

8° Xae 521

MUSÉE RÉTROSPECTIF

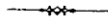
DES CLASSES 19, 20, 21, 22

MÉCANIQUE

(Matériel et procédés généraux)

8° Xae 89
: 2.
14 Mars 1932.

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE
DE 1900, A PARIS



RAPPORT

DU

COMITÉ D'INSTALLATION



Exposition universelle internationale de 1900

SECTION FRANÇAISE

Commissaire général de l'Exposition :

M. Alfred PICARD

Directeur général adjoint de l'Exploitation, chargé de la Section française :

M. Stéphane DERVILLÉ

Délégué au service général de la Section française :

M. Albert BLONDEL

Délégué au service spécial des Musées centennaux :

M. François CARNOT

Architecte des Musées centennaux :

M. Jacques HERMANT

COMITÉ D'INSTALLATION DES CLASSES 19, 20, 21, 22

Bureau.

Président : BARIQUAND (Emile), O. ✱, machines-outils de précision, **président du Comité de la Classe 22.**

Secrétaire : COMPÈRE (Charles), ingénieur des arts et manufactures, délégué principal des Associations françaises de propriétaires d'appareils à vapeur, directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur, **secrétaire du Comité de la Classe 19.**

Membres.

MM. HIRSCH (Joseph), ✱, inspecteur général honoraire des ponts et chaussées, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, **président du Comité de la Classe 19.**

LE BLANC (Jules), ✱, ingénieur mécanicien, **président du Comité de la Classe 20.**

PÉRISSE (Sylvain), ✱, ingénieur des arts et manufactures, président de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, membre du Comité d'inspection de l'enseignement technique, **président du Comité de la Classe 21.**

WALCKENAER (Charles), ✱, ingénieur au corps des mines, chargé du service de surveillance des appareils à vapeur du département de la Seine, professeur du cours de machines à vapeur de l'Ecole nationale des ponts et chaussées, rapporteur de la Commission centrale des machines à vapeur, **rapporteur du Comité de la Classe 19.**

HUGUET (Albert), ✱, ingénieur des arts et manufactures, constructions mécaniques, juge au Tribunal de commerce de la Seine, **rapporteur du Comité de la Classe 20.**

MASSON (Léon), ✱, ingénieur des arts et manufactures, ingénieur sous-directeur du Conservatoire national des arts et métiers, **rapporteur du Comité de la Classe 21.**

TRESCA (Gustave), ✱, ingénieur adjoint, conservateur des collections au Conservatoire national des arts et métiers, **rapporteur du Comité de la Classe 22.**

COMMISSION DU MUSÉE RÉTROSPECTIF

MM. DURENNE (Jean),
SAUVAGE (Edouard),
EUDE (Emile),
} Classe 19.

ROUART (Henri),
WORMS DE ROMILLY (Paul),
} Classe 20.

DIGEON (Jules-Henri),
| Classe 21.

BODIN (Paul),
KREUTZBERGER (Frédéric),
} Classe 22.

La Commission avait en outre demandé le précieux concours de MM. Ed. BOURDON, COHENDET et FERAY.



Phototypie Berthaud, Paris

Denis Papin (1647-1714).

Statue par Aimé Millet au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

INTRODUCTION

Considérations générales sur le Musée rétrospectif de la Mécanique française.



Les expositions centennales, ainsi qu'il avait été prévu par le règlement général de l'Exposition universelle de 1900, étaient destinées à compléter les expositions contemporaines en résumant l'historique des progrès réalisés depuis le commencement du siècle. Elles devaient être organisées par Classes.

Le groupe IV, intitulé : Matériel et procédés généraux de la Mécanique, comprenait les quatre subdivisions suivantes :

Classe 19. — Machines à vapeur.

Classe 20. — Machines motrices diverses.

Classe 21. — Appareils divers de la mécanique générale.

Classe 22. — Machines-outils.

Chacune de ces quatre branches de l'industrie mécanique a un historique dont le résumé pourrait former un intéressant ouvrage, ainsi que cela a été fait par plusieurs auteurs pour l'origine et les perfectionnements de la machine à vapeur. Dès 1829, François Arago publia dans l'*Annuaire du bureau des longitudes* un historique de l'utilisation de la force expansive de la vapeur d'eau, qui constitue un document fondamental complété dans des ouvrages plus récents par la description des principaux progrès réalisés depuis cette date.

De plus, les transformations si profondes de la vie sociale, que la création et le développement prodigieux de la grande industrie ont déterminées pendant le dix-neuvième siècle, ont été en grande partie les conséquences des applications qui ont été faites des grandes inventions de la mécanique. Celles-ci jouent, en effet, partout un rôle prépondérant, soit au point de vue de la production de la force motrice, soit sous le rapport des procédés de fabrication.

Il semble donc, qu'en suivant la série des immenses progrès auxquels correspondent ces inventions, on devrait, avec une extrême facilité, réunir celles qu'il est le plus intéressant de faire figurer dans un musée rétrospectif. A première vue, on pourrait même supposer que l'abondance des matières doit rendre le choix embarrassant lorsque le cadre dont on dispose est, comme dans le cas présent, très limité.

En réalité, on n'a pas les mêmes ressources pour l'organisation d'un musée rétrospectif d'industrie que pour celle d'un musée d'art ancien. Les œuvres originales des grands maîtres de l'art sont des objets de grande valeur, que l'on conserve avec beaucoup de soin. Depuis plusieurs siècles, chaque nation les réunit dans des musées nationaux, qui sont un des éléments de sa richesse. Leur étude est la base de la préparation aux carrières artistiques, et dans les grandes villes qui les possèdent leur visite est une des distractions les plus agréables.

Les travaux des grands maîtres de la mécanique et les recherches préliminaires de leurs principales inventions n'ont, au contraire, donné lieu qu'à la création d'appareils généralement trop encombrants pour pouvoir être conservés, n'ayant par eux-mêmes aucune valeur et ne pouvant être examinés avec intérêt que par des spécialistes. C'est ainsi qu'ils ont été détruits dès qu'ils ont été hors d'usage et que les grandes collections technologiques ne possèdent, qu'exceptionnellement, de précieuses reliques comme le tracteur de Cugnot et la célèbre locomotive « the Rocket » ; celle-ci, présentée par Stephenson en octobre 1829 au concours de chemin de fer de Liverpool à Manchester, remporta un succès duquel date l'origine des transports par chemins de fer et de la traction mécanique. En dehors de ces spécimens, malheureusement trop rares, les collections des musées industriels ne se composent que de modèles à échelle réduite, d'une exécution très soignée, qui représentent avec une parfaite exactitude le matériel perfectionné utile pour l'étude des différentes industries plutôt encore que des appareils originaux.

Ce n'étaient également que des modèles que l'on pouvait faire figurer dans le Musée centennial de l'Exposition, car même dans les maisons de construction les plus anciennes, malgré le soin avec lequel les traditions y sont conservées, il était difficile d'espérer que l'on retrouverait beaucoup de pièces originales. Celles-ci auraient d'ailleurs été trop lourdes et trop encombrantes pour être placées dans les galeries de l'Exposition.

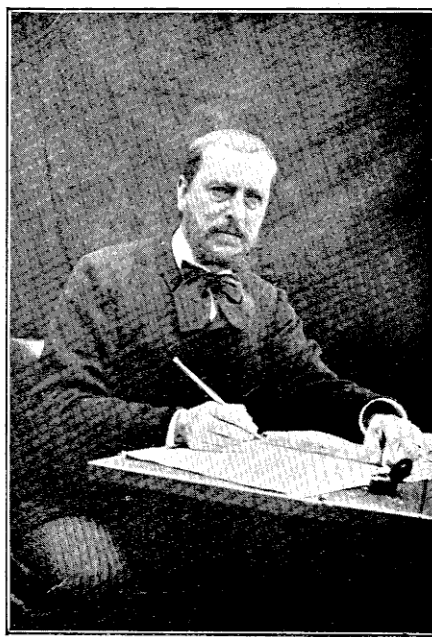
D'autre part, le temps manquait, et les crédits dont on disposait étaient insuffisants pour que l'on pût faire fabriquer des modèles dont l'exécution est toujours longue et coûteuse.

C'était donc dans les collections nationales ou particulières qu'il fallait puiser pour composer le musée de l'Exposition.

M. le colonel Laussedat, directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers, voulut bien offrir aux Comités du Groupe IV le concours le plus empressé, et donner toutes facilités pour faire dans ses galeries d'importants emprunts; mais les membres de ces comités furent d'avis qu'il serait fâcheux de décompléter pendant la période de l'Exposition notre musée national qui recevrait de nombreux visiteurs, et d'y créer des vides qui en détruiraient momentanément l'ensemble et l'harmonie. Aussi firent-ils leur possible pour ne profiter que dans des limites relativement restreintes du très aimable concours offert par M. le colonel Laussedat.

Pour organiser les musées des quatre Classes, on n'avait pas, ainsi que l'on vient de le voir, autant de facilités que l'on aurait pu le supposer de prime abord. C'est pourquoi les quatre comités d'installation furent d'avis que l'on simplifierait beaucoup cette organisation, que l'on rendrait le musée plus intéressant, et que l'on réduirait sensiblement la dépense, si l'on considérait toute la construction mécanique comme formant un ensemble dont l'histoire devait être réunie dans un musée centennal commun aux quatre Classes. En conséquence, ces comités constituèrent, pour organiser ce musée, un comité de groupe, dont firent partie les présidents et rapporteurs des quatre Classes, ainsi qu'un certain nombre de leurs membres qui, en raison des situations qu'ils occupaient ou avaient occupées, possédaient, des archives de la mécanique, une connaissance approfondie.

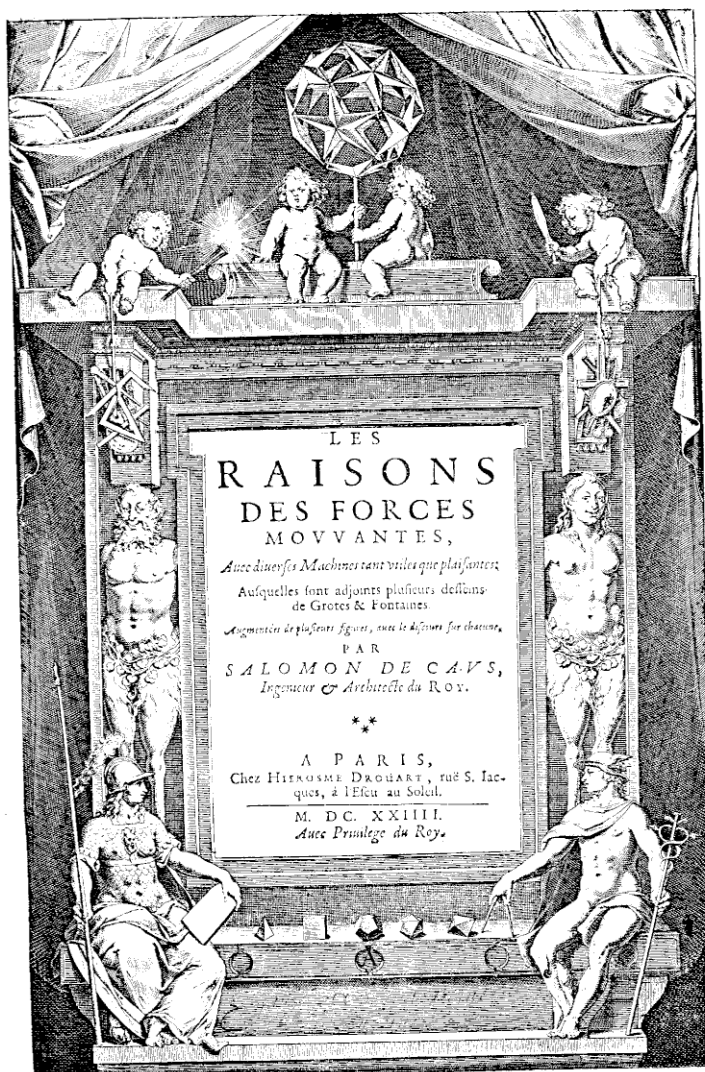
M. Joseph Hirsch, inspecteur honoraire des Ponts et Chaussées, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, président du comité de la Classe 19, fut nommé président de ce comité de groupe, et les fonctions de secrétaire furent remplies par M. Compère, directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur, secrétaire de la Classe 19.



JOSEPH HIRSCH (1836-1901).

Inspecteur général honoraire des ponts et chaussées, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, organisateur du Musée centennal du Groupe IV.

Ce fut avec le zèle le plus empressé que les membres de ce comité recherchèrent chez les constructeurs et dans les collections particulières les modèles, appareils et documents qui pouvaient donner de l'intérêt à cette collection temporaire et faire honneur à la mécanique française.



Frontispice des *Raisons des forces mouvantes*,
par Salomon de Caus.

(Bibliothèque de l'Arsenal.)

Le président Hirsch se consacra à ce surcroît de travail avec l'ardeur infatigable qu'il réservait toujours aux fonctions et missions pour lesquelles l'administration eut si souvent recours à son concours éclairé.

Le dévouement de cet éminent maître ne connaissait pas de limites lorsqu'il s'agissait des intérêts ou de l'éclat de la section de mécanique de l'Exposition.

et, au risque de s'imposer un excès de fatigue, qui devait épuiser ses forces, il apporta à l'œuvre du Musée centennal une participation qui en détermina le succès.

Il entreprit dans les dossiers des anciens brevets, ainsi que dans les archives du Conservatoire des Arts et Métiers et de la Bibliothèque nationale, des

recherches minutieuses à la suite desquelles il parvint à réunir des documents du plus haut intérêt, sur les origines de toutes les principales inventions de la mécanique française.

Avec l'habile concours de M. Peignot, préparateur du cours de physique au Conservatoire national des Arts et Métiers, ces documents furent reproduits par la photographie ; puis, bien classés, méthodiquement présentés, ils donnèrent un résumé complet et facile à suivre de l'histoire de la mécanique. Cette collection unique n'a heureusement pas été dispersée, ayant, après l'Exposition, été transportée dans les galeries du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Il fut dressé de tout ce que contenait le Musée centennal,



René Antoine Ferchault de Reaumur
De l'Académie Royale des Sciences.

(D'après une estampe de la Bibliothèque nationale.)

et, en particulier, de cette série de photographies, un catalogue très détaillé. Ce document est précieux à conserver, car il contient les résultats de toutes les recherches qui ont été faites, à l'occasion du Musée centennal, sur l'origine des grandes inventions de l'industrie mécanique. Aussi, avons-nous pensé qu'en le publiant *in extenso*, nous pourrions, dans l'avenir, faciliter beaucoup les études des ingénieurs ou auteurs qui auraient à s'occuper de cette question, et qu'en même temps, nous donnerions le compte rendu le plus exact de ce qu'avait été le Musée centennal, et du travail auquel avait donné lieu son organisation.

Cette publication est aussi pour nous une occasion favorable de rappeler les

concours obligeants, grâce auxquels le Comité d'organisation a pu disposer de certaines pièces historiques, qui ont beaucoup intéressé les visiteurs, et dont cette heureuse circonstance a fait connaître l'existence.

Hirsch a eu la satisfaction d'assister au succès de son œuvre, mais il n'a malheureusement pu l'achever complètement en indiquant lui-même, dans ce rapport qui devait en être la consécration, les enseignements que l'on pouvait en retirer.

Quelques mois après la fermeture de l'Exposition, au moment où il prenait le repos que rendent nécessaire de si rudes labeurs, il fut brusquement enlevé à l'affection des siens, et la mort priva la science et l'industrie d'un maître dévoué qui pouvait encore lui rendre de bien précieux services.

Parmi tous les regrets que causa une perte aussi grande, nous avons celui de ne posséder aucun des renseignements qu'Hirsch avait recueillis dans le travail considérable de recherches auquel il s'était livré, et dans la publication desquels se serait trouvé concentré le principal intérêt du rapport qu'il devait rédiger.

Aussi, ne pouvant songer à faire un travail qui remplaçât celui du maître, avons-nous dû nous contenter de reproduire le catalogue dont il était personnellement l'auteur, et qui, mieux que tout autre compte rendu, résume, ainsi que nous l'avons dit, l'œuvre du Musée centennal.

Comme préambule de ce catalogue, il convenait de rappeler d'abord, pour les quatre branches de la mécanique, les travaux des principaux inventeurs, de suivre ensuite rapidement les progrès réalisés, et d'indiquer enfin, pour chaque spécialité, la perfection et le développement industriel atteints en 1900.

Ces sujets ont été traités avec une grande compétence par MM. Walckenaer, Huguet, Masson et Tresca, rapporteurs des quatre classes du Groupe IV. Nous ne saurions mieux faire que de reproduire ici les quatre intéressantes notices qu'ont publiées ces auteurs distingués, en les illustrant de reproductions pour la recherche desquelles l'obligeant concours de M. G. Tresca, ingénieur du Conservatoire des Arts et Métiers, et de M. Sarriau, chef du service, chargé par l'administration de l'Exposition de ces publications, nous a été des plus utiles.

Pour terminer, il ne nous reste qu'à donner quelques indications sur les dispositions générales de l'installation du Musée.

L'emplacement qui fut définitivement attribué aux classes du Groupe IV, pour leur Musée centennal commun, était situé au premier étage, dans la galerie qui reliait celle des groupes électrogènes français avec le palais de la Mécanique. Cet espace était une sorte de grand palier compris entre les points d'arrivée de deux escaliers parallèles à la galerie de trente mètres. Dans le sens longitudinal, il était limité par des balustrades d'où l'on voyait d'un côté les groupes électrogènes,

et de l'autre, toutes les machines installées au rez-de-chaussée du palais de la Mécanique. Par rapport aux emplacements du premier étage, le Musée centennal occupait précisément le centre de ceux qui avaient été répartis entre les Classes du Groupe IV. Cette situation était donc particulièrement favorable. Les dimensions de l'espace dont on disposait étaient de 42 mètres de lon-



Vignette-adresse d'un mécanicien au dix-huitième siècle.
(D'après une estampe de la Bibliothèque nationale.)

gueur sur 12^m,50 de largeur, donnant, y compris les chemins, une surface de 325 mètres carrés.

Parallèlement aux balustrades, et en ménageant un chemin de deux mètres de large, on plaça des panneaux en menuiserie qui reçurent les dessins, gravures, photographies et documents divers qui devaient être fixés sur des surfaces verticales.

Ces panneaux formèrent trois salons, dans deux desquels furent montés des socles carrés d'environ un mètre de hauteur, qui étaient recouverts de vitrines et

accessibles sur leurs quatre côtés. Les modèles placés sur ces socles se trouvaient à bonne hauteur pour être examinés.

Le salon du centre fut aménagé en bibliothèque et servit de salle d'exposition pour les ouvrages et publications admis à être présentés comme objets exposés. Ce local, formant salon de repos, fut très fréquenté par les expo-



Vignette-adresse d'un ingénieur du dix-huitième siècle.
D'après une estampe de la Bibliothèque nationale.

sants et les visiteurs désireux de causer de leurs affaires, de consulter les ouvrages de la bibliothèque ou de classer les documents qu'ils avaient recueillis.

L'installation était, comme on le voit, parfaitement comprise, et son ensemble était d'un aspect très satisfaisant.

Malgré les conditions très modestes dans lesquelles elle se présenta, eu égard à l'importance de l'industrie dont elle rappelait les débuts, l'exposition rétrospective de la mécanique, de même que celle des autres groupes, intéressa vive-

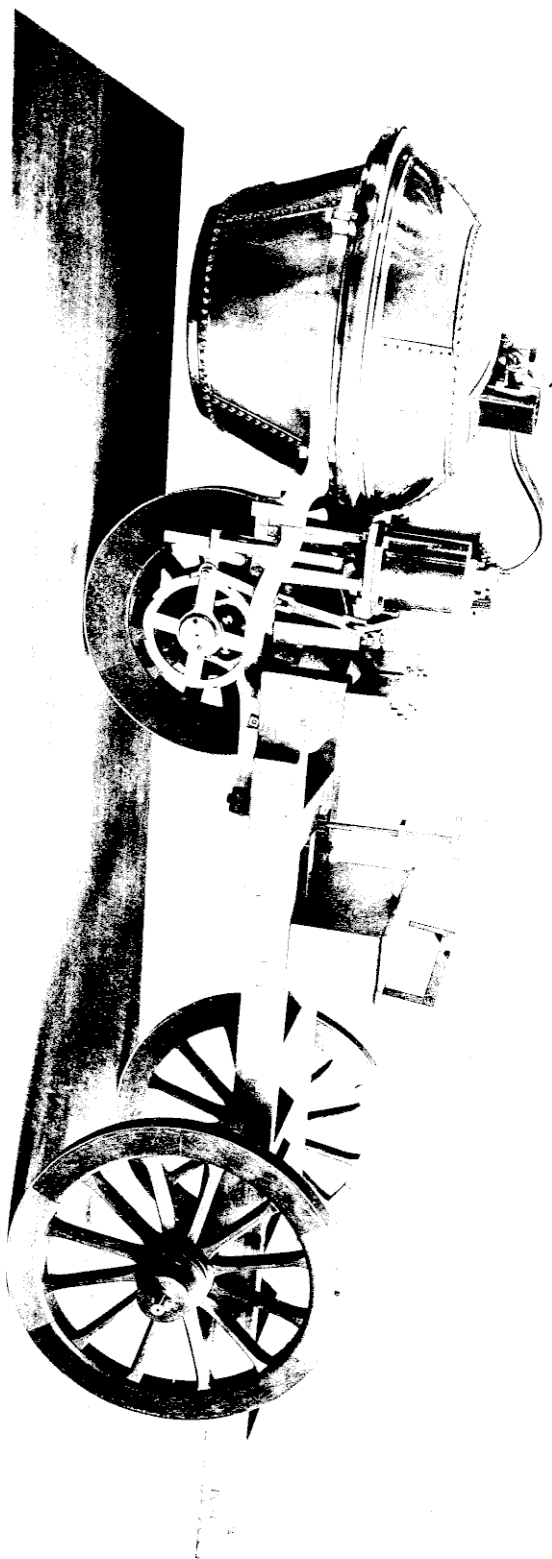
ment les visiteurs. Elle eut, en outre, au point de vue de la science, une utilité que cette publication rendra durable.

Cette heureuse innovation des Expositions centennales, qui fut une des particularités de la manifestation grandiose de 1900, et dont M. le directeur général Dervillé, après en avoir été un des promoteurs, poursuivit la brillante réalisation avec sa haute compétence artistique, a été favorisée dans le Groupe IV par la collaboration d'un maître qui, mieux que personne, devait la faire réussir, et à la mémoire duquel il est juste en terminant de rendre un dernier hommage.

Ch. BOURDOX,

Ingénieur en chef des Installations mécaniques.





Voiture à vapeur pour les routes ordinaires, par l'ingénieur militaire Cugnot (1770).



Phototypie Bertand, Paris

RAPPORT POUR LA CLASSE 19

PAR

M. C. WALCKENAER

CHAUDIERES ET MACHINES A VAPEUR



Marque de librairie du *Discours sur les lois de la communication du mouvement*, par Jean Bemouilli, 1727.

Historique. — Quand le dix-neuvième siècle commence, plus de cent ans sont passés depuis que Denis Papin a enseigné l'emploi de la condensation de la vapeur pour faire le vide sous le piston de la machine de Huygens, et proposé d'établir sur ce principe des moteurs destinés à toutes sortes d'applications, notamment à la mise en mouvement des roues à aubes pour la propulsion des navires. Mais, indus-

triellement créée par Savery et par Newcomen, améliorée par Smeaton, transformée par James Watt, c'est en Angleterre que la machine à vapeur s'est constituée et développée pendant tout le dix-huitième siècle, et c'est d'Angleterre qu'elle a été importée en France. La première application sérieuse en a été faite à l'exhaure des mines d'Anzin en 1733. Son développement en notre pays ne fut du reste rien moins que rapide. Dans un mémoire de 1771, Lavoisier cite tout juste trois pompes à feu, fonctionnant à Anzin, Fresnes et Montrelais. Trente ans après, en 1800, il n'existe encore en France qu'une demi-douzaine de machines à vapeur, parmi lesquelles la pompe à feu de Chaillot construite chez Boulton et Watt, que les frères Perrier ont montée en 1780, et une machine à rotation pour l'extraction de la houille, qu'ils viennent d'installer, en 1799-1800, à Littry.

Point de machines mobiles en usage à cette époque. Pourtant Joseph Cugnot, en 1769 et 1770, a expérimenté ses deux voitures à vapeur, inaugurant l'emploi du moteur à piston sans condensation; mais ses essais n'ont pas eu de suite, non plus que la tentative analogue de Charles Dallery, en 1780; et il en a, malheureusement, été de même de l'expérience, pourtant victorieuse, du bateau à vapeur de Jouffroy d'Abbans, en 1783.



Portrait de DESCARTES

(D'après une estampe de la Bibliothèque nationale.)

En somme, pendant le premier quart du siècle, la machine à vapeur reste en France une rareté. En 1814 on compte 16 de ces machines, représentant 300 chevaux. En 1820, alors que l'Angleterre en emploie 10000, développant 200000 chevaux, la France en possède 100, correspondant à 1500 chevaux à peine. A partir de cette époque, la machine à vapeur devient plus usuelle; sa construction prend place parmi les industries françaises. En 1824 se fondent, à Paris, les établissements de Cavé et de Cail; à Arras, celui de Hallette, etc. C'est le Creusot qui construit le moteur de 64 chevaux, à double effet, qu'on établit, en 1826, pour

actionner 8 des 16 pompes de la nouvelle machine de Marly. En 1830, la France ne compte encore que 600 machines, avec une puissance de 9000 chevaux ; mais passe-t-on à 1850, on trouve pour effectif des machines fixes seules, non compris les appareils des chemins de fer ni des bateaux, 5300 unités, développant 67000 chevaux. La construction s'est de plus en plus francisée : en 1848, 5 p. 100 seulement des machines fixes employées sont de provenance étrangère. Les Calla,

*Je soussigné notaire a Monsieur M^e Pierre Descartes
conseiller du Roy au Parlement de Bretagne en sa frere
de ne vendre point les biens compris en la procuration
quil ma donnee ce jourdhuy a vendre pris que par la
somme de huit mil cinq cent dix mil livres
la maison et iardin de la ville de Poreherp et
quatorze mil livres les terres situes a Auceulle si
ce nest par son consentement et au cas que ie veule
des d choses de rapporter la d. somme ou plus grande
si ie la pourrai recevoir de la vendition des d biens
au total des successions de defunctes Dames Felles
Rehame sans mon ayeulle J. Brochard, ma mere et
J. Brochard Dame d'Archange, ma tante venant a
partage fait a Rennes ce troisieme jour d'Avril
mil six cent vingt deux R^{me} Descartes*

Fac-similé d'un autographe de Descartes.

les Farcot, les Eugène Bourdon, sont au nombre des constructeurs à qui cette évolution est due.

Cependant les chemins de fer ont pris naissance. Les premiers essais d'application de la vapeur à la traction sur rails, en Angleterre, remontent aux premières années du siècle. Après Trevithick et Vivian, après William Hedley, George Stephenson, à partir de 1814, consacre son génie au problème. Mais les locomotives de Stephenson, antérieures au « Rocket », n'avaient pour chaudière qu'un corps cylindrique traversé par un tube-foyer : la faiblesse de la surface de chauffe anémiail

le système. Marc Séguin le comprend ; il applique à la nouvelle machine la chaudière à tubes de fumée, qu'il a expérimentée sur un bateau et pour laquelle il a pris un brevet en 1828, et la locomotive est en possession du secret de sa puissance.

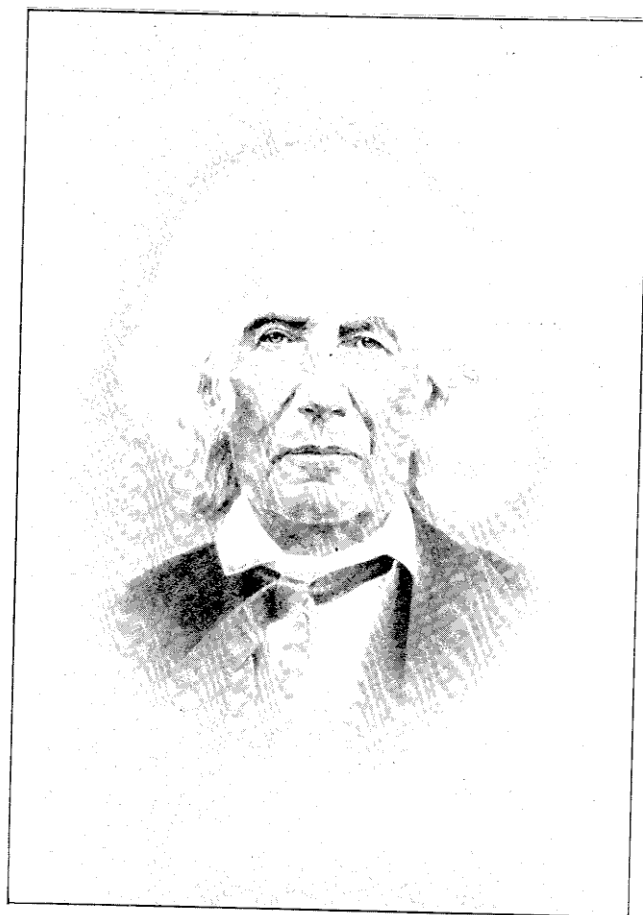
On était alors en 1829. En 1840, les locomotives ne sont encore qu'au nombre de 142 sur les chemins de fer français ; mais en 1850, on en compte 973. Sur ce nombre, 816 ont été construites en France. Depuis plusieurs années déjà, les usines françaises, Anzin, le Creusot, Stéhelin, Kœchlin, Cavé, etc., fournissent la totalité des locomotives neuves ; les premières machines, importées d'Angleterre, disparaîtront peu à peu.

Jusque vers le milieu du siècle, la machine employée à terre, en dehors des voies ferrées, reste exclusivement la grande machine motrice d'usine. Son usage imprime aux établissements industriels un caractère nouveau. On groupe les ouvriers autour de ces puissants engins, dont chaque unité donne le mouvement à toute une fabrique et en règle l'activité avec une régularité impérieuse. Nous avons vu récemment des distributions de puissance motrice, électriques ou hydrauliques, se prêter du premier coup à une division presque illimitée du travail, à la conservation du petit atelier, de l'ouvrage en famille. Pour la machine à vapeur, surtout à ses débuts, il en va autrement. Après s'être adaptée à l'exploitation des mines, aux services d'élévation d'eau, elle est devenue le moteur des grandes filatures, des forges importantes : c'est à la concentration de la production industrielle dans de puissants établissements que son emploi correspond.

A partir du milieu du siècle, cependant, elle s'assouplit. On emploie à des fonctions de plus en plus nombreuses des moteurs variés comme type et comme puissance. En particulier, l'usage s'introduit des appareils transportables : locomobiles pour l'agriculture, pour les travaux publics, machines mi-fixes dans les ateliers de tous genres. Dès avant 1850, Lotz avait construit des machines portatives pour le battage des grains. Mais c'est surtout à partir de 1851 qu'un mouvement se fait, en France, en faveur des locomobiles. Calla, Lotz, Durenne en exposent en 1855. Les appareils à vapeur, presque tous locomobiles, employés au battage du blé, ne sont qu'au nombre de 110 en 1853 ; en 1860, on en compte 1 000, représentant une puissance de 4 000 chevaux, et en 1869, 2 500, développant 11 000 chevaux. A cette époque, de toutes les industries françaises, le battage du blé est celle qui emploie, non sans doute la plus grande puissance, mais le plus grand nombre de machines.

De nos jours, la puissance moyenne des machines à vapeur va s'élevant d'année en année. Les chemins de fer, la navigation, sous l'empire des exigences toujours croissantes du commerce, réclament, à mesure que l'art de la construction progresse, des appareils de plus en plus puissants et de plus en plus éco-

nomiques : les deux qualités vont ensemble. Les usines génératrices d'électricité, qui, en France du moins et dans les conditions actuelles, sont en très grande majorité tributaires de la vapeur, fondent l'économie de leur exploitation sur l'emploi d'unités aussi puissantes que possible. La nécessité de concentrer l'activité ouvrière dans de grands établissements n'a fait que s'accroître pour beaucoup



MARC SÉGUIN (1786-1873).

d'industries. Enfin, le problème de la division de la puissance mécanique est entré dans une voie nouvelle, grâce au moteur électrique, dont la liaison avec la source d'énergie est si souple, réduite à un fil ou à un contact glissant. C'est donc spécialement vers la construction et le perfectionnement des machines à vapeur de grande puissance que se sont portés, dans ces dernières années, les efforts des ingénieurs.

Le tableau suivant, dans lequel on a arrondi les nombres des statistiques officielles, donnera une idée de ce qu'est devenu en France, de

1880 à 1900, l'emploi des machines à vapeur dans toutes les branches de l'industrie :

		1880		1890		1900	
		Ma- chines.	Puissance en chevaux.	Ma- chines.	Puissance en chevaux.	Ma- chines.	Puissance en chevaux.
Chemins de fer et tramways.	Locomotives.....	7.300	2.495.000	9.900	3.657.000	12.200	5.744.000
	Autres appareils.....	1.400	10.000	2.100	21.000	3.500	132.000
Bateaux (non compris la marine militaire).	Appareils propulseurs...	2.100	292.000	1.600	600.000	2.000	876.000
	Appareils auxiliaires...			3.400	36.000	5.900	66.000
Industries diverses.	Tissus et vêtements...	4.700	106.000	6.700	173.000		408.000
	Usines métallurgiques.	6.600	109.900	7.600	168.000		314.000
	Mines et carrières.....	3.500	87.000	4.700	130.000		277.000
	Entreprises, bâtiments, production d'électri- cité.....	4.000	42.000	6.500	91.000	74.600	274.000
	Industries alimentaires.	8.200	84.000	9.500	106.000		187.000
	Agriculture.....	7.500	38.000	15.400	89.000		133.000
	Autres industries et em- plois divers.....	7.800	79.000	8.300	105.000		198.000
TOTAUX.....		52.500	3.342.000	75.700	5.176.000	98.200	8.609.000

Nos grands centres de construction de chaudières et de machines sont actuellement Paris, le Nord, le Creusot, les régions de Lyon, de Saint-Etienne, de Rouen, de Nantes, de Marseille, de Bordeaux. Ils suffisent, à peu près mais non pas complètement, aux besoins de la France, ainsi que l'indique le tableau ci-après, qui donne les chiffres d'importation et d'exportation afférents à 1898 :

	IMPORTATION		EXPORTATION	
	TONNAGE	VALEUR	TONNAGE	VALEUR
Machines à vapeur fixes.....	3.169 tonnes	3.486.000 francs	969 tonnes	1.260.000 francs
Locomotives ou locomobiles..	1.384 —	1.776.000 —	827 —	1.422.000 —
Chaudières à vapeur.....	7.846 —	7.524.000 —	853 —	721.000 —

Les perfectionnements et leur genèse. — Une partie des perfectionnements apportés, au cours du siècle, à la construction des machines à vapeur a été le fruit des progrès de la science théorique, et dans l'avancement de celle-ci notre pays a une part glorieuse.

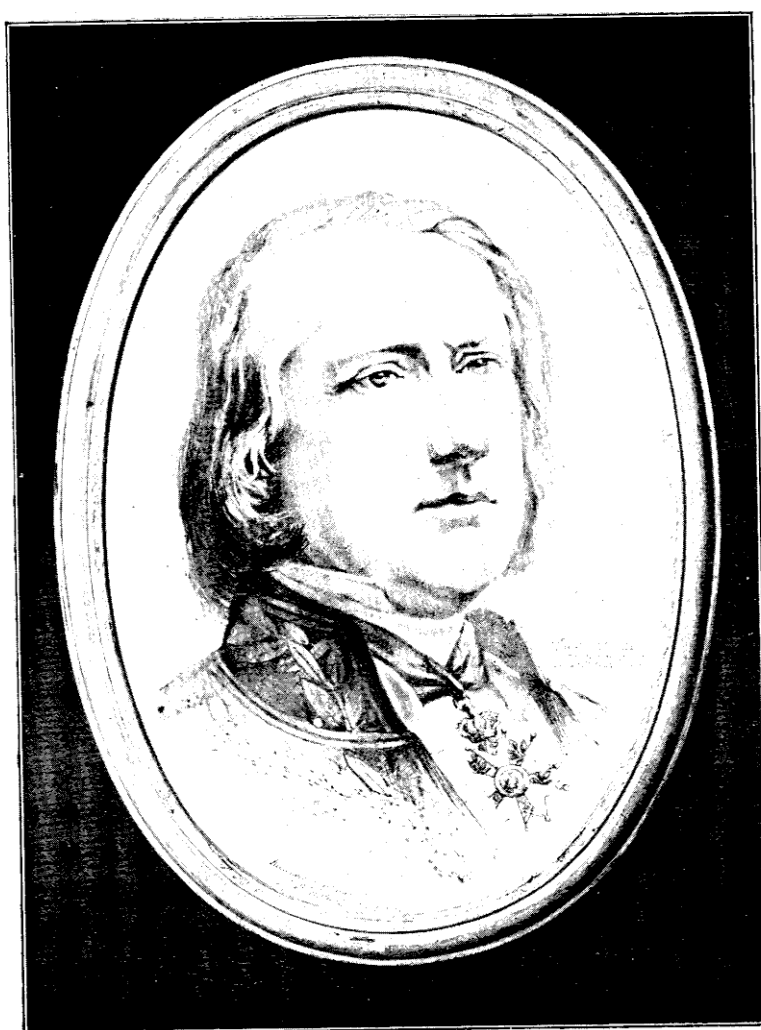
Ce sont d'abord les beaux travaux de physique mathématique du commencement du siècle, comme ceux de Fourier, qui peuvent, sans compromettre leur valeur, prendre pour point de départ l'hypothèse de la conservation du calorique, parce qu'ils n'envisagent que des phénomènes où ce mode d'énergie se conserve sans transformation. Puis, un premier fondement provisoire de la thermodynamique est jeté, en 1824, par Sadi Carnot, dans ses « *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance* ». Carnot raisonne sur deux principes : l'un exact, l'impossibilité du mouvement perpétuel ; l'autre faux, la conservation du calorique. A cette époque, il partageait encore sur ce point l'erreur de tous ses contemporains. Néanmoins, la propriété fondamentale du *cycle de Carnot* n'a pas cessé d'être utilisée, sous une autre forme et en partant d'autres hypothèses.

La thermodynamique moderne s'appuie sur la conservation de l'énergie, sur l'équivalence de l'énergie et du travail, sur le principe de Clausius. La notion très claire que Sadi Carnot a eue de l'équivalence entre la chaleur et le travail, postérieurement à la publication des « *Réflexions* », a été perdue pour la science, — n'ayant été consignée que dans des notes restées longtemps inédites ; et c'est seulement vers 1842 que cette équivalence devait être proclamée par Robert Mayer, Joule, Calding.

Le génie de Sadi Carnot s'élève vers les principes de la philosophie naturelle ; celui de Victor Regnault déploie une force admirable sur le terrain des faits. C'est expressément pour élucider les questions relatives à l'emploi et à la réglementation des moteurs industriels, et sous les auspices de la Commission centrale des Machines à vapeur, que Regnault entreprit, à partir de 1840, l'œuvre expérimentale qui immortalise son nom. « Regnault, a dit Jamin, laisse un monument impérissable : toutes les grandes questions expérimentales relatives à la chaleur, étudiées ; toutes les lois empiriques des forces élastiques, des chaleurs latentes, trouvées ; tous les coefficients numériques, mesurés avec une telle perfection que la critique la plus sévère n'y trouve rien à reprendre. Ce sont les fondements de la Chaleur, bâtis avec une solidité qui défie l'épreuve du temps. »

Aux travaux de Regnault sur la physique de la vapeur d'eau succèdent, sur la manière dont le fluide aqueux évolue dans les machines, les expériences de Gustave-Adolphe Hirn. Dès 1843, Combes avait éprouvé des doutes sur la légitimité des calculs autrefois appliqués à la consommation des machines ; mais les questions soulevées étaient restées sans réponse. Jusqu'à Hirn, qui aborde de front le problème expérimental de mesurer les quantités de chaleur en jeu, l'on ne s'expliquait pas que le poids de vapeur, consommé à chaque coup de piston, fût supérieur au produit du volume (à la fin de l'admission) par la densité de vapeur ; le rôle de l'enveloppe de vapeur, le bénéfice résultant du partage de la

détente entre plusieurs cylindres, demeuraient incompris. La condensation à l'admission, la revaporisation partielle pendant la détente, la perte au condenseur provenant de l'ébullition de l'eau restante au début de l'échappement, tout le jeu des actions de paroi et des diminutions de rendement qui en résultent, ont



VICTOR REGNAULT
Membre de l'Institut, directeur de la Manufacture de Sèvres.

(Peinture sur faïence, par Louis Robert.)
(Musée de la Manufacture nationale de Sèvres.)

commencé à apparaître, à la lumière des déterminations de Hirn et de ses élèves ; c'est à cette œuvre de l'École Alsacienne, continuée par des recherches récentes et par des discussions dont quelques-unes sont encore ouvertes, que l'on doit la théorie moderne de la machine à vapeur, et plusieurs des progrès qui ont servi à en abaisser la consommation.

Les chaudières et leurs transformations. — Les pressions employées ont été continuellement en croissant. Elles sont restées pendant longtemps très basses dans la marine, où elles n'ont pu être relevées qu'à la faveur de la condensation par surface. A terre, jusqu'au milieu du siècle, on ne dépassait guère 4 ou 5 kilogrammes par centimètre carré, même dans les locomotives. Aujourd'hui, quel que soit leur usage, les machines monocylindriques reçoivent la vapeur à des pressions variant de 5 à 8 kilogrammes ; les machines à multiple expansion utilisent couramment des pressions initiales de 10, de 15 kilogrammes par centimètre carré.

Au fur et à mesure que les pressions devenaient plus fortes, la construction des chaudières se transformait. La chaudière de Watt, la chaudière à faces planes de l'ancienne marine, ne sont plus qu'un souvenir. La chaudière cylindrique horizontale, soit simple, soit complétée par l'adjonction de bouilleurs inférieurs recevant le coup de feu, a été pendant longtemps le type classique du générateur d'usine. Très bien approprié aux pressions moyennes de 5 ou 6 kilogrammes par centimètre carré, facile à nettoyer et à visiter dans toutes ses parties, ce système n'a pas cessé de rendre de bons services dans les établissements où la place ne manque pas.

Mais son encombrement est grand ; sa mise en pression, lente. Le mémoire qui a été imprimé à l'appui du brevet pris par Dallery, en 1803, indiquait, très clairement, comme moyen d'agrandir la surface de chauffe, la réduction du diamètre des cylindres exposés à l'action des gaz chauds. Dallery proposait, en conséquence, une chaudière à tubes d'eau : l'idée ne devait germer que plus tard. C'est aux tubes à fumée de Séguin, solution analogue mais inverse, que la chaudière locomotive a dû le développement de sa surface de chauffe ; développement tel que cette chaudière, progressivement améliorée, agrandie autant que l'a permis le contour infranchissable du gabarit, mais conservant la disposition générale qui caractérisait déjà le « Rocket » de Stephenson, a suffi, jusqu'à présent, à tous les besoins de l'exploitation des chemins de fer.

Le tube-foyer intérieur, dont Fairbairn enseigna les conditions de résistance, s'est prêté à des dispositions variées de générateurs mobiles ou peu encombrants. La forme devenue classique à bord des navires est celle d'une enveloppe cylindrique contenant, au-dessus d'un ou plusieurs tubes-foyers, un retour de flamme tubulaire. A terre, l'adjonction, dans le corps de chaudière à foyer extérieur, d'un faisceau de tubes à fumée, a donné le type semi-tubulaire, que déjà, vers 1860, Durenne et d'autres construisaient. Vers la même époque, Chevalier, Farcot, Laurens et Thomas ont facilité d'une manière remarquable le nettoyage intérieur, en établissant des générateurs à foyer intérieur et faisceau tubulaire amovibles : ceux de Farcot avaient deux joints boulonnés, mais un seul suffit dans le type à retour de flamme, dont le succès ne s'est pas démenti.

Cependant les chaudières à tubes d'eau entrent en scène. Le problème de la vaporisation instantanée a mis en mouvement le génie inventif de Julien Belleville. Il commence, en 1850-1851, par le système, déjà essayé, du serpentín très étroit, chauffé extérieurement, que l'eau parcourt en se transformant en une vapeur plus ou moins désaturée. Puis, au cours d'une série persévérante d'efforts, il remanie la solution, atténue la rigueur du principe; et, à partir de 1870 et surtout de 1880, la chaudière Belleville, devenue un appareil de vaporisation non instantanée, mais rapide, desservie par d'ingénieux accessoires qui en assurent le fonctionnement régulier, prend définitivement sa place dans la pratique industrielle.

D'autres systèmes de générateurs à tubes d'eau se constituent dans le même temps ou s'acclimatent en France. La plupart, comme l'appareil américain de Babcock et Wilcox, dont le premier brevet remonte à 1856, sont à circulation libre. La diffusion des divers types de générateurs à petits éléments concorde avec le développement des entreprises d'éclairage électrique, dont les premières usines génératrices ont dû être placées au milieu des agglomérations urbaines.

La petitesse et la légèreté des appareils sont qualités si essentielles à bord des navires de guerre, que la marine militaire ne s'est pas contentée d'appliquer quelques-uns de ces systèmes; ses exigences ont fait faire à la question un pas de plus dans le même sens. Les chaudières à très petits tubes d'eau et à circulation extrêmement rapide, alimentées exclusivement à l'eau distillée, tels que les générateurs Du Temple, Benjamin Normand et leurs dérivés, en France, — ou les systèmes Thornycroft et Yarrow, en Angleterre, — apportent aujourd'hui au problème des vaporisations intensives une solution nouvelle, dont il est difficile encore de préciser la portée.

Enfin, la question de la vaporisation instantanée, reprise depuis une douzaine d'années, a abouti à la constitution d'un système de générateurs qui comptent (comme, d'ailleurs, les chaudières à très petits tubes d'eau) au nombre des appareils applicables à la propulsion des automobiles sur rails ou sur routes.

L'emploi des réchauffeurs remonte loin : dès 1850, Farcot adjoignait des bouilleurs réchauffeurs latéraux aux générateurs cylindriques. Aujourd'hui, l'industrie semble se trouver bien de l'emploi des réchauffeurs à petits éléments, tels que les économiseurs Green.

Quant à la surchauffe de la vapeur, il n'est pas facile de l'obtenir constamment régulière, et, malgré les travaux de l'École Alsacienne, elle paraissait à peu près abandonnée il y a dix ans; mais on cherche actuellement à y revenir, et c'est une des questions à l'ordre du jour.

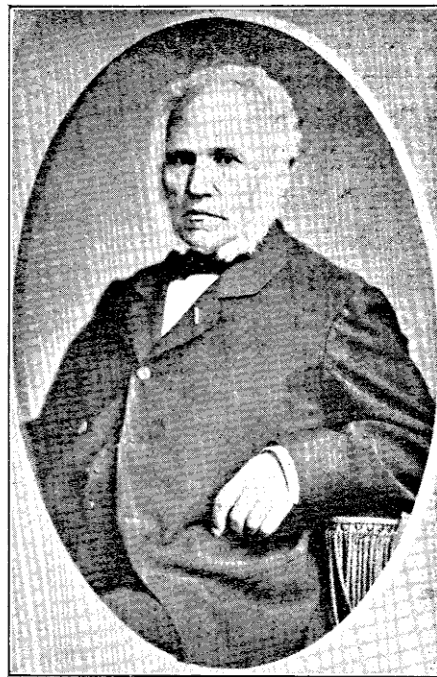
Les machines et leurs progrès. — Jusqu'à 1870 et même au delà, la grande machine d'usine, la machine d'exhaure, la machine de soufflerie, ont continué à se construire dans le type vertical à balancier. Mais, progressivement,

l'emploi des machines horizontales à connexion directe a pris le dessus : on les a trouvées moins chères, d'une installation plus facile ; l'adoption du bâti américain, assurant un guidage parfait de la crosse par ses glissières alésées, reliant le cylindre et le palier d'une manière robuste et simple, vint bientôt assurer à leur montage un haut degré de simplicité et de précision. Plus tard, sous l'influence du succès des machines marines, le type vertical *pilon* a pris droit de cité dans les installations fixes ; et ce type, ramassé, solidement assis, a fourni un ensemble aussi convenable que possible, dans les cas où le défaut de place interdisait l'emploi des machines horizontales. Aujourd'hui, les machines à connexion directe sont exclusivement employées ; et, sauf dans quelques cas exceptionnels, elles appartiennent, soit au type horizontal, soit au type pilon, dans toute l'échelle des puissances.

L'ancienne machine à balancier se construisait généralement avec deux cylindres successifs accolés, sans réservoir intermédiaire, suivant le système de Hornblower, repris par Arthur Woolf ; ce type avait été porté à un degré de perfection remarquable. Néanmoins, les machines horizontales que l'on construisait à la même époque et dont l'emploi, vers 1870, était devenu prédominant, étaient toutes monocylindriques. La distribution leur était donnée par tiroir et excentrique ; mais, pour obtenir, lorsqu'il s'agissait des moteurs fixes, la longue détente nécessaire à un fonctionnement économique,

on employait un système à tiroirs superposés : soit le système de Jean-Jacques Meyer, soit le mécanisme à repos de Joseph-Denis Farcot. Dans la première solution, le degré de détente était généralement réglable à la main ; dans le second, la position de la came commandant les déplacements des tuiles de détente put, avec un plein succès, être rendue solidaire du régulateur à force centrifuge.

Ce sont là, de beaucoup, les dispositions les plus fréquentes entre 1860 et 1870. Mais, dans le même temps, le système Corliss, breveté en 1849, fait son apparition en France : et le succès qu'il obtient à l'Exposition de 1867 va donner, à partir de cette époque, une vogue considérable aux distributions du genre américain. Corliss a fondu, dans un ensemble remarquablement homogène, des éléments pour la plupart existants. La détente par déclenchement, en germe dans les vieilles distributions des machines de Newcomen, avait été utilisée, en



MARIE-JOSEPH-DENIS FARCOT
Constructeur-mécanicien (1798-1875).

France, par François Bourdon (du Creusot), l'inventeur du marteau-pilon ; en Amérique, elle avait été brevetée, en 1841, au profit de Sickles. L'emploi de robinets, comme organes de distribution, avait été proposé par Papin et réalisé par Maudslay. L'idée de faire commander le degré de détente par le régulateur à force centrifuge appartenait à Fareot. Mais Corliss synthétisa le tout et fit, le premier, commander le déclenchement par le régulateur, disposition qui se prêta parfaitement au fonctionnement à vitesse modérée et constante, sous des charges largement variables.

Cette même disposition a été appliquée avec le succès le plus brillant, par MM. Sulzer et par d'autres, aux distributions par soupapes, d'autant plus intéressantes aujourd'hui qu'elles paraissent se prêter, avec un minimum de difficultés, à l'emploi de la vapeur surchauffée.

Les distributions à délie, du genre Corliss ou Sulzer, conviennent surtout aux moteurs fixes. Les locomotives et les machines de navigation ont conservé la distribution la plus simple, par tiroirs plans ou cylindriques. Depuis Randolph et Elder, qui construisent, en 1854, pour le « Brandon », leur première machine à double cylindre ; depuis Benjamin Normand et l'application du système compound à la machine du « Furet », — c'est à l'expansion multiple que les appareils moteurs des bateaux demandent l'économie de leur fonctionnement. Les cylindres d'Elder étaient conjugués, d'une manière immédiate, comme ceux d'Arthur Woolf ; c'est le système à réservoir intermédiaire, indiqué en 1834 par Ernest Wolff, dont le succès du « Furet » inaugure l'adoption. Au bout d'une vingtaine d'années, vers 1880, l'usage de la machine compound était devenu universel à bord de nos navires. Puis, la triple expansion — que Normand applique, pour la première fois, sur un bateau-omnibus de Paris en 1870-1871 — devient de règle, avec une pression initiale de 8 à 12 kilogrammes par centimètre carré, dans la construction des puissantes machines marines. La quadruple expansion est encore exceptionnelle.

L'application du système compound aux locomotives ne s'est faite que beaucoup plus tard. A. Mallet en a été l'initiateur. C'est surtout depuis 1889 qu'elle s'est répandue. Elle est devenue aujourd'hui l'un des traits caractéristiques des modèles nouveaux et puissants de locomotives.

Plus vite que sur les chemins de fer, le succès obtenu dans la marine par le système compound a réagi sur la construction des moteurs d'usine. A partir de 1875 ou 1880, on applique fréquemment la double expansion aux machines fixes horizontales, et la Société de construction de Pantin, l'une des maisons qui mènent ce mouvement, établit même dans ce système de grands appareils mixtes. Puis, la similitude du problème posé aux constructeurs par certaines industries, avec celui qui avait été à résoudre pour la grande navigation, rend plus étroite encore l'analogie des solutions : dans une Station centrale d'élec-

tricité, lorsque, malheureusement, elle est forcée de s'établir au cœur d'une ville, on n'est guère moins à court de place ni avare de charbon qu'à bord d'un paquebot; l'usage de la machine-pilon, à double ou triple expansion, passe du navire à l'usine.

La détente *par cascades*, dans des cylindres successifs, et la distribution à déclie, genre Corliss ou Sulzer, sont des solutions différentes, qui peuvent se passer l'une de l'autre, mais qui ne s'excluent nullement. De grandes machines fixes, compound ou à triple expansion, reçoivent aujourd'hui des distributions à déclie; et, quand les données du problème conviennent à cette solution, elle est capable d'excellents résultats.

Ce qui limite surtout l'application du système Corliss et de ses analogues, c'est la question de la vitesse angulaire. On a su progressivement accroître la vitesse linéaire des pistons, et l'on trouve, à tous égards, avantage à tourner vite. Or, les distributions à déclie ne sont, généralement, guère appropriées aux vitesses supérieures à une centaine de tours par minute; au delà, la plupart des constructeurs reviennent aux mécanismes liés, tels que les tiroirs simples ou les tiroirs doubles, du genre Meyer. Si la distribution est ainsi, théoriquement, moins parfaite, l'atténuation des échanges de chaleur résultant de la grande vitesse angulaire concourt, avec l'emploi de la multiple expansion, pour racheter ce défaut. C'est ainsi que les machines compound, du type pilon, que l'on établit pour la commande des dynamos, font couramment plusieurs centaines de tours par minute.

Si même, poussant plus loin dans cette voie, on arrive, pour certains moteurs, à des vitesses angulaires dépassant 1 000 tours par minute, et telles que les renversements de sens de la pression sur le piston éprouveraient trop les organes de transmission, on composera le système de plusieurs moteurs à simple effet, et les organes seront toujours en tension dans le même sens : c'est sur ce principe que repose la construction des petits moteurs Brotherhood, des moteurs Westinghouse, des machines Willans, dont la puissance est parfois importante, et que les électriciens ont volontiers employées, dans ces dernières années, à faire tourner leurs induits.

On réalise des vitesses très supérieures encore, mais par l'application de principes différents, avec les turbines à vapeur. Après le moteur Parsons, apparu en 1885, et dont le jeu de turbines successives imprime à l'arbre commun une vitesse de 3 000 à 10 000 tours par minute, nous avons vu surgir la turbine de Laval, aux aubes de laquelle des jets de vapeur, complètement détendue, abandonnent leur force vive, et qui fait par minute jusqu'à 30 000 tours. Rendue possible par de remarquables dispositions mécaniques, cette vitesse, que l'on doit malheureusement réduire dans le rapport de 10 à 1 au moins pour l'utiliser, assure à l'appareil des dimensions extrêmement petites, relativement à sa

puissance. Des études du plus haut intérêt se poursuivent pour doter l'industrie de turbines à vapeur répondant d'une manière complète à tous les desiderata de la pratique en même temps qu'aux conditions nécessaires d'économie.

L'uniformité de la rotation et la constance du nombre de tours par unité de temps sont assurées aux machines fixes ou locomobiles, depuis Watt, par l'emploi simultané du volant et du régulateur à force centrifuge. Les usines électriques sont plus intéressées encore que les filatures à une parfaite solution. Avec Farcot, inventeur, vers 1855, du modérateur à bras croisés, Foucault et d'autres croyaient viser la perfection en cherchant à rendre le pendule conique complètement isochrone. On se rend un compte plus exact de son jeu et on sait mieux le construire aujourd'hui.

L'augmentation des vitesses angulaires permet de substituer, dans bien des cas, au pendule conique, un régulateur à force centrifuge coaxial à l'arbre et dont les masses, rappelées par des ressorts, sont logées dans le volant. Comme celui-ci profite de leur inertie, on ne regarde pas à les faire grandes, et l'on obtient ainsi un modérateur à la fois simple et puissant.

Construction perfectionnée. — Si la machine à vapeur a acquis, à un haut degré, les indispensables qualités de régularité dans le fonctionnement et de commodité dans l'emploi, elle le doit à la sagacité et à l'habileté croissante des constructeurs. C'est à mesure qu'on a mieux assuré la résistance des chaudières, donné plus de précision à l'alésage des cylindres et à l'ajustage des pièces, rendu plus parfaite l'étanchéité des pistons, etc., qu'elle a progressivement étendu le domaine de ses applications et accru la valeur de ses services.

Des progrès importants ont été réalisés, surtout dans la période toute moderne, en ce qui touche les matières employées aux diverses parties de l'ensemble. On a appris à utiliser, pour chaque organe, le métal convenable, avec une grande variété et une grande précision de choix. Les cahiers des charges sont devenus sévères et détaillés, les essais de recette judicieux et multipliés; quelques-uns d'entre eux comportent l'emploi d'appareils de contrôle remarquables.

Dans la construction des chaudières, l'emploi de l'acier, essayé, vers 1860, sur les chemins de fer et dans la marine, conduisit tout d'abord à des mécomptes. Les tôles d'acier dont on disposait étaient d'un métal trop dur, et l'on connaissait imparfaitement les conditions nécessaires dans leur travail. Mais, vers 1880, la question fut reprise avec succès par la marine française, à l'imitation des chemins de fer étrangers; les procédés nouveaux de la fabrication de l'acier doux mettaient à la disposition des constructeurs habiles des tôles ductiles et sûres; et, depuis dix ans surtout, ce métal est employé largement et heureu-

sement, à la faveur d'essais de recette sévères et d'une mise en œuvre irréprochable. Les procédés de la chaudronnerie sont de plus en plus méthodiques et mécaniques.

Dans la construction des machines, l'emploi de l'acier forgé, pour les tiges de piston, les bielles, les arbres, n'a cessé de progresser depuis trente ans. Les bronzes, les alliages spéciaux sont maintenant de qualités soigneusement précisées et diversifiées. La fonderie a fait de grands progrès, en rapport avec les formes compliquées et les dimensions considérables de certains cylindres. Après de nombreux tâtonnements, les moulages d'acier sont entrés tout à fait dans la pratique.

Par un long travail d'observation et de comparaison, on a approfondi l'étude des formes, des proportions à donner aux différentes parties, de toutes les dispositions de détail. L'expérience a progressivement appris à proportionner les cylindres, à disposer et à commander les mécanismes de distribution, de manière à assurer des allures aussi satisfaisantes que possible aux courbes fournies par l'indicateur de Watt. On s'est ingénié à réduire les frottements, à l'aide de remarquables dispositifs de graissage.

Enfin, la perfection des méthodes de finissage et d'ajustage, l'excellence des machines-outils, l'habileté des ouvriers, l'emploi de la fraise, de la meule à redresser, des gabarits et des jauges ajustés au centième de millimètre assurent actuellement aux machines soignées une exactitude de construction qui se traduit notamment par l'interchangeabilité des pièces similaires.

C'est, avant tout, à sa régularité, à sa puissance, à la commodité de son emploi, que la machine à vapeur doit d'avoir été, pendant ce siècle, l'instrument du développement rapide et intensif pris par les transports de toutes sortes et par maintes industries de production. Les services qu'elle a rendus ont été liés aussi (surtout pour la grande navigation maritime) aux améliorations successives apportées à son rendement. Dans le premier quart du siècle, de grandes machines fixes brûlaient 5 kilogrammes de charbon par cheval-heure. La consommation de 1 kilogramme par cheval-heure était encore exceptionnelle, il y a vingt ans; c'est aujourd'hui une consommation courante et moyenne, au-dessous de laquelle s'abaissent notablement les machines à condensation bien établies.

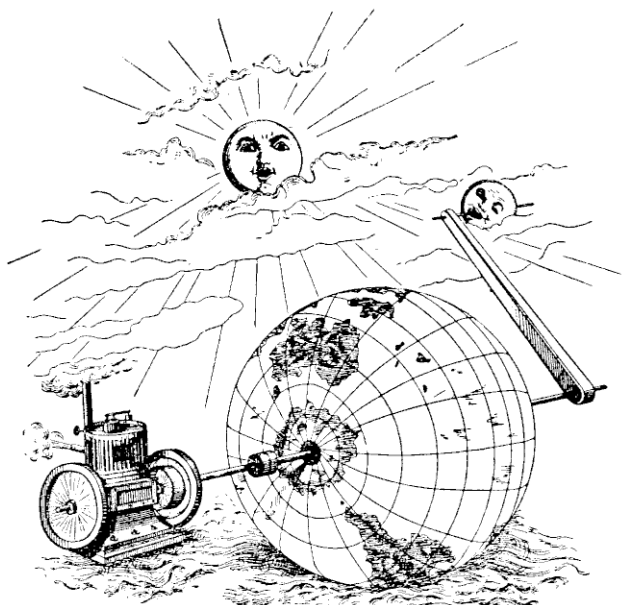
Cependant, le travail que parvient à rendre la machine à vapeur, à la faveur de tous les perfectionnements modernes, ne représente guère que 8 à 10 p. 100 de l'énergie correspondant à la combustion complète de la houille. Quand trouvera-t-on des systèmes plus parfaits, qui soient en même temps aussi facilement et aussi universellement utilisables? Combien de temps la machine à vapeur restera-t-elle le moteur industriel par excellence? L'avenir répondra. Il reste acquis au passé que l'emploi de cette machine a amené une véritable révolution dans les

conditions matérielles de la vie des peuples; le dix-neuvième siècle lui doit une puissance d'activité jusque-là inconnue dans les rapports entre les hommes.

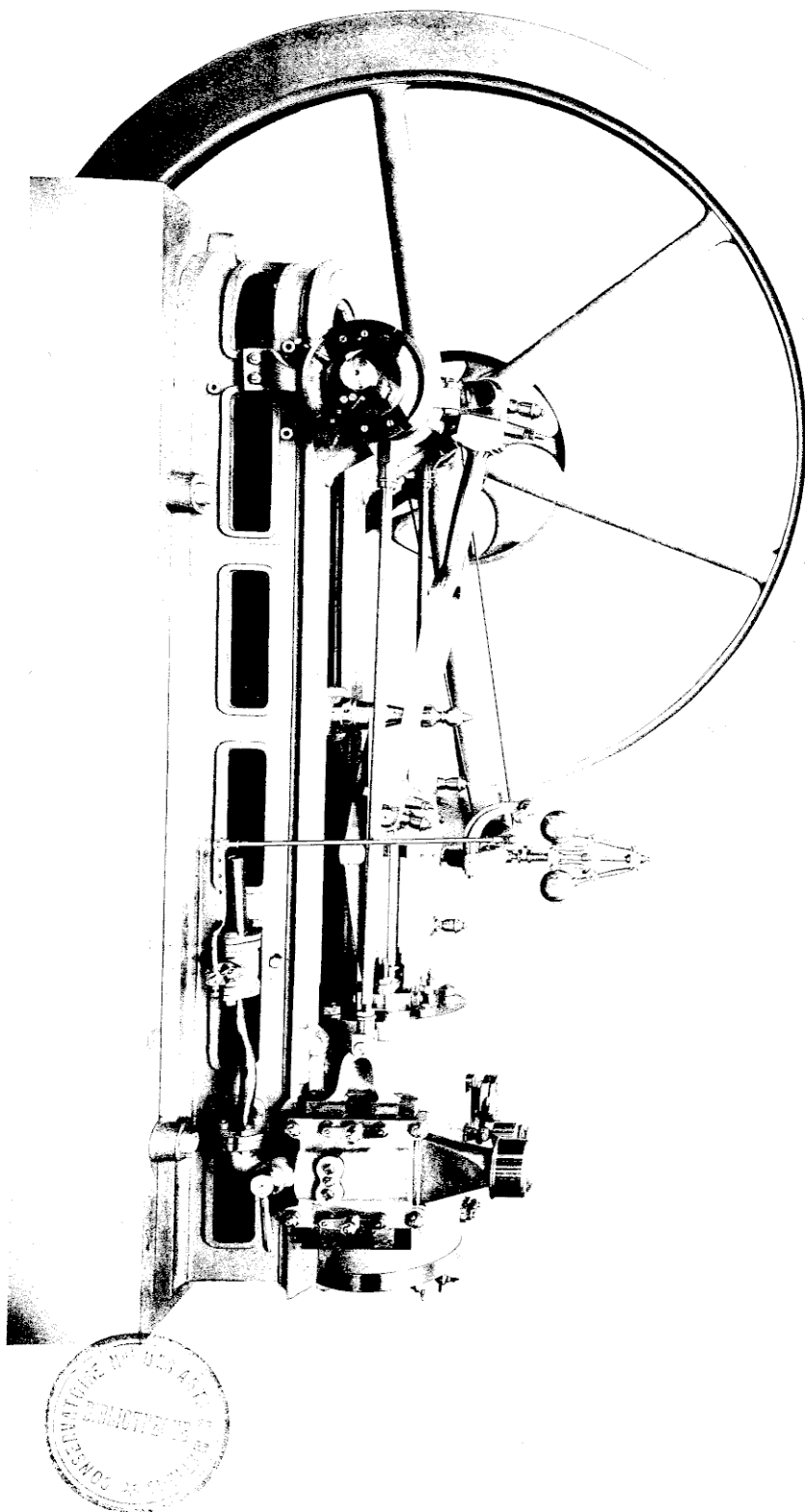
RECENSEMENT PROFESSIONNEL (1890)

Chaudières et machines à vapeur.

INDUSTRIES	NOMBRE TOTAL de personnes occupées.	NOMBRE TOTAL des établissements où travaillent plus de 5 personnes.	RÉPARTITION de ces établissements d'après le nombre de personnes occupées.			DÉPARTEMENTS où sont occupées le plus de personnes. PROPORTION pour 100 du personnel total.
			0 à 50	50 à 500	plus de 500	
Construction de chaudières, générateurs, etc.....	9.500	196	154	40	2	Seine (24), Nord (10), Rhône (10).
Construction de machines à vapeur, fabrication de moteurs fixes et loco- biles, etc.....	1.800	30	20	10	»	Nord (46), Seine (23), Charente-Inf ^{re} (12).
Construction mécanique non spécialement désignée. (Rappel du chiffre de la classe 22.)	64.000	1.164	1.019	137	8	Seine (18), Saône-et- Loire (15), Nord (13).



Vignette de la Société Westinghouse.



Moteur à gaz Lenoir (1860).

Photographie Berthaud, Paris

RAPPORT POUR LA CLASSE 20

PAR

M. HUGUET

MACHINES MOTRICES DIVERSES (1)

Progrès de l'industrie. — La fabrication des moteurs à gaz et au pétrole s'est tellement développée depuis quelques années, qu'on peut lui imputer pour la plus grande part l'augmentation du nombre des exposants de la Classe 20, supérieur, cette fois, de plus du double, à ce qu'il était en 1889 (105 au lieu de 49).

Les progrès remarquables réalisés par cette industrie sont dus surtout à la persévérance des constructeurs, qui, à peu d'exceptions près, se sont attachés au perfectionnement d'un type unique : celui des moteurs à quatre temps.

On n'a guère d'exemple d'un tel ensemble (et nous pouvons presque dire : d'une telle concentration d'efforts vers un même but), que dans l'histoire des découvertes qui ont amené à leur degré actuel de puissance la machine marine et la locomotive depuis dix ans.

La force des moteurs à gaz, qui, dans les débuts, atteignait difficilement 100 chevaux, peut être portée actuellement à 1000 chevaux; en même temps, la dépense s'est abaissée jusqu'à 500 litres de gaz d'éclairage par cheval-heure.

L'énergie et l'endurance des moteurs à gaz et à pétrole se sont aussi accrues à la suite des remaniements et des recherches de toutes sortes, nécessités par leur application à l'automobilisme.

Moteurs à gaz. — Mais ce qui a donné la plus grande impulsion à ces machines, c'est l'utilisation des gaz des hauts fourneaux, et des gaz *pauvres* produits dans des gazogènes spéciaux.

1. C'est-à-dire autres que les machines à vapeur.

Pendant longtemps, ces gaz ont brûlé à l'air sans aucun profit. Quelques industriels ont essayé d'en tirer parti, et s'en sont d'abord servis pour produire la vapeur des machines actionnant les appareils soufflants, et aussi pour chauffer l'air destiné à être lancé dans les hauts fourneaux. Par ce procédé, on réalisait une économie sensible de combustible, mais on n'utilisait qu'une partie du gaz produit. Le progrès n'était pas complet. Les moteurs à gaz devaient lui faire faire un grand pas.

Pour qu'on puisse se rendre compte de la grande importance de ce seul emploi, il nous suffira de rappeler que, déduction faite du gaz mis en œuvre — comme nous venons de l'expliquer — pour le chauffage de son air de soufflerie, un haut fourneau laisse échapper, par tonne de fonte, environ 2000 mètres cubes de gaz à 1000 calories disponibles pour la force motrice, et que ces gaz actionnent les moteurs avec une économie de 200 à 300 pour 100 sur le chauffage des chaudières. L'utilisation du gaz des hauts fourneaux, si on parvenait à la rendre totale, abaisserait sensiblement le prix de revient d'une tonne de fonte.

Chaque forge pourrait, tout en fonctionnant comme telle, devenir une véritable source de force motrice, alimentant les industries les plus diverses, en produisant, par exemple, elle-même l'électricité.

Bien que leurs applications n'aient été qu'ébauchées, d'autres *cycles* donnent déjà de sérieuses espérances, principalement pour l'obtention des grandes forces. Le cycle à combustion isothermique est de ce nombre. Son application est toute récente : il n'en a pas moins fourni de remarquables résultats, au double point de vue de la régularité et de l'économie.

Moteurs à gazoline et à pétrole. — Pour les moteurs à gazoline et à pétrole, spécialement appliqués aux automobiles, on est arrivé à des résultats remarquables.

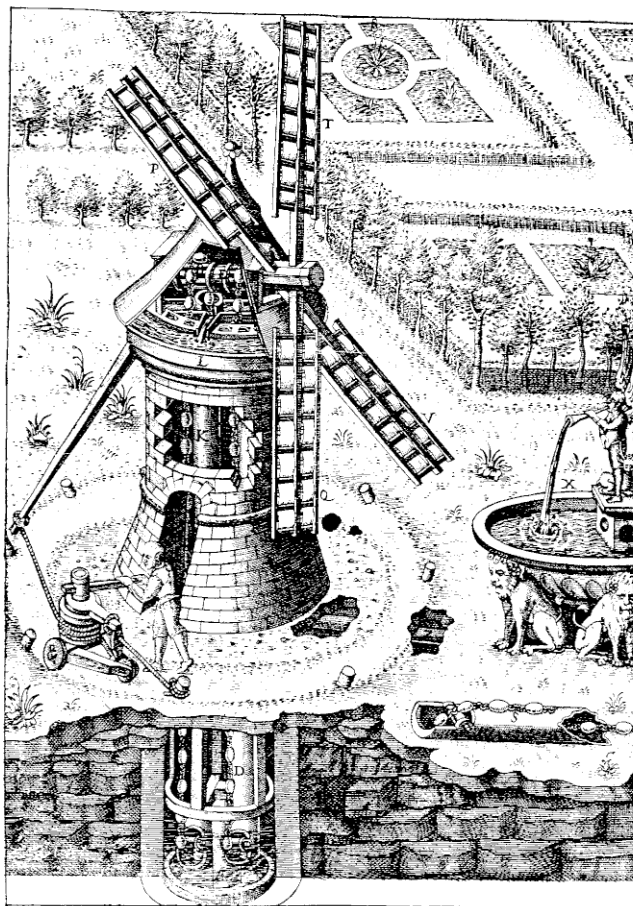
Pour ces sortes de machines, on est arrivé d'abord à une rapidité réellement surprenante, plus de 1500 tours par minute, qui n'empêche en rien l'économie, car les pistons ne déplacent que 6 litres par cheval-seconde pour une puissance de 3 à 4 chevaux. Si l'on considère les difficultés d'installation, d'entretien, de surveillance et de marche, on trouvera que ces machines fonctionnent avec une sûreté et une endurance qu'on était loin de soupçonner il y a dix ans.

Aujourd'hui, les moteurs à gazoline et à pétrole fonctionnent avec autant d'économie et moins de danger que les locomobiles à vapeur.

Leurs applications au service des tramways, de la navigation et des phares sollicitent, en ce moment, l'activité des constructeurs, et nous ne doutons pas qu'elle soit féconde en applications nouvelles ou en réalisation des progrès seulement entrevus.

Nos principaux centres de fabrication de moteurs à gaz sont Paris, le Nord et Lyon.

Toutefois, la fabrication tend à se disséminer, particulièrement celle des petits moteurs employés dans l'agriculture, en concurrence avec les moulins à vent et les turbines.



Moulin à vent.

(Gravure extraite de : *Le diverse et artificieuse machine del capitano Agostino Ramelli*, V.).

Turbines hydrauliques. — Quant aux turbines hydrauliques, qui ont également tendance à se généraliser pour les applications domestiques et agricoles, nous citerons, parmi leurs centres de production, Chartres, Epinal, Castres, Dijon, Le Mans.

Ces machines, elles aussi, ont subi, depuis dix années, des transformations et des améliorations considérables. Elles mettent à contribution de nombreuses

(1) Paris, 1588, in-fol°

chutes d'eau, quelques-unes fort importantes, et il en est qui fournissent aujourd'hui l'électricité à des usines électro-chimiques et à des compagnies de transports.

Conditions économiques. — Les matières premières employées dans la construction des différents moteurs compris dans la Classe 20 sont le fer, la fonte, le bois, le bronze, c'est-à-dire celles qu'emploient toutes les industries de constructions mécaniques.

Nous n'avons donc rien à dire de particulier à ce sujet.

Les méthodes de fabrication ne sortent point de l'ordinaire.

Les ouvriers ont les mêmes salaires (en France) que dans les industries similaires. Bien que ce soient des spécialistes, ayant à faire preuve souvent d'une certaine initiative, les grèves sont extrêmement rares. Ajoutons que ces ouvriers sont encore peu nombreux, et que leur genre de travail établit entre eux et les patrons des rapports plus fréquents et d'un caractère plus personnel que dans la plupart des autres industries.

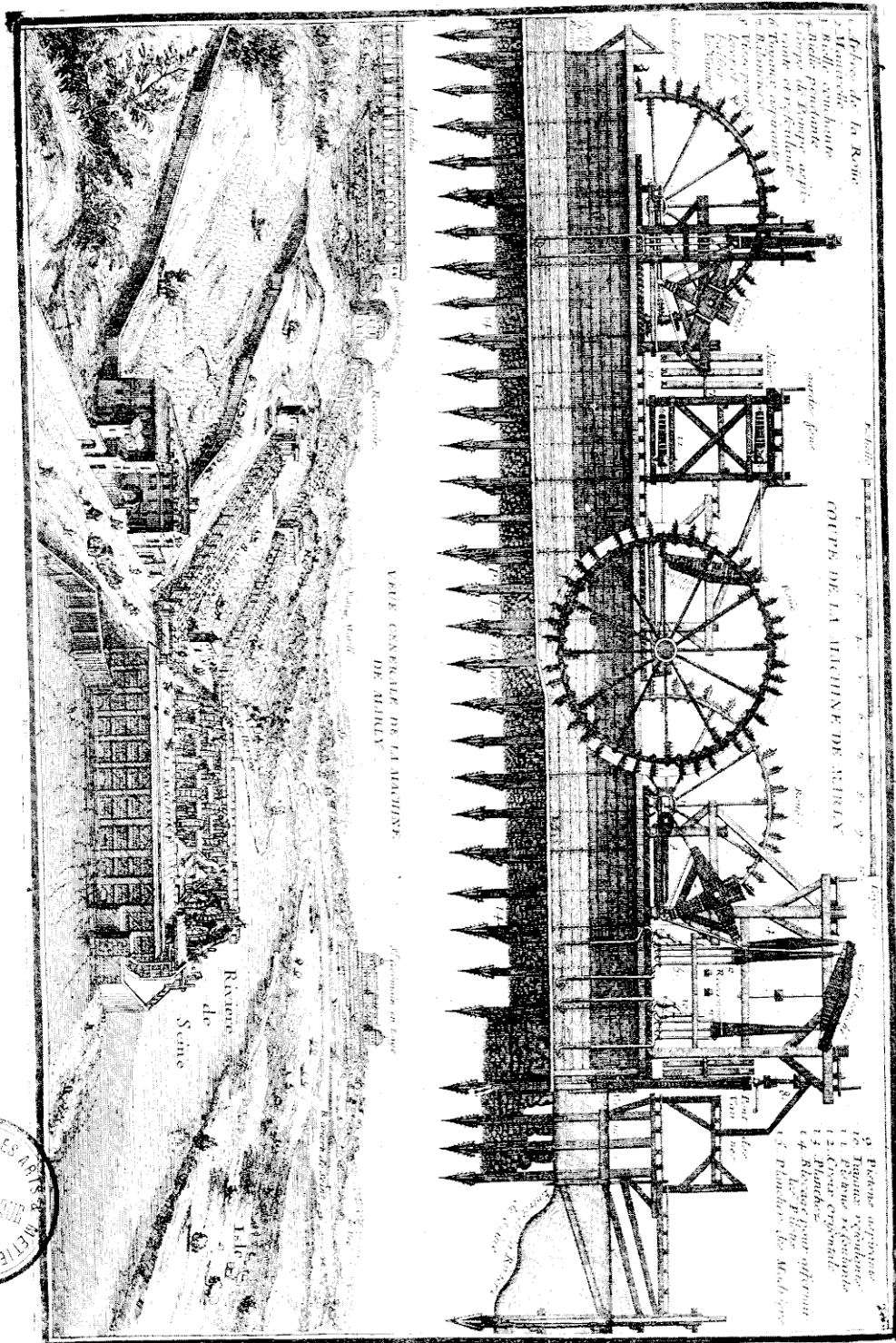
Les principaux centres de consommation sont, pour les moteurs à gaz, les grandes villes; pour les turbines et les moulins à vent, les régions industrielles à chutes d'eau. Les moteurs à pétrole sont répandus sur tout le territoire, principalement dans les exploitations agricoles. Les prix varient d'un constructeur à l'autre, suivant la qualité et la concurrence à soutenir.

L'exportation des produits de la Classe 20 est faible, — celle des moteurs à gaz à peu près nulle, tandis que l'importation est très considérable.

On ne peut donner, sur la production actuelle des moteurs à gaz en France, que des chiffres approximatifs. On estime que le nombre de machines construites est de 1200 à 1500 par an. Pour les turbines et les moulins à vent, les chiffres sont sensiblement les mêmes.

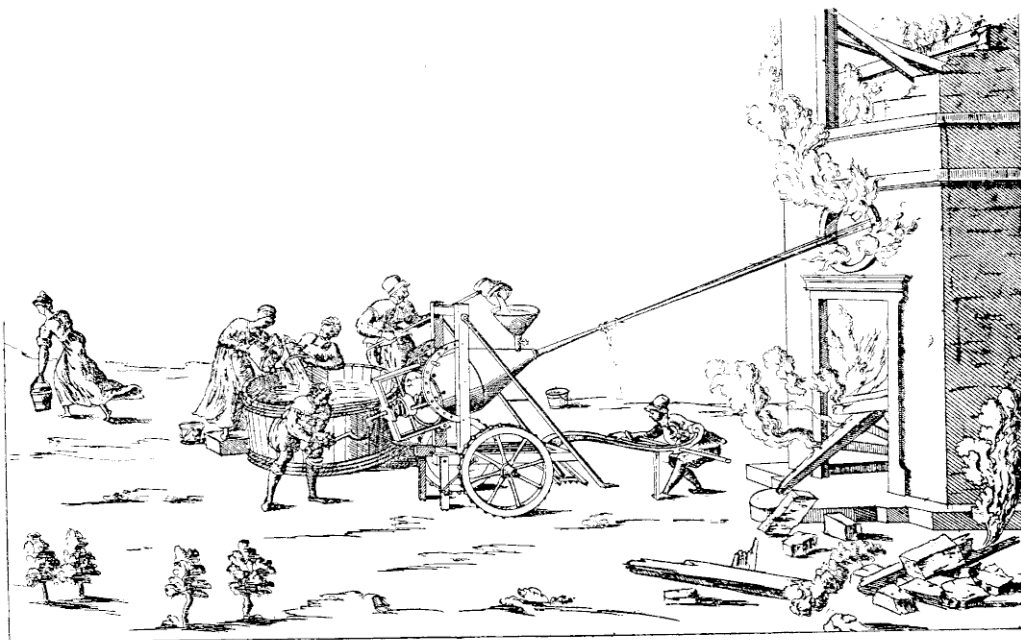


Jetons de la ville de Rouen (1638).



Machine hydraulique de Marly,
construite par Rennequin St Julien, sur les plans du chevalier de Ville (1676-1682).
(D'après une estampe de la Bibliothèque nationale.)





Modèle de pompe à incendie (seizième siècle) (1).

RAPPORT POUR LA CLASSE 21

PAR

M. LÉON MASSON

APPAREILS DIVERS DE LA MÉCANIQUE GÉNÉRALE (2)

Organes de transmission mécanique. — Les *transmissions de mouvement* forment une branche très étudiée de la Mécanique générale, et les constructeurs cherchent à les perfectionner sans cesse.

C'est ainsi qu'il existe des *chaises-supports*, réglables dans tous les sens dès que leurs dimensions s'y prêtent ; des *paliers* graisseurs fixes ou à rotule, à mèche métallique, à rotins ou à bague ; des *arbres* en acier demi-dur, souvent obtenus

(1) Gravure extraite du *Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques*, de Jacques Besson, Dauphinois... — A Genève, par Jaques Chouet et Jean de Laon, 1594, in-fol°.

(2) Ces objets, d'une très grande variété, comprenaient les organes mécaniques autres que ceux qui figuraient dans les classes des moteurs et des machines-outils ; et la présente notice, préparée en 1899

de façon directe, par un étirage spécial qui les livre parfaitement calibrés et dressés.

Suivant les cas, les arbres sont isolés, manchonnés entre eux ou reliés par des *systèmes articulés* tels que ceux de Ch. Bourdon ou de Goubet, ou bien possèdent, par leur mode de construction même, une véritable flexibilité.

Les *poulies*, parfois construites en bois, sont, la plupart du temps, en fonte, en deux pièces autant que possible, à joints rabotés, bien tournées, bien équilibrées; on les établit en fer, lorsque la transmission est trop chargée.

Les *embrayages* sont des organes mécaniques compliqués; et, après les travaux de Dobo, Franchot, Pouyer-Quertier, Bourgougnon, Mégy, Achard, Farcot, Raffard, etc., les inventeurs s'ingénient à trouver le système répondant le mieux à l'absence de chocs et de glissements, à la rusticité des pièces, à la facilité d'entretien et de lubrification.

Les *transmissions télodynamiques*, qui évoquent le souvenir des belles applications dues à Hirn, sont fréquemment remplacées maintenant par les transmissions électriques; mais les *câbles* de chanvre ou de manille sont toujours très en usage pour la distribution de la force à distance moyenne, et, dans ce cas, les poulies jusqu'à 15 et 20 gorges se substituent aux poulies à courroies et aux volants dentés. Aux câbles déjà connus, s'ajoutent enfin, présentement, les câbles en lanières de cuir tressées, plus coûteux, mais pouvant fonctionner à l'air libre.

Les *courroies*, confectionnées jadis par la bourrellerie, et dont le rôle acquiert d'autant plus d'importance que l'outillage mécanique tend lui-même à se géné-

à la demande de l'Administration supérieure, les passait en revue dans l'ordre même de la classification annexée au décret du 4 août 1894, portant règlement général de l'Exposition de 1900, savoir pour la Classe 21 :

Organes de transmission mécanique : arbres, supports, guidages, systèmes articulés. Engrenages. Embrayages, déclics.

Poulies, courroies et câbles de transmission. Systèmes funiculaires.

Régulateurs et modérateurs de mouvement.

Appareils de graissage.

Appareils de mesure des quantités mécaniques : compteurs enregistreurs, vélocimètres, dynamomètres, manomètres.

Appareils de pesage. Machines pour l'essai des matériaux. Jaugeage des fluides.

Machines servant à la manœuvre des fardeaux : grues, ascenseurs, etc.

Machines hydrauliques élévatoires : pompes à bras ou à vapeur, norias, bédiers, etc.

Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers.

Presses hydrauliques et accumulateurs.

Canalisations d'eau et accessoires.

Compresseurs et canalisations d'air.

Ventilateurs.

Transmission à distance et distribution de la puissance par l'eau, la vapeur, l'air ou le vide.

Appareils et associations pour prévenir les accidents de machines.

Il convient d'ajouter, d'autre part, que nous avons mis à profit pour ce travail nombre de renseignements précieux fournis par nos collègues MM. Edmond Badois et Jules Digeon, maintenant disparus hélas! et dont nous saluons avec la plus profonde sympathie la mémoire, — par notre président de Classe, M. Sylvain Pénissé, par notre camarade, M. Henry Mamy, directeur de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, et par nos collègues des Comités, MM. Edouard BORDON, Georges CAILLARD, Léon DESMARAIS, Albert DOMANGE (et ses fils), Alph. FRAGER, Henry HAMELLE, François MÉKER, Charles CAVELIER DE MOCOMBLE, Albert PIAT et Julien THIBON, que nous prions de vouloir bien agréer tous ici le nouveau témoignage de nos meilleurs remerciements.

raliser, font, depuis la seconde moitié du siècle, l'objet d'une fabrication spéciale de plus en plus soignée, fabrication qui s'est étendue à tous les centres industriels, notamment à Paris et aux régions du Nord, de l'Est et de la Seine-Inférieure.

Cette industrie occupe nombre d'ouvriers relativement bien rétribués, et la valeur de ses produits se chiffre par dizaines de millions de francs. Les courroies de provenance étrangère sont peu employées en France et, par contre, la qualité des courroies de fabrication française assure à ces dernières de notables débouchés à l'extérieur de notre pays.

La *transmission par chaîne*, imaginée au siècle dernier par Vaucanson, rend de bons services, lorsqu'il s'agit de faibles efforts ; elle fut presque exclusivement en usage jusqu'au premier tiers de ce siècle, époque de l'invention de Galle, dont les chaînes ou leurs dérivés sont, à l'heure actuelle, universellement en usage pour les tractions même de très sérieuse importance.

Au sujet des *engrenages*, cylindriques et coniques notamment, l'on remarque le grand développement des machines à tailler automatiques, permettant d'obtenir, à des prix raisonnables, une construction fort précise. Des résultats très satisfaisants peuvent, du reste, être atteints directement par moulage mécanique pour la généralité des formes courantes de dentures, et il en est particulièrement ainsi pour les roues à chevrons, lancées par la maison Piat dès 1872-1873, et qui sont de plus en plus appréciées par les constructeurs de la plupart des pays.

Une idée d'unification très recommandable à l'égard de l'établissement des diverses dentures est celle de l'emploi d'un pas diamétral, c'est-à-dire mesuré sur le diamètre primitif et non plus sur la circonférence originaire de la roue à construire.

La fonte et le bronze sont les matériaux le plus couramment adoptés dans la confection des engrenages ; le cuir toutefois est maintenant employé pour les pignons de grande vitesse, et l'acier fondu pour les cas où l'on recherche surtout la résistance.

Appareils pour la régularisation du mouvement des machines, pour le graissage et pour les observations ou mesures mécaniques de divers ordres. — La plupart des appareils concourant à ce but n'ont pas été l'objet de beaucoup de transformations récentes, mais leurs applications se sont très notablement développées, depuis l'Exposition de 1889, par suite de l'usage de plus en plus important des moteurs mécaniques, et particulièrement des machines à grande vitesse auxquelles ont recours les installations, sans cesse plus nombreuses, de production des courants électriques. Or, les moteurs de ce genre doivent fonctionner avec la plus parfaite régularité possible, et, dès lors, exigent l'emploi de modérateurs et de régulateurs de mouvement très sensibles, d'appar-

reils de graissage bien étudiés, et de vapeur à une pression uniforme, laquelle se constate au moyen de manomètres enregistreurs ; une fois ces résultats obtenus, il est intéressant de déterminer la puissance produite par la machine, et c'est alors qu'interviennent les appareils de mesure de quantités mécaniques, tels que les compteurs, vélocimètres, dynamomètres, etc., auxquels on peut rattacher les engins de pesage et les machines pour l'essai des matériaux.

Le premier *régulateur* de machine à vapeur fut emprunté par Watt à l'industrie de la meunerie, vers la fin du siècle dernier. C'était un appareil à force centrifuge, et son emploi fut longtemps exclusif. Puis apparurent des perfectionnements de ce premier type et un nombre considérable de régulateurs ou de modérateurs, au sujet desquels on relève, parmi toute une pléiade d'inventeurs, de savants et de constructeurs, les noms de Molinié, Fareot, Larivière, Moison, Foucault, Rolland, Porter, Damey, Tchebichef, Buss, Denis et Weyher, Allen, Marcel Deprez, Collin, Lecouteux et Garnier, Escher Wyss, etc.

Les progrès de l'industrie du *graissage* ont, pour ainsi dire, suivi pas à pas ceux de la Mécanique pratique. Dans toute machine, en effet, le frottement absorbe une partie du travail moteur ; et, pour diminuer cette perte, on a recours à différents moyens dont l'un des principaux est la lubrification.

Les corps gras organiques, qui seuls étaient en usage il y a peu de temps encore, s'altèrent rapidement au contact de l'air, ou du fait de l'élévation de leur température : ce fut donc un immense progrès que l'emploi, relativement récent, des lubrifiants d'origine minérale, pour ainsi dire inaltérables à l'air et à la chaleur.

Depuis une vingtaine d'années, les *graisseurs à air libre* ont été peu modifiés : soit qu'ils fonctionnent par pression pour les corps gras consistants, avec l'adjuvant de mèches, de grenailles de plomb, de pointeaux à vis ou de compte-gouttes pour l'huile ; soit qu'ils empruntent, dans le cas de matières minérales, le principe d'une circulation en surabondance, suivie de la récolte et de la purification du lubrifiant pour un nouveau service.

Par contre, et pendant cette même période, la question du *graissage continu sous pression* des cylindres de machines à vapeur donna naissance à un grand nombre d'appareils.

Cette opération se faisait, à l'origine, à l'aide de graisseurs à écluse, ou, comme dans les systèmes Seibert et Consolin, par pulvérisation du corps gras versé goutte à goutte dans la conduite d'amenée de la vapeur. Actuellement les engins de cet ordre se subdivisent : en appareils à condensation, tels que les graisseurs dits « Oléomètre », « Tandem », etc. ; en appareils à charge indépendante, comme le « self acting » ; et en graisseurs mécaniques, tels que l'appareil Møllerup, le graisseur à départs multiples, le télesco-pompe et l'oléo-compresseur.

Pour donner une idée du commerce de ces engins, nous pouvons ajouter que 4700 d'entre eux ont été vendus, pendant les seize dernières années, par une seule maison parisienne, dont le chef a consacré une partie de ses travaux aux progrès de cette branche de la Mécanique.

Auprès des graisseurs sous pression, il convient de citer les *distributeurs*, qui, s'interposant entre un lubrificateur quelconque et l'appareil complexe à pourvoir,

Monsieur

M. de Fontenay pour le quel vous avez bien voulu me
promettre une place d'élève dans les ponts et chaussées,
acceptera cette grâce avec reconnaissance, et j'ose vous prier
de vouloir bien l'en faire pour le plutôt qu'il sera possible
ce jeune homme par ses sentimens et par son application me
paraît digne de vos bontés.

Permettez moi par la même occasion de réclamer de nouveau
les mêmes bontés en faveur de M. Barben pour lequel j'ai
eu l'honneur de vous écrire, et de vous renouveler les assurances
bien vives de toute la reconnaissance que vous des avoir
respectueux attachement avec lequel je suis l'honneur d'être

Monsieur

à Paris ce 3 nov. 1774

Votre très humble et
très obéissant serviteur

D'Alembert 

Fac-similé d'une lettre autographe de d'Alembert.

deviennent comme les veines d'un corps de machine, allant porter l'huile à tous les organes plus ou moins éloignés.

Les principaux centres de production des engins de graissage sont Paris et Lyon. Le verre, la fonte et le bronze entrent surtout dans leur fabrication, qui se rapproche beaucoup de celle des mécanismes de précision et de la robinetterie.

Leur consommation est, du reste, comme leur exportation et leur importation mêmes, en rapport direct avec celle des machines à vapeur et des machines-outils,

et un nouvel et important débouché leur est assuré par le développement continu de l'automobilisme.

Les *manomètres* à mercure, soit à air libre, soit à air comprimé, soit différentiels ou à tubes multiples tels que ceux de Richard et de Galy-Cazalat, étaient exclusivement en usage jusque vers le milieu de ce siècle, époque des recherches d'Eug. Bourdon pour l'invention de son manomètre métallique et de la production des diaphragmes flexibles de Vidie, qui ont été surtout appliqués aux appareils barométriques.

Depuis lors, et basés comme le manomètre Bourdon sur l'utilisation de l'élasticité des corps solides, ont été combinés nombre de nouveaux modèles de ces appareils : tels, entre autres manomètres distingués au cours des principales Expositions, ceux de Desbordes, Ducomet, Decoudun, Guichard, Éd. Bourdon, Richard frères, etc., et dont quelques-uns sont enregistreurs ou même indicateurs à distance, à l'exemple du prototype du genre, successivement perfectionné depuis vingt-cinq ans sous ce double rapport ; tels aussi les *indicateurs du vide* destinés à la mesure de la dépression des différents fluides.

Les premiers *compteurs mécaniques de vitesse* sont de création assez ancienne ; et, pour nous borner à quelques-uns d'entre les principaux appareils de ce genre, nous rappellerons les tachymètres, indicateurs de vitesse, contrôleurs de marche des trains, cinémomètres, compteurs de tours, vélocimètres, etc., imaginés ou construits, à diverses époques, par Robert, Paul Garnier, Perrelet, Schwilgué, Seguin, Évrard, Lapointe, Wagner, Bariquand, Bianchi, Froment, Redier, Breguet, Buss et Sombart, Napier, Bourdon, Deschiens, Borrel, Richard frères, Chateau, etc.

Les *dynamomètres de traction et de rotation*, soit indicateurs, soit enregistreurs, soit totalisateurs, et les *freins dynamométriques* ont donné lieu, depuis cent ans, aux inventions, aux études et aux travaux de nombre de savants et de constructeurs, tels que Regnier, Hachette, Prony, Molard, White, Durand, Poncelet, Morin, Tresca, Colladon, Clair, Bourdon, Moison, Taurines, Hirn, Weyher et Richemond, Hefner von Alteneck, Vuaillet, Leneveu, Richard frères, Raffard, Carpentier, Panhard et Levassor, Digeon, Desdouits, etc.

Dans la même catégorie que les dynamomètres proprement dits se placent tout naturellement les *indicateurs de pression* ; et, à ce propos, on ne saurait omettre de citer les noms de Watt, Garnier, Lapointe, Tresca, Richards, Marcel Deprez, etc.

Les *appareils de pesage* se sont profondément transformés et perfectionnés depuis le commencement du siècle. Sans entrer, à cet égard, dans une énumération

détaillée, nous mentionnerons, pour marquer les plus importantes étapes des progrès accomplis : les pesons à ressort de Regnier, la balance-bascule portative de Quintenz, le pont-bascule de Schwilgué, complété ensuite, entre autres constructeurs habiles, par Béranger et Sagnier ; le perfectionnement des balances Roberval ; les bascules spéciales, comme celles de Fairbanks ; les romaines automatiques et les bascules à cadran de Dujour, de la maison Trayvou, de Bailly et Roche ; les appareils vérificateurs Guillaumin ; les bascules à impression automatique Chameroy, etc., etc.

Les *machines d'essais* tendent à se généraliser de jour en jour ; et, — sans insister sur les viscosimètres et appareils d'étude des lubrifiants, sur les engins d'épreuve à l'usure et les presses hydrauliques, compresseurs et moutons de choc, qui se prêtent à des expériences fort utiles sur divers matériaux, — nous citerons les grands appareils de traction successivement présentés par Maillard, Tangye, Trayvou, la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M., Thomasset, Chauvin et Marin-Darbel, Delaloe, Emery, Falcot frères, Petit, etc. ; les dynamomètres d'Alcan, Perreaux, Ulmann, ainsi que les instruments d'essai des ciments d'Hervé Mangon, Michaelis, Amsler-Laffon ; les machines Fremont enfin, pour les études rapides de poinçonnage, de flexion, de cisaillement et de traction.

A ces derniers appareils, comme à plusieurs des précédents, s'appliquent ou s'adaptent, du reste, des *enregistreurs*, dont l'étude est, elle aussi, de plus en plus à l'ordre du jour.

La vitesse ou le volume des fluides gazeux se mesure :

1° A l'aide d'instruments du genre des *anémomètres*, tels que ceux étudiés ou construits par Combes, Morin, Venturi, Neumann, Bianchi, Breguet, Hardy, Bourdon, etc. ;

2° Par des jaugeurs, comme les *compteurs de gaz*, dont une très riche variété doit figurer à l'Exposition.

Quant aux liquides, leur vitesse d'écoulement se détermine à l'aide de *moulinets* analogues à ceux de Woltmann et de Lapointe, ou de tubes comme celui de Pitot, qui se prêtent au calcul approximatif du débit des cours d'eau.

Un des premiers *compteurs* employés pour mesurer le volume d'un liquide circulant en canalisation fut l'appareil Siemens, du genre des engins dits de vitesse.

On a, de plus, imaginé des compteurs à cylindre unique ou multiple, tels que ceux de Kennedy, Frager, Schmid, Kern, Schreiber, Samain, etc., et des appareils rotatifs ou oscillants comme les compteurs Lambert, « Crown » et « Étoile ».

Il y a lieu de citer, enfin, les *mesureurs par écoulement à air libre*, de l'ordre de ceux de Casalunga, Bonijoly, etc., et les dispositifs de Decœur, Parenty, etc., pour le *jaugeage des liquides entre deux biefs*.

Les principales maisons de construction de compteurs d'eau se trouvent à Paris, Glasgow, Breslau, Mannheim et Boston; et les matières premières dont elles font surtout usage sont le bronze, l'ébonite, le laiton, le nickel; les centres de consommation qu'elles approvisionnent sont naturellement les villes, de plus en plus nombreuses, où il y a une distribution d'eau de quelque importance.

Plusieurs milliers d'ouvriers français sont employés dans cette industrie, et les appareils qui sortent de leurs mains pénètrent en quantité notable sur les marchés étrangers.

Machines servant à la manœuvre des fardeaux. — La tradition nous a légué, comme venant des anciens, le levier, la poulie, les moufles, le plan incliné et la vis, qui sont la base même de tous les engins leveurs. Ces derniers, il y a soixante ans, étaient généralement mus à bras d'hommes. À part les *palans*, *treuils* et *cabestans*, le nombre en était fort restreint; c'étaient surtout, dans les ateliers, des *grues à potence*, et, dans les ports, des *grues fixes* au bord des quais.

Successivement vint l'usage des *ponts* et *treuils roulants*, des *grues roulantes* et *flottantes*, ainsi que des *biques à mâter*; puis on appliqua à ces engins l'hydraulique, la vapeur et enfin l'électricité.

C'est en 1846 qu'Armstrong construisit la première grue hydraulique, qui fut, en Angleterre, et ensuite dans les autres pays de grande industrie, le point de départ d'importantes installations.

Quant à l'application de la vapeur, elle se fit successivement aux treuils, aux grues et aux appareils plus complexes.

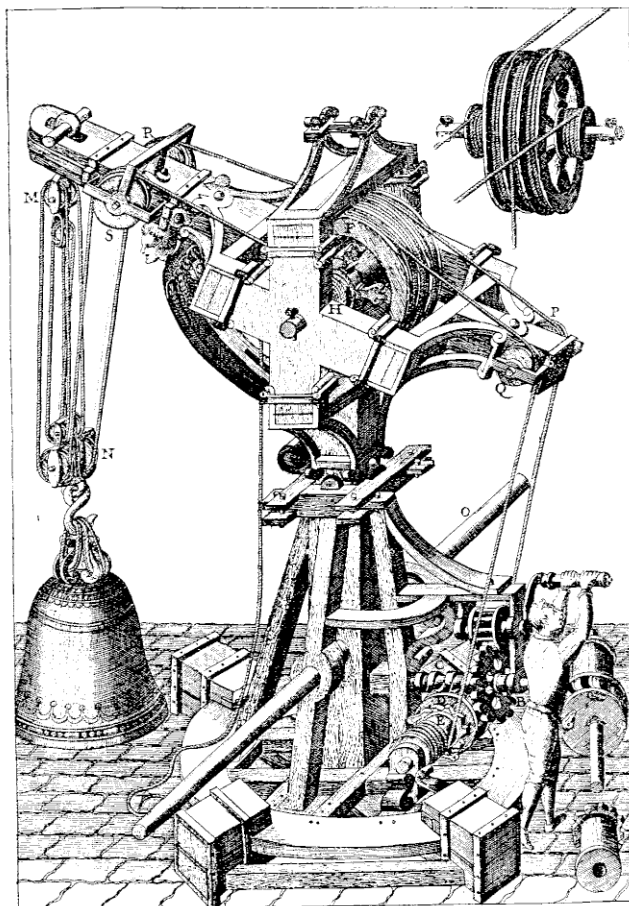
L'électricité, qui, pour sa part, ne demande que des canalisations fort simples, donne, par contre, un fonctionnement parfois moins sûr; mais nous devons ajouter qu'à part une certaine complication dans les dispositifs de mise en route et de commande, les engins de levage qu'elle anime sont devenus des types courants dans les maisons spécialistes.

À les considérer, d'ailleurs, en dehors de leur source d'énergie, les machines servant à la manœuvre des fardeaux ont reçu divers perfectionnements, tels que :

Pour les *treuils*, l'emploi de pignons et chaînes Galle, et de noix à chaînes calibrées, en remplacement des tambours lisses et des câbles et chaînes ordinaires ;

Pour les *grues*, la substitution de pivots, fixes ou tournant dans le sol, aux

potences primitives à point d'appui supérieur ; le remplacement du pivot haut par le pivot bas, surtout pour les fortes puissances ; l'installation sur portiques, pour la facilité de transbordement des fardeaux ; le montage, enfin, à grande hauteur sur pylônes, comme dans les grues dites « Derricks », d'un très pratique usage dans la construction des édifices ;



Appareil de levage (seizième siècle).
(D'après l'ouvrage de Ramelli.)

Pour les *ponts et treuils roulants*, des modifications progressives qui, depuis plusieurs années, permettent d'établir des engins, connus sous le nom de « Titans », d'une puissance de 100 tonnes, et de 15 à 40 mètres de portée ;

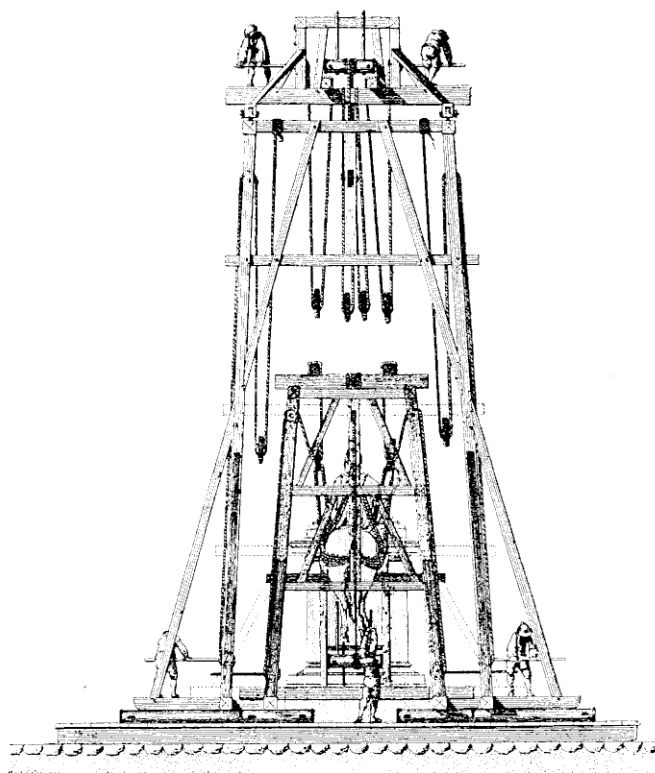
Pour les *biques à mâter*, et après différentes études, la réalisation du type à trépied oscillant, qui assure aux manœuvres une complète précision.

La France construit la plus grande partie des appareils de levage destinés à son territoire et à ses colonies : ses centres de fabrication les plus importants sont, pour cela, Paris et sa banlieue, Lyon, les ports de commerce, les grands

établissements industriels du Nord et de l'Est ainsi que des régions du Centre et de la Loire; et les matériaux qu'elle y met en œuvre sont la tôle de fer et d'acier, le fer forgé, la fonte, l'acier moulé et le bronze.

Les consommateurs de ces engins comprennent surtout les ports maritimes et fluviaux, les grands chantiers de construction, les usines métallurgiques, les

Ellevation et Profil des deux machines sur leur Largeur.



*Ellevations et Profils des machines Projetées
Par Sendrier de Bièvre Charpentier Ordinaire
du Roy et de la Ville pour transporter et mettre en place
la Statue Equestre du Roy dans la place de Louis XV.
en 1756.*

dépôts de charbon, les mines, et les navires de guerre et de commerce. Le chiffre des importations de ce même outillage est d'ailleurs faible, et celui des exportations est loin d'être nul : c'est ainsi que des fournitures ont été faites, notamment, à l'Espagne, à la Russie et à la Suède.

Au nombre des machines à manœuvrer les fardeaux se rangent naturellement aussi les *ascenseurs*, sur lesquels nous reviendrons plus loin, et

les installations de transport par câbles aériens, par courroies et par rampes mobiles : tels les *transbordeurs* de Bilbao, Tunis et Rouen, les *chemins de fer funiculaires*, les *plans inclinés automoteurs*, les *trottoirs roulants* enfin, qui permettent de transporter de 25000 à 30000 personnes par heure.

Une plate-forme de ce genre, système Guyenet et C. de Mocomble, et dont l'idée première est due à M. Blot, a été du reste en fonctionnement à l'Exposition ; et il en est de même des chemins éleveurs ou rampes mobiles Piat et fils, J. Le Blanc, et de la Société française de constructions mécaniques (anciens établissements Cail).

Machines hydrauliques élévatoires et canalisation d'eau. Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers. — Les *pompes à bras*, *norias*, *béliers*, etc., — ces derniers rappelant l'invention maintenant séculaire de J. de Montgolfier, — conviennent aux installations agricoles et aux propriétés particulières, aux irrigations et aux usages domestiques. Quelques nouveaux types en furent présentés à l'Exposition.

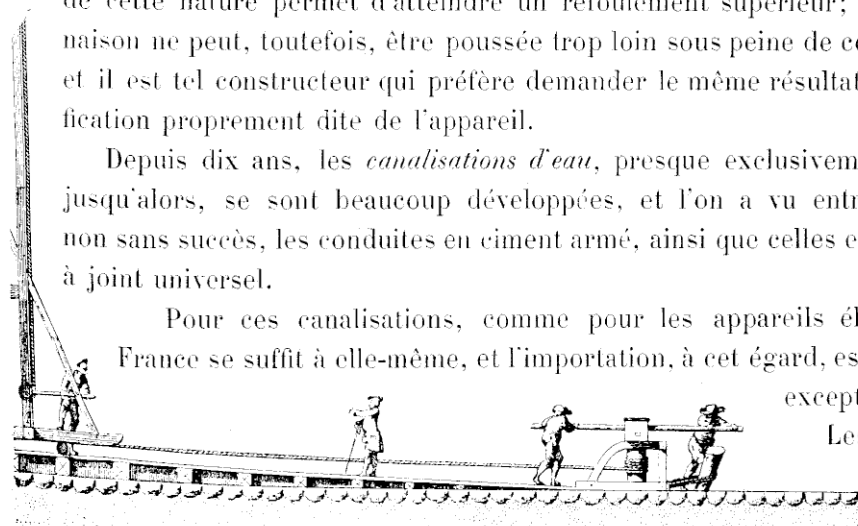
Quant aux *pompes de grande puissance*, autrefois réservées aux villes importantes, elles se répandent de plus en plus, par suite des exigences de l'hygiène publique. Les appareils de cette catégorie sont généralement à piston plongeur, et les formes nouvelles données à cet organe ont permis d'augmenter notablement leur vitesse, tout en diminuant les dépenses de premier établissement.

Les *engins rotatifs* et *centrifuges* du type classique conviennent surtout aux élévations directes à hauteur modérée, et la conjugaison de plusieurs pompes de cette nature permet d'atteindre un refoulement supérieur ; cette combinaison ne peut, toutefois, être poussée trop loin sous peine de complications, et il est tel constructeur qui préfère demander le même résultat à une modification proprement dite de l'appareil.

Depuis dix ans, les *canalisations d'eau*, presque exclusivement en fonte jusqu'alors, se sont beaucoup développées, et l'on a vu entrer en ligne, non sans succès, les conduites en ciment armé, ainsi que celles en tôle d'acier à joint universel.

Pour ces canalisations, comme pour les appareils élévatoires, la France se suffit à elle-même, et l'importation, à cet égard, est absolument exceptionnelle.

Les premières
*pompes à
vapeur à
incendie
employées*

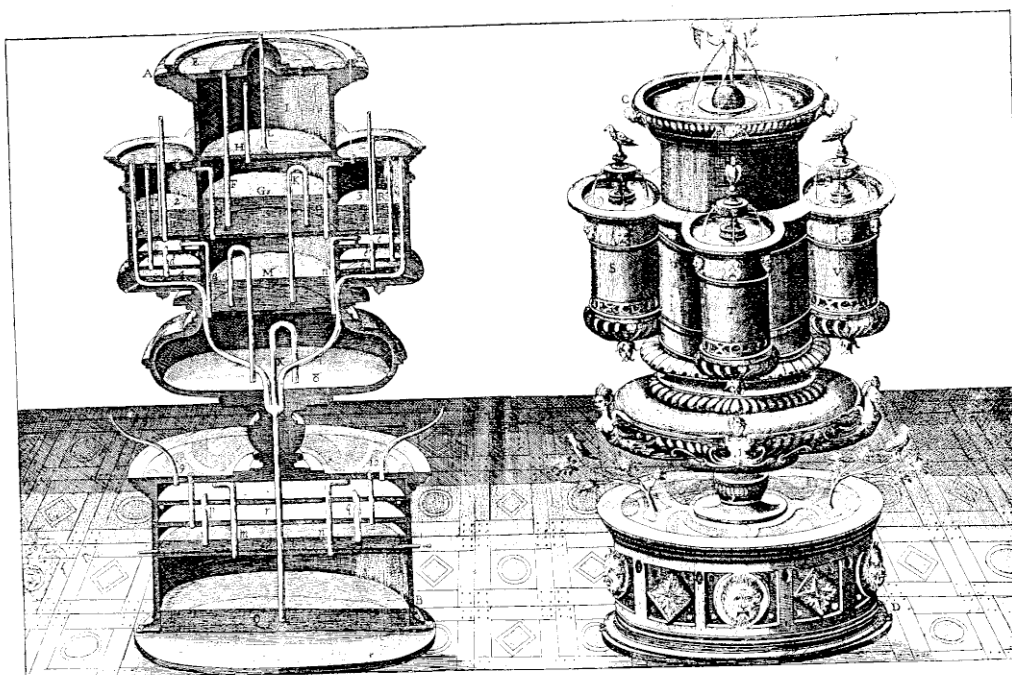


Mise en place de la statue de Louis XV.
(D'après une estampe de la Bibliothèque nationale.)

dans notre pays étaient fabriquées à l'étranger; mais, depuis longtemps déjà, plusieurs maisons françaises en construisent qui ne craignent aucune comparaison.

Il en est d'ailleurs de même pour tout le *matériel à l'usage des sapeurs-pompiers*, qui peut se diviser en deux classes :

1^{re} Les appareils pour l'extinction, comprenant les pompes à bras et à vapeur, auprès desquelles nous mentionnerons, dans une certaine mesure, les grenades de divers types et les extincteurs à lance :



Fontaine de Héron. -- Ramelli, fig. 185.

2^e Les engins de sauvetage, tels que : échelles simples, échelles à crochets, échelles à coulisse, échelles aériennes sur chariot, toiles tendues à tenir à bras d'hommes, descenseurs et ceintures, appareils de pénétration dans les locaux contaminés et ventilateurs à main pour la purification relative de leur atmosphère.

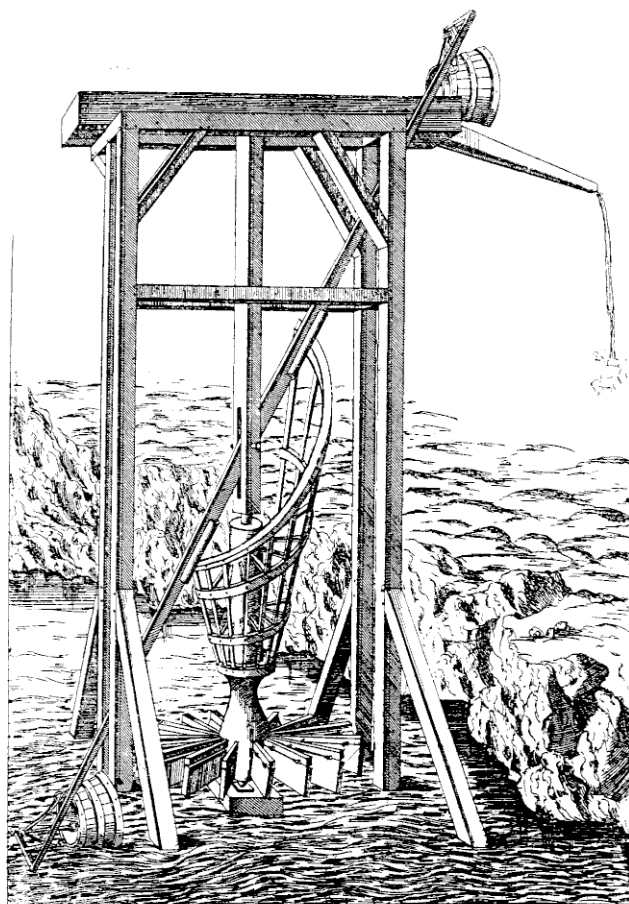
La France construit la plupart de ses appareils de sauvetage et de défense contre l'incendie, et il serait difficile qu'il en fût autrement, car les principaux consommateurs de ce matériel sont les municipalités et les administrations de l'État.

L'exportation en est faible; cependant certaines villes de l'Amérique du Sud font usage de pompes françaises.

Presses et machinerie hydrauliques. Transmission à distance et distribution de la puissance par l'eau. — Imaginée par Pascal, en 1650, la

presse hydraulique fut peu employée jusqu'en 1796, époque à laquelle Bramah inventa les cuirs emboutis, permettant d'obtenir, dans cet appareil, une étanchéité parfaite.

Ensuite, et vers le milieu de ce siècle, l'invention de l'*accumulateur*, que compléta plus tard celle du *multiplicateur de pression*, contribua puissamment à en propager l'usage.



Appareil d'élévation d'eau seizième siècle.
Gravure extraite de l'ouvrage de Jacques Besson.

Un certain nombre de constructeurs français se sont spécialisés par sa fabrication, notamment à Paris, à Lyon, à Dijon et dans la région du Nord.

Quelques industries seulement tiraient primitivement parti des *appareils à pression d'eau* ; mais la nécessité de manutentionner de pesants fardeaux, et d'exercer des efforts considérables, vint déterminer de nombreuses applications : tels les appareils de levage à manœuvre hydraulique, dont il a été parlé plus haut : tel aussi l'outillage à eau comprimée des ateliers de grosses forges, de chaudron-

nerie et de travail des tôles, des aciéries Bessemer, des chantiers de travaux publics, et des Compagnies de chemins de fer.

Des *ascenseurs* hydrauliques pour bateaux servent, d'autre part, aux besoins de la navigation fluviale; enfin, nombre de constructions de hauteur considérable, ainsi que d'hôtels et de propriétés de rapport, sont tributaires de ces mêmes engins élévateurs.

Ce développement de machinerie amena nécessairement la pensée d'appliquer l'eau à la *transmission de la force à distance*, et l'emploi de l'accumulateur, joint à celui d'une canalisation appropriée, permit de résoudre le problème. Les premières installations de ce genre furent faites par Armstrong en Angleterre, et l'industrie française ne tarda pas, du reste, à marcher dans la même voie.

Les pays où s'est surtout accentuée la construction de l'outillage à pression hydraulique sont, en Europe, l'Angleterre, la France, l'Allemagne et la Belgique, et, en Amérique, les Etats-Unis.

La fonte, le fer, l'acier, le bronze à haute résistance et les matières élastiques propres à constituer les joints sont les principaux éléments mis en œuvre par cette industrie, dont le travail est généralement assuré par des ouvriers intelligents, expérimentés et recevant un salaire rémunérateur.

Compresseurs et canalisation d'air. Ventilateurs. Transmission à distance et distribution de la puissance par l'air comprimé, la vapeur et le vide. — Les *compresseurs d'air*, dont l'origine coïncide avec le percement des premiers tunnels et les travaux de Colladon et de Sommeiller, ont fait de grands progrès au cours de ces dernières années.

L'industrie métallurgique, qui, l'une des premières, fit appel à leur emploi, ne demandait, en effet, que des pressions peu élevées; mais, depuis quelque temps, les ateliers de chaudronnerie et de constructions en fer se servent d'air à 5 ou 6 kilogrammes pour la mise en marche de plusieurs outils.

C'est à des pressions analogues que les Compagnies de chemins de fer font usage de nombre de compresseurs pour les freins automatiques; et, d'un autre côté, c'est à 50 kilogrammes et plus que s'accumule l'air dans les réservoirs de certains tramways automobiles.

La Marine et la Guerre, enfin, compriment l'air à 100 kilogrammes pour le chargement des torpilles, et l'hydrogène à 200 kilogrammes pour le service des ballons de campagne; et la récente découverte de la liquéfaction de l'air comporte, elle aussi, l'emploi de compresseurs à tensions considérables.

Ces accroissements successifs de compression nécessitent des appareils de plus en plus perfectionnés, que l'industrie française est à même de construire, comme le prouve, du reste, la quantité relativement faible d'engins de cette nature importés de l'étranger.

La construction des *ventilateurs* est également représentée par quelques bonnes maisons françaises, luttant avec succès contre la concurrence de l'étranger.

De grandes usines pour la *compression de l'air* ont été créées, à Paris notamment, pour porter à domicile la force motrice nécessaire à la petite industrie, ainsi qu'à divers usages industriels; la grosse *canalisation* y afférente est en tôle d'acier à joints universels.

Par contre, la *transmission* et la *distribution à grande distance de la force par la vapeur ou le vide* n'ont reçu que peu d'applications, par suite de la condensation dans les conduites de vapeur, et en raison de la faible puissance unitaire réalisée par la raréfaction de l'air atmosphérique.

Appareils et associations pour prévenir les accidents de machines.
— Les *Associations d'industriels contre les accidents du travail* sont d'origine française.

RECENSEMENT PROFESSIONNEL (1896)

INDUSTRIES	NOMBRE TOTAL des personnes occupées.	NOMBRE TOTAL des établissements où travaillent plus de 5 personnes.	RÉPARTITION de ces établissements d'après le nombre des personnes occupées.			DÉPARTEMENTS où sont occupées le plus de personnes. — PROPORTION pour 100 du personnel total.
			0 à 50	50 à 500	plus de 500	
Fabrication de modèles pour la mécanique.....	900	10	40	»	»	{ Nord (53), Seine (18), Bouches-du-Rhône (12), Ardèche (10).
Fabrication de courroies pour machines.....	500	21	20	1	»	
Fabrication de cordes en bois.....	200	7	7	»	»	Seine (45), Rhône (27).
Fabrication d'appareils de graissage.....	100	4	4	»	»	Seine (72), Nord (24).
Fabrication de compteurs à gaz.....	1.200	14	10	4	»	Seine (84).
Fabrication d'instruments de pesage, de dynamo- mètres, etc.....	1.200	20	14	6	»	{ Rhône (23), Nord (16), Seine (16), Doubs (9).
Fabrication de crics, d'appa- reils de levage, etc.....	250	7	6	1	»	
Construction d'appareils hy- drauliques, fabrication de pompes, etc.....	1.700	53	46	7	»	Seine (52), Nord (14).

La première, en effet, qui n'existe plus, avait été créée, en 1867, à Mulhouse, par un industriel alsacien, Engel-Dollfus. A son exemple se sont établies, en 1880, à Rouen, l'Association normande, puis, en 1883, à Paris, l'Association instituée par Émile Muller et devenue bientôt l'Association des industriels de France.

Cette dernière Société exerce actuellement son action dans 71 départements et compte plus de 2700 membres, représentant près de 300 000 ouvriers.

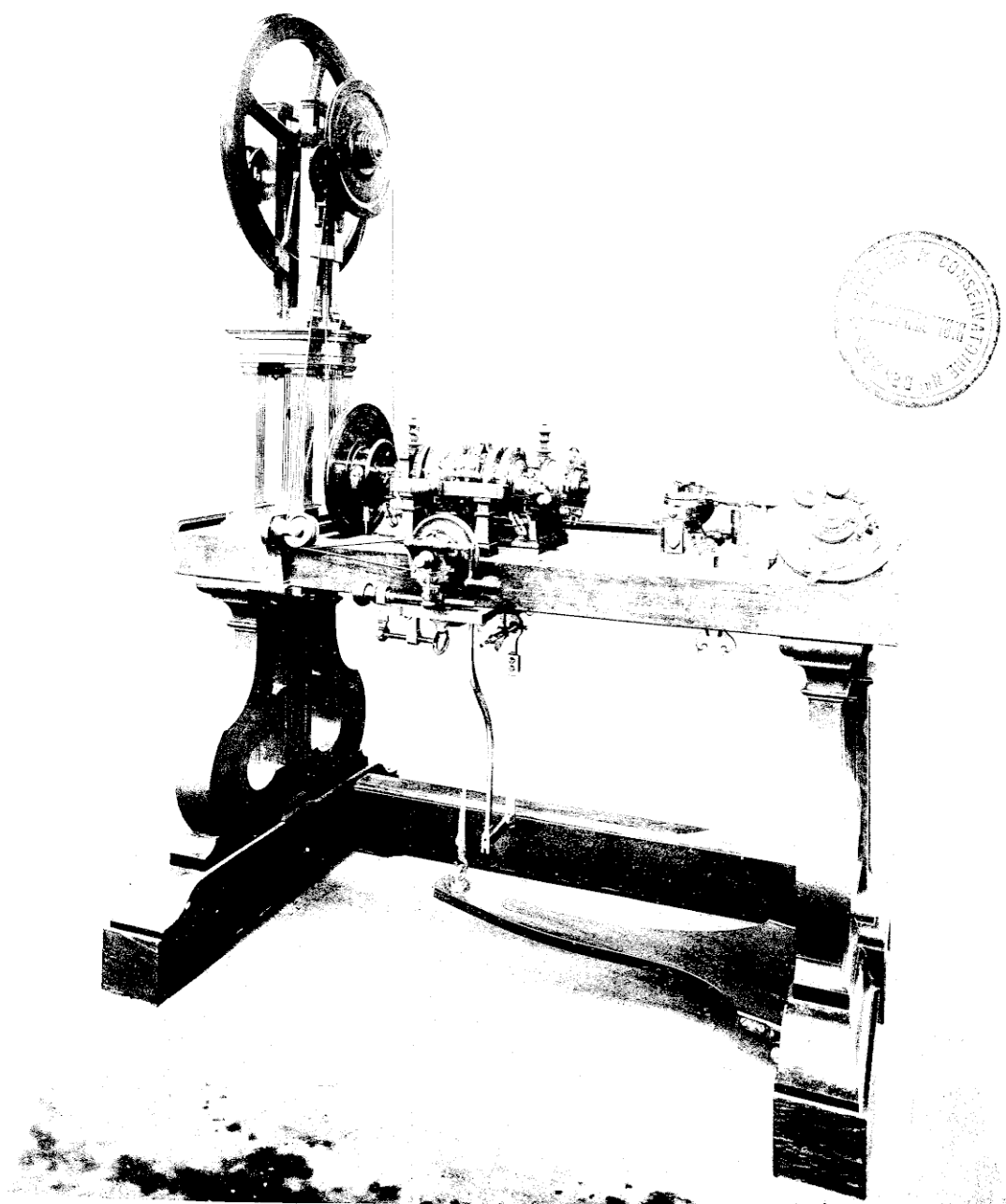
Son but est de réduire au minimum le nombre des accidents du travail, en développant le plus possible l'emploi des moyens préventifs, et elle atteint ce résultat :

- 1° Par les visites et les conseils de ses ingénieurs-inspecteurs ;
- 2° Par ses publications diverses et ses affiches d'ateliers ;
- 3° Par les concours publics qu'elle ouvre pour la création ou l'amélioration d'*appareils protecteurs* ;
- 4° Enfin par les récompenses qu'elle décerne chaque année.

Une Association indépendante s'est constituée, en 1894, dans la région du Nord.

L'étranger nous a d'ailleurs suivis dans cette voie ; et c'est ainsi que se sont créées, en 1890, l'Association des industriels de Belgique, et, en 1894, l'Association des industriels d'Italie contre les accidents du travail.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS



Tour à guillocher par Mercklein, construit pour Louis XVI (1780).

Enlèvement par Berthaud, Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT POUR LA CLASSE 22

PAR

G. TRESCA

MACHINES-OUTILS

Définition. — On dénomme *machines-outils* celles dont le but est de substituer le travail automatique d'une machine au travail à la main.

Tout en la rendant plus économique, l'emploi de ces machines facilite et augmente la production, permet d'obtenir une plus grande perfection des pièces fabriquées et même d'atteindre la plus haute précision. Ces multiples avantages ont fait adopter les machines-outils par nombre d'industries qui prirent ainsi un très grand essor.

A la fin du siècle dernier, on ne trouvait de véritables machines-outils que dans l'outillage de l'horlogerie; encore étaient-elles réduites sous un très petit modèle. Appropriées ensuite à des outillages beaucoup plus importants, ces machines ne tardèrent pas à prendre des formes nouvelles qui amenèrent une véritable révolution dans les ateliers de mécanique.

Ce fut là une des plus belles conquêtes de l'industrie dans notre siècle; sans elle, en effet, aurait-on pu construire ces locomotives et ces puissantes machines de navigation à vapeur qui ont modifié si profondément la vie sociale?

Tout s'enchaîne; et le développement des chemins de fer, des navires à vapeur, des ponts métalliques entraîna un égal développement des machines-outils propres à leur construction. Chaque invention nouvelle créa son outillage spécial.

Ce fut grâce à la vapeur que les machines-outils se multiplièrent. Par l'adaptation de l'électricité, on put obtenir un développement plus considérable encore, notamment pour les commandes d'outils portatifs, ou éloignés, ou de haute précision, qu'il faut placer dans des locaux spéciaux. Chaque jour, du reste, les applications de l'électricité deviennent plus nombreuses, et permettent plus de perfection dans la construction et le fonctionnement des machines-outils.

Fabrication et centres de production. — Les centres de fabrication des machines-outils sont nombreux à l'étranger.

En France, les plus importants se trouvent dans les Ardennes, le territoire de Belfort, la Côte-d'Or, le Nord, l'Yonne, etc. A Paris même, on construit beaucoup de machines de précision et d'instruments de mesure.

Les machines-outils pour travailler le fer sont, depuis longtemps, entièrement construites en métal; il en est de même, d'une façon générale, pour les machines à travailler le bois.

La fonte est presque exclusivement employée pour les bâtis, les engrenages et les pièces principales constituant les machines. Elle est généralement de provenance française, mais il y est mélangé un peu de fonte anglaise et écossaise. Le prix des fontes moulées entrant dans la composition des machines varie suivant les poids ou les formes plus ou moins compliquées des pièces, mais on peut, d'une façon moyenne, l'évaluer en ce moment à 25 francs par 100 kilos.

Le fer continue à entrer dans la fabrication des machines-outils sous forme de pièces forgées et matricées, d'arbres, de vis, de manivelles, d'organes secondaires, etc., et dans la fabrication de l'outillage pour le travail à la main : cages de filières, étaux, marteaux, enclumes; mais, depuis que la production des aciers Bessemer et Thomas est devenue courante, l'acier, dont l'emploi était autrefois limité à la fabrication de l'outil proprement dit, destiné à exécuter le travail commandé par la machine, a été substitué au fer dans la construction de beaucoup de ces pièces, et en particulier des arbres et vis.

On a cherché ainsi à obtenir des organes plus résistants, et dont la matière a, de plus, l'avantage de donner un plus beau poli.

L'acier coulé est également employé pour les pièces difficiles à forger par suite de leurs formes compliquées; mais l'emploi de ce métal est jusqu'ici restreint, à cause des soufflures que l'on ne peut encore éviter complètement, et qui nuisent à la solidité et à l'aspect.

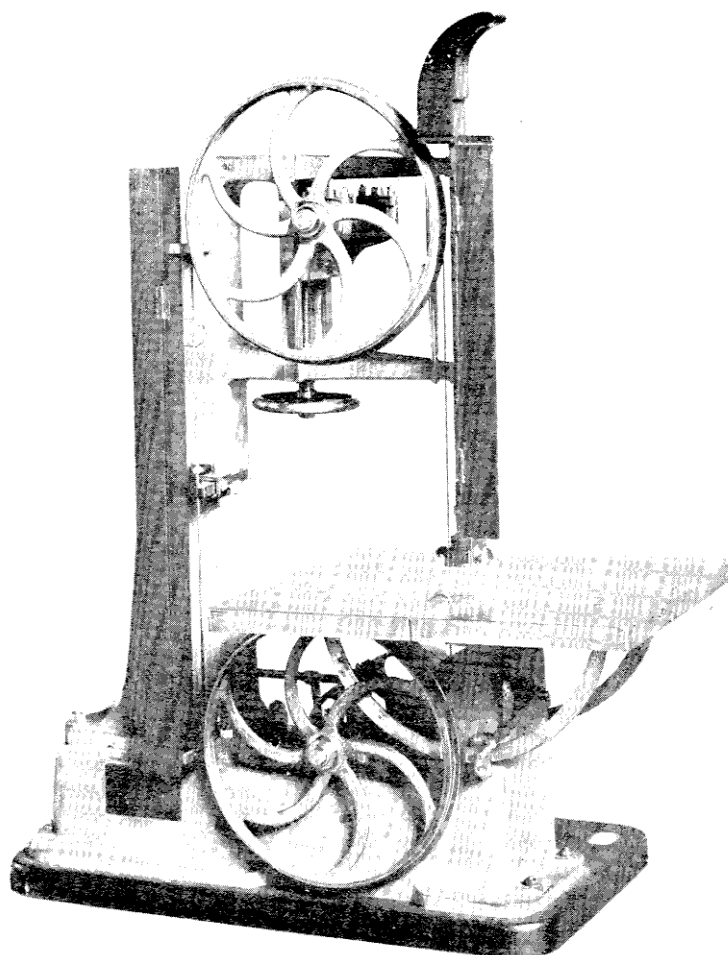
Les fers employés se paient actuellement au prix de base de 20 francs les 100 kilos. A ce prix, il convient d'ajouter les majorations habituelles pour écarts de classes et différences de numéros. On se sert aussi de fers fins, provenant en majeure partie de la Champagne et du bassin de la Loire, et dont la valeur varie, comme prix de base, de 25 à 40 francs. Les aciers provenant directement de la fonte sont d'une valeur moyenne de 30 francs par 100 kilos. Les pièces d'acier coulé valent environ de 100 à 150 francs les 100 kilos.

Les fers, aciers et aciers coulés sont de provenance française.

Les outils proprement dits, surtout ceux comportant des angles de coupe, sont toujours fabriqués en aciers fins, dont la valeur varie suivant les qualités et les provenances. On peut estimer cependant qu'ils valent de 130 à 180 francs par 100 kilos.

La consommation se répartit à peu près également entre ceux d'origine française et ceux provenant de l'étranger, d'Angleterre et d'Autriche principalement.

L'emploi du bronze est limité à la construction de certains organes : coussinets, engrenages, etc. Sa valeur est extrêmement variable ; elle dépend des propor-



Scie sans fin, par Perin.
(Musée du Conservatoire national des arts et métiers.)

tions de métaux employées, et des substances qui y sont ajoutées — phosphore, aluminium, etc.

Les bronzes employés couramment dans les machines valent 2^{fr},50 le kilo.

L'emploi de la fonte malléable est abandonné dans la construction des machines ; remplacé par la pièce de fer étampée ou d'acier coulé, ce métal n'est plus guère employé que pour la fabrication de menus outils à la main, clefs à écrous, petits étaux, qui sont plutôt de la quincaillerie.

L'indication du prix des matières premières entrant dans la fabrication des

machines-outils ne peut donner une idée juste de leur valeur marchande; la base générale de leur évaluation est le poids, bien que les prix en soient, presque toujours, établis à la pièce. Les machines les plus simples, destinées aux serruriers, charrons, maréchaux, valent environ 55 à 75 francs les 100 kilos; mais celles qui sont d'une exécution plus soignée et constituent l'outillage principal des ateliers de construction, atteignent le prix de 100 à 125 francs les 100 kilos, et souvent même davantage.

Les outils de précision, les appareils de jaugeage et de mesurage, les petites machines destinées aux travaux spéciaux, sont d'une valeur trop variable pour qu'on puisse l'indiquer.

Les prix des machines similaires provenant des pays étrangers sont à peu près semblables aux nôtres.

Bien des circonstances influent sur les salaires des ouvriers travaillant à la fabrication des machines-outils. On peut seulement noter que les salaires des ouvriers allemands sont inférieurs de moitié à ceux des ouvriers français.

Les perfectionnements de la mécanique étant incessants, et la substitution du travail de la machine au travail à la main étant le vœu général, on peut prédire à cette industrie un développement considérable.

Statistique commerciale. — L'industrie des machines-outils pour le travail des métaux et du bois est actuellement en pleine prospérité; en effet, la création d'usines pour les nouvelles industries de l'automobilisme, du cycle, de l'électricité, etc., et les augmentations d'outillages nécessitées par la transformation du matériel d'artillerie et l'accroissement des constructions navales, ont beaucoup augmenté ses débouchés.

ANNÉES	IMPORTATIONS		EXPORTATIONS	
	POIDS	VALEUR	POIDS	VALEUR
	Kilogrammes.	Francs.	Kilogrammes.	Francs.
1889	13,510,000	»	11,380,000	»
1890	9,298,649	10,797,849	8,655,725	12,540,084
1891	10,431,894	12,019,751	7,323,645	11,732,650
1892	5,016,413	5,666,464	3,999,517	6,344,047
1893	3,066,408	3,465,041	2,866,509	4,643,745
1894	3,511,414	3,967,898	2,473,597	4,007,227
1895	4,360,237	4,927,068	2,604,799	4,219,774
1896	3,298,384	3,727,174	3,559,265	5,766,009
1897	4,822,444	5,545,811	2,961,557	4,738,491
1898	7,425,500	8,539,325	3,081,700	4,930,720

Il importe ici de remarquer que, depuis le commencement de l'année 1892, les machines non dénommées étant, dans les statistiques de la douane, séparées des machines-outils à travailler les métaux et le bois, les chiffres de 1892 à ce jour comprennent ces dernières machines seules, tandis que les chiffres des années 1889, 1890 et 1891 comprennent, en outre, les machines non dénommées.

Montrant que les exportations ont une certaine tendance à diminuer, tandis que les importations, depuis le commencement de 1897 et surtout en 1898, ont augmenté d'une façon appréciable, ces tableaux semblent indiquer que nos usines suffisent à peine aux besoins de notre consommation intérieure. Cette conclusion serait excessive; il faut, en effet, faire la part des besoins immédiats qu'ont eus les arsenaux de l'artillerie et de la marine, et les usines nouvellement créées.

Les différentes variétés. — Depuis l'Exposition de 1889, les progrès déjà réalisés ont pris un développement de plus en plus complet. Le travail des métaux à la machine est maintenant réglé avec une précision telle que, dans toutes les fabrications, les pièces de même genre sont presque toujours interchangeables.

RECENSEMENT PROFESSIONNEL (1896)

MACHINES-OUTILS

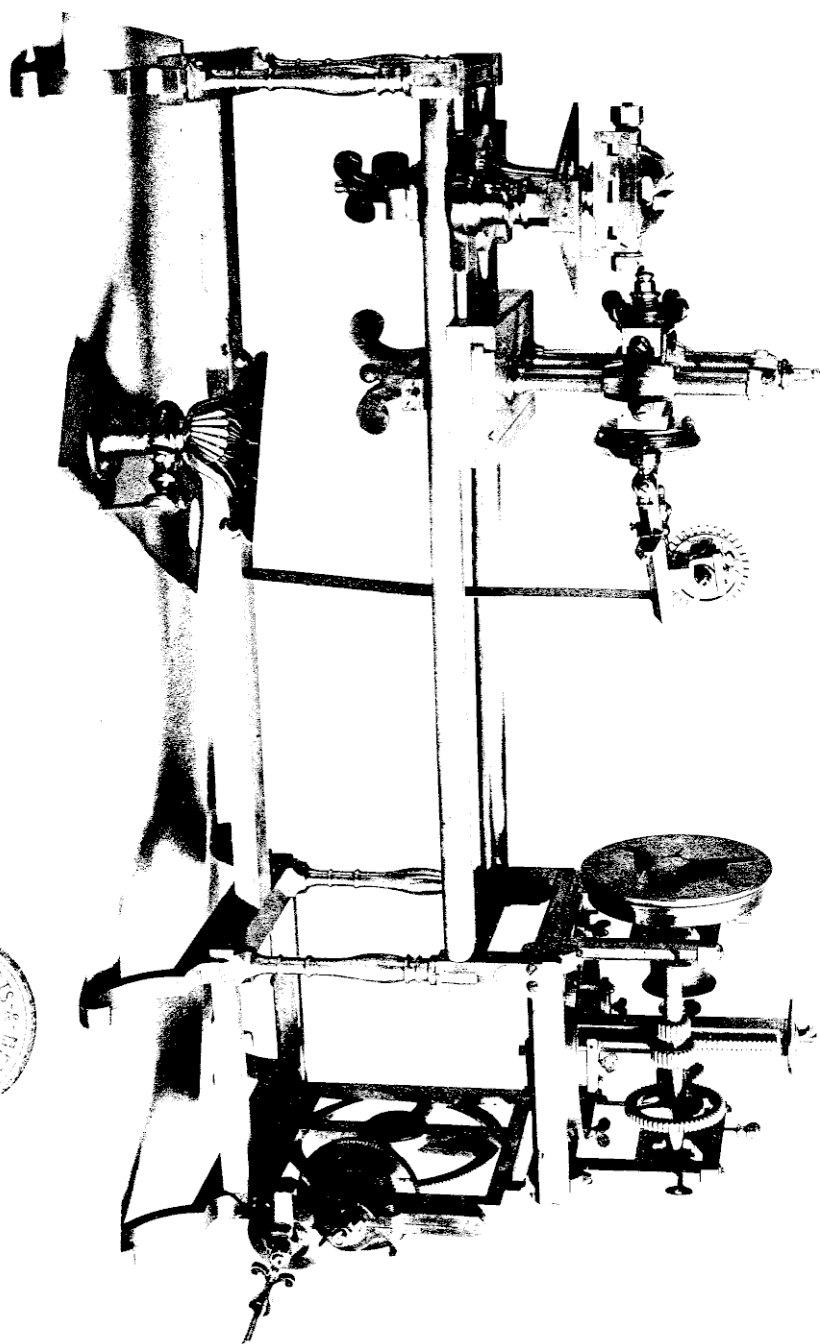
INDUSTRIES	NOMBRE TOTAL de personnes occupées.	NOMBRE TOTAL des établissements où travaillent plus de 5 personnes.	RÉPARTITION de ces établissements d'après le nombre des personnes occupées.			DÉPARTEMENTS où sont occupées le plus de personnes. — PROPORTION pour 100 du personnel total.
			0 à 50	50 à 500	plus de 500	
Construction mécanique (non spécialement désignée)...	64.000	1.164	1.019	137	8	Seine (18), Saône-et-Loire (15), Nord (13).
Construction de machines- outils, de machines à bois, de broyeurs, etc.....	4.100	45	26	17	2	Nord (53), Seine (22).
Fabrication de forets, vrilles, tarières, de filières et ta- rauds, etc. Taille d'en- grenages, ajustage méca- nique, etc.....	3.900	15	15	»	»	Seine (32).
Fabrication de meules à ai- guiser.....	300	12	11	1	»	Haute-Marne (4), Vosges (26), Haute-Saône (14).
Racillage de meules.....	130	»	»	»	»	»
Meulage.....	100	5	5	»	»	Seine (77).

L'emploi des machines à fraiser s'est singulièrement généralisé, et l'on est arrivé à leur faire façonner des pièces de toutes formes, même les plus compliquées. L'accroissement de la puissance de ces machines, l'augmentation des dimensions des fraises, la multiplicité des formes, ont permis d'appliquer ces outils aux fabrications les plus diverses. La précision exigée maintenant pour toutes les machines a amené les constructeurs à tailler les engrenages droits, coniques et hélicoïdaux, à l'aide de machines à diviser et tailler, dont l'emploi s'est considérablement répandu.

Les machines à meuler, avec meules et couronnes en émeri, corindon, etc., sont devenues d'un usage courant pour l'exécution des travaux précis et surtout pour la rectification des pièces trempées.

Les tours à revolver et à décolleter se sont multipliés, et l'on a vu leur emploi, joint à celui de la machine à fraiser, permettre la production de milliers de pièces semblables, absolument interchangeables.

Les machines à travailler le bois ont, de leur côté, réalisé de grands progrès, tant pour la quantité que pour la bonne exécution du travail effectué.



Tour de Vaucanson (1783).



Phototypie Berthaud, Paris

CATALOGUE DES TABLEAUX PHOTOGRAPHIQUES⁽¹⁾

I. MÉCANIQUE RATIONNELLE

11. Cinématique.

1. Defraire. — Excentrique à course variable.

(Brevet du 21 mai 1858. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1858, pl. 28.)

13. Dynamique.

132. — *Dynamique des gaz et vapeurs.*

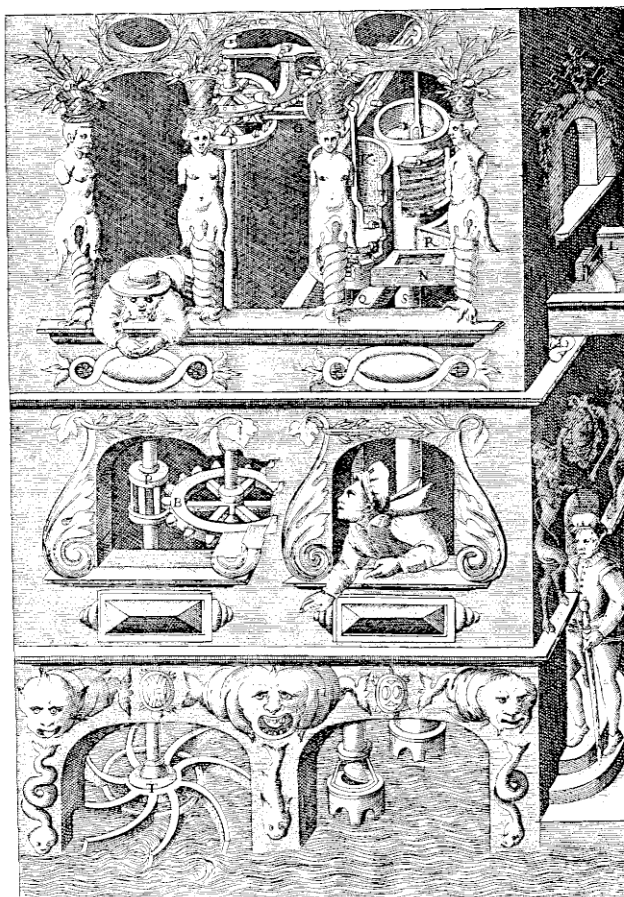
1. Pauwels. — Appareil nommé *gazo-compensateur*, destiné à régler la pression du gaz dans l'intérieur des conduites de distribution. Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mars 1852. Vol. LI, pl. 1209.)

2. Appareils employés pour la détermination de la force expansive de la vapeur d'eau.

(Extrait de la *Nouvelle Architecture hydraulique*, par de Prony, pl. 19. Édit. par Firmin-Didot, 1796.)

3. Courbes représentant les résultats d'expériences sur la détermination de la force expansive de la vapeur d'eau.

(Extrait de la *Nouvelle Architecture hydraulique*, par de Prony, pl. 20. Édit. en 1796.)



Ensemble d'une élévation d'eau.
(Gravure extraite de Ramelli, fig. 65.)

(1) Dans la recherche et le classement de ces documents, M. Digeon et son ingénieur M. Schreiber ont apporté au Comité d'organisation le concours le plus dévoué et le plus utile.

2. MACHINES MOTRICES

21. Moteurs animés.

1. **Durand** (Amédée). — Manège portatif en fer. (Présenté à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en juillet 1829. Vol. XXVIII, pl. 393.)

Monsieur

Les lettres dont vous m'avez honoré pour me notifier mon réélection à l'Académie, quoiqu'elles datent du 16 May ne m'ont été parvenues que le 25 de ce mois; ce délai a un peu retardé mes joies et ma reconnaissance. Comme je crains qu'il y ait des moments d'oubli de la part de l'Académie, je vous prie de me permettre de vous les envoyer, celles qui est adressée à votre illustre Compagnie ne contiennent qu'une faible expression de mes vives reconnaissances et du vœu de voir que j'ai de mériter l'honneur dont elle vient de me combler, j'oserois-je vous prier, Monsieur, de vouloir bien y suppléer vous même, et être auprès d'elle l'interprète de mon profond sentiment dont je suis pénétré à la vue de sa bonté? J'ai l'honneur d'être avec la plus grande considération et avec la plus sincère dévotion

Monsieur

à Berlin le 19
Juin 1732

Votre très humble et très
obéissant serviteur
Louis de la Grange

Lettre de Lagrange (1736-1813), au secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

22. Moteurs hydrauliques.

1. Radier de moulin.

(Extrait de l'Architecture hydraulique, par Belidor; liv. II, ch. 1, pl. 5. Edit. par Jombert. Paris, 1782.)

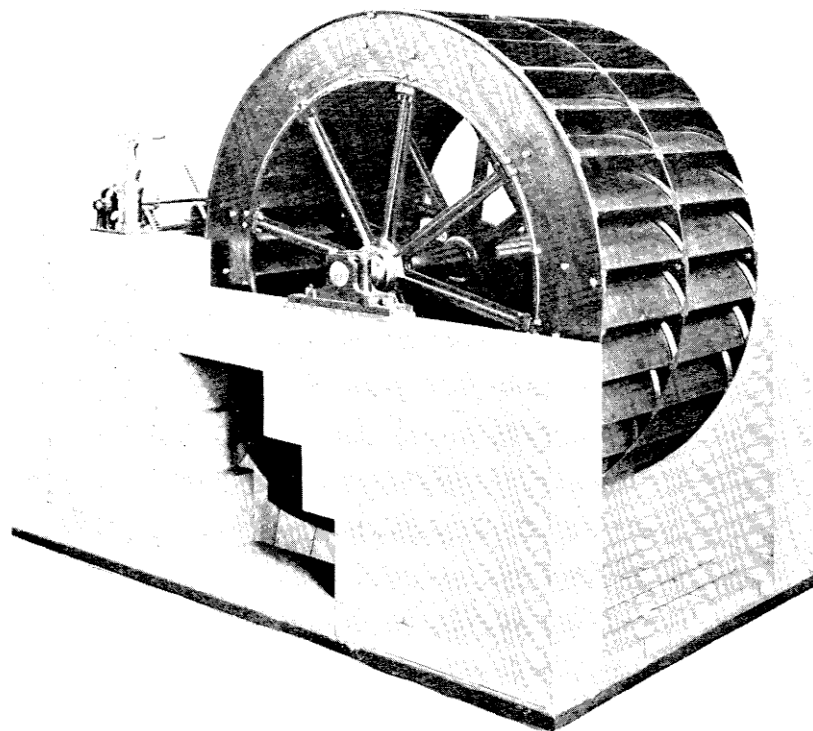
2. Moulin comme on les fait en Provence et en Dauphiné.

(Extrait de l'Architecture hydraulique, par Belidor; liv. II, ch. 1, pl. 4; Jombert. Paris, 1782.)

2 bis. Différentes manières de faire tourner les roues d'un moulin. — Turbine hydraulique.

(Extrait de l'*Architecture hydraulique*, par Belidor; liv. II, ch. 1, pl. 1; Jombert, Paris, 1782.)

2, 3. Sagebien. — Roue hydraulique « de côté », à niveau maintenu, dite *roue Sagebien*.



Roue à aubes courbes du général Poncelet, dernier tracé (1830).
(Conservatoire national des arts et métiers.)

4. Poncelet. — Roues hydrauliques verticales à aubes courbes, mues par dessous.

(Extrait du *Mémoire sur les roues hydrauliques à aubes courbes, mues par dessous*, par Poncelet. A Metz, V^{re} Thiel, édit., 1827.)

5. Kœchlin. — Turbine à l'admission de l'eau dans les roues hydrauliques.

(Brevet *original*, en date du 24 mai 1843.)

7. Kœchlin. — Turbine à double effet. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en novembre 1844. Vol. XLIII, pl. 942.)

9. André. — Turbine ou roue horizontale.

(Extrait du *Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques*, par Armand-
gaud aîné, pl. 20. A Paris, Morel, édit., 1868.)

10. **Jonval.** — Machine hydraulique, dite *turbine Jonval* ou *Veine virtuelle*.

(Brevet *original*, en date du 27 octobre 1841.)

a. Planche première }
b. — deuxième } Avec la signature de Jonval.
c. — troisième }

La même machine, sous le titre de :

Turbine hydraulique perfectionnée, appelée *Veine virtuelle*. (Deux gravures extraites de la *Publication des brevets*, année 1841, pl. 31 et 32.)

11. **Mannoury d'Ectot.** — Moteur hydraulique à réaction.

(Brevet du 20 décembre 1841. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1841, pl. 32.)

13. **E. de Canson.** — Turbine brevetée le 19 février 1847.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1847, pl. 47.)

14. **E. de Canson.** — Turbine centrifuge à axe horizontal, dite *turbine ruarale*, brevetée en 1847.

(Extrait du *Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques*, par Armen-gaud aîné, pl. 30, fig. 5 et 6. A Paris, Morel, édit., 1868.)

15. **Callon.** — Turbine hydraulique.

(Brevet *original*, en date du 19 octobre 1840.)

16. **Borda.** — Turbine ou roue horizontale.

(Extrait du *Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques*, par Armen-gaud aîné, pl. 11, fig. 24. A Paris, Morel, édit., 1868.)

17. **Girard (L.-D.).** — Pivot de turbine hydraulique.

(Extrait du *Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques*, par Armen-gaud aîné, pl. 34, fig. 6. A Paris, Morel, édit., 1868.)

18. **Girard.** — Appareil hydraulique, breveté le 17 juillet 1847 [2 tableaux].

(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1851-52, pl. 24.)

19. **Girard.** — Appareil hydraulique, breveté le 13 mars 1857 [2 tableaux].

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1857, pl. 65.)

20. **Girard.** — Moteurs hydrauliques (turbines).

(Brevet du 9 mars 1860 [2 tableaux]. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1860, pl. 36.)

21. **Girard.** — Turbine à vapeur, brevetée le 27 mars 1855.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 6.)

22. **Girard.** — Récepteur hydraulique à axe horizontal, dit *turbine*, breveté le 9 septembre 1853.

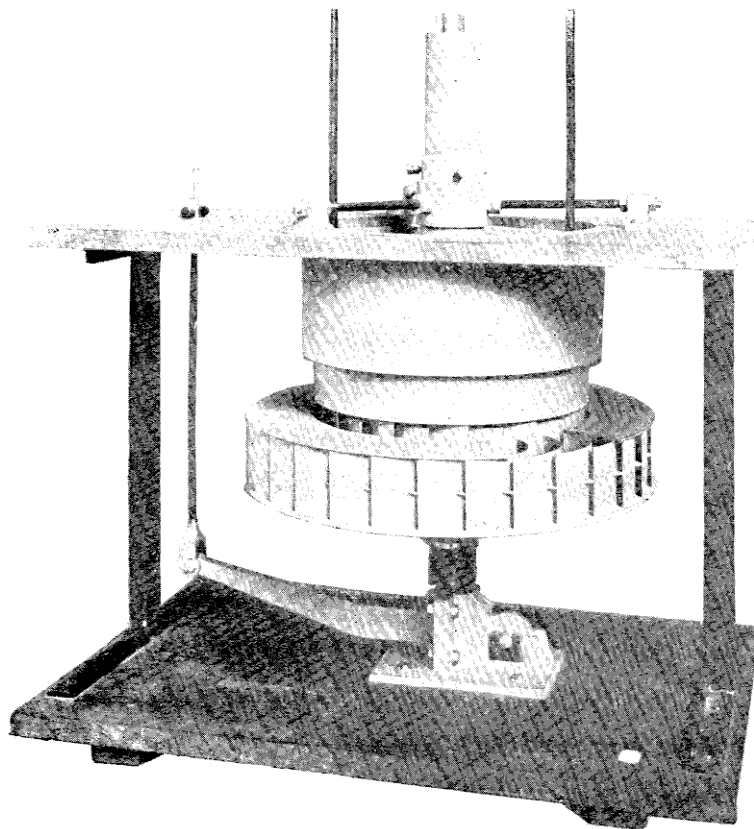
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1853, pl. 29.)

23. **Girard.** — Turbine établie dans l'usine Ménier. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1868. Vol. LXVIII, pl. 411.)

25. **Schlumberger.** — Turbine à réaction (brevet du 29 janvier 1857).
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1857, pl. 10.)

27. **Farcot.** — Turbine [certificat d'addition au brevet du 9 mai 1855].
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1854, pl. 43.)

28. **Fourneyron.** — Turbine hydraulique; roue à pression universelle et continue [2 tableaux].
(Brevet *original* en date du 24 octobre 1832.)



Turbine Fourneyron du Moulin de Saint-Maur.
(*Conservatoire national des arts et métiers.*)

28 *bis.* **Fourneyron.** — Turbines hydrauliques ou roues à palettes courbes de Belidor. (Soumises à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1834. Vol. XXXIII, pl. 567, 572, 573, 574.)

29. **Fontaine.** — Turbines hydrauliques à vannes partielles à niveau supérieur. (Soumises à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en février 1845. Vol. XLIV, pl. 947.)

30. **Fromont, Fontaine et Brault.** — Perfectionnement aux vannages de turbine.
(Brevet du 6 juin 1854. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1853-54, pl. 17 et suiv.)

23. Moteurs pneumatiques.

1. Andrau et Tessier du Motay. — Moteur à air comprimé.

(Brevet du 11 mai 1840. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1840, pl. 28.)

2. Mékarski. — Voiture automobile à air comprimé. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en décembre 1877. Vol. LXXVII, pl. 88.)

3. Franchot. — Machine à air, changement de température, milieu gazeux, etc. [3 tableaux].

(Brevet *original* en date du 27 décembre 1838.)



NICOLAS-LÉONARD-SADI CARNOT (1796-1832).

24. Moteurs thermiques.

1. Lenoir. — Moteur à air dilaté par la combustion du gaz enflammé par l'électricité.

(Brevet du 24 janvier 1860. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1859-60, pl. 39.)

241. — *Moteurs à vapeur (d'eau).*
— 2410, etc.

241. Mannoury d'Ectot. — Machine à vapeur.

(Brevet *original* en date du 14 août 1818.)

2410. 1, 2. Sadi Carnot (Portrait de). — Autographe du même. (Extrait des *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, par Sadi Carnot. — Paris, Bachelier, 1824.)

3. Farcot. — Machine à vapeur.

(Brevet du 1^{er} août 1853. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1853, pl. 21.)

2411. — *Chaudières.*

1. Hallette. — Chaudière, générateur de vapeur.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1835, pl. 28.)

2. Beslay. — Chaudière à vapeur.

(Brevet du 10 août 1839. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1839, pl. 48.)

3. Hirn et Schinz. — Appareil pour chaudière à vapeur.

(Brevet original du 2 août 1843.)

La chaleur n'est autre chose que la puissance motrice ^{ou plutôt que le mouvement de} ~~qui se change~~ ^{forme} ~~de~~ ^{est un mouvement} partout où il y a destruction de P_m et où il y a la même ~~une~~ production de chaleur en quantité précisément proportionnelle à la q^e de P_m détruite. ~~Proportionnellement~~ ^{Proportionnellement} partout où il y a destruction de Chaleur il y a production de P_m .

on peut donc poser en thèse générale que la P_m est en quantité invariable dans la nature qu'elle n'est jamais à proprement parler ni produite, ni détruite, qu'elle qui se ~~la~~ ^{sa} ~~crée~~ ^{crée} elle change de forme $P \rightarrow D$, qu'elle produit tantôt un ~~quelque~~ mouvement, tantôt un autre ~~mouvement~~ ^{mouvement} qu'elle ~~crée~~ ^{crée} toujours mais elle n'est jamais ~~anéantie~~ ^{anéantie}.

D'après quelques idées que je me suis formées sur la théorie de la chaleur, la production d'une Unité de puissance motrice nécessite la destruction de 2770 unités de chaleur.

Une machine qui produisant 20 unités de P_m par kilog de Charbon devant anéantir $\frac{20 \cdot 2770}{7000}$ la chaleur développée par le

Combustible $\frac{20 \cdot 2770}{7000} = \frac{5}{1000}$ en un $B \rightarrow D$ moy de $\frac{1}{100}$

Fragment d'un manuscrit autographe de Sadi Carnot.

3 bis. Le même appareil.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1843, pl. 32.)

4. Farcot. — Pouilleurs alimentaires de chaudières à vapeur.

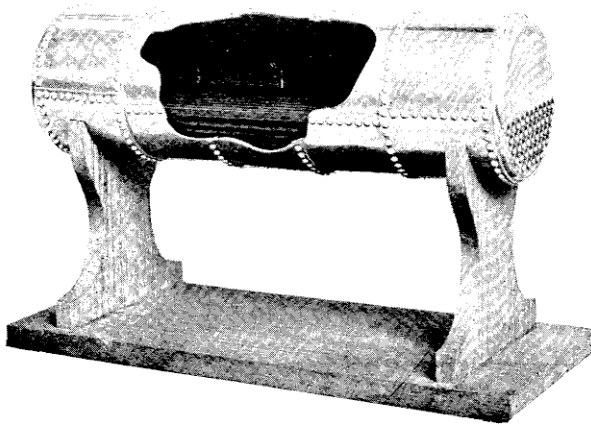
(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1844-45, pl. 69.)

4 bis. **Chaudière** et bouilleurs de la machine de M. Farcot. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en août 1849. Vol. XLVIII, pl. 1110.)

4 ter. **Perfectionnements** aux moyens de produire la vapeur, par M. Farcot.
(Brevet du 16 février 1854. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1854-55, pl. 44.)

5. **Belleville**. — Générateur de vapeur, breveté le 7 mai 1855.
(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1854-55, pl. 25.)

6. **Bède**. — Appareil à surchauffer la vapeur.
(Brevet du 2 juillet 1855. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 16.)



Modèle de la chaudière tubulaire de Marc Seguin 1827.
(Conservatoire national des arts et métiers.)

6 bis. **Stirn**. — Appareil à surchauffer la vapeur.

(Brevet du 12 novembre 1855. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 32.)

7. **Thomas, Pérignon et Laurens**. — Chaudière brevetée le 29 septembre 1855 [8 tableaux].

(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1855-56-57, planches diverses.)

8. **Pérignon**. — Chaudière brevetée le 29 septembre 1855.
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1856, pl. 1.)

2412. — Accessoires de chaudières.

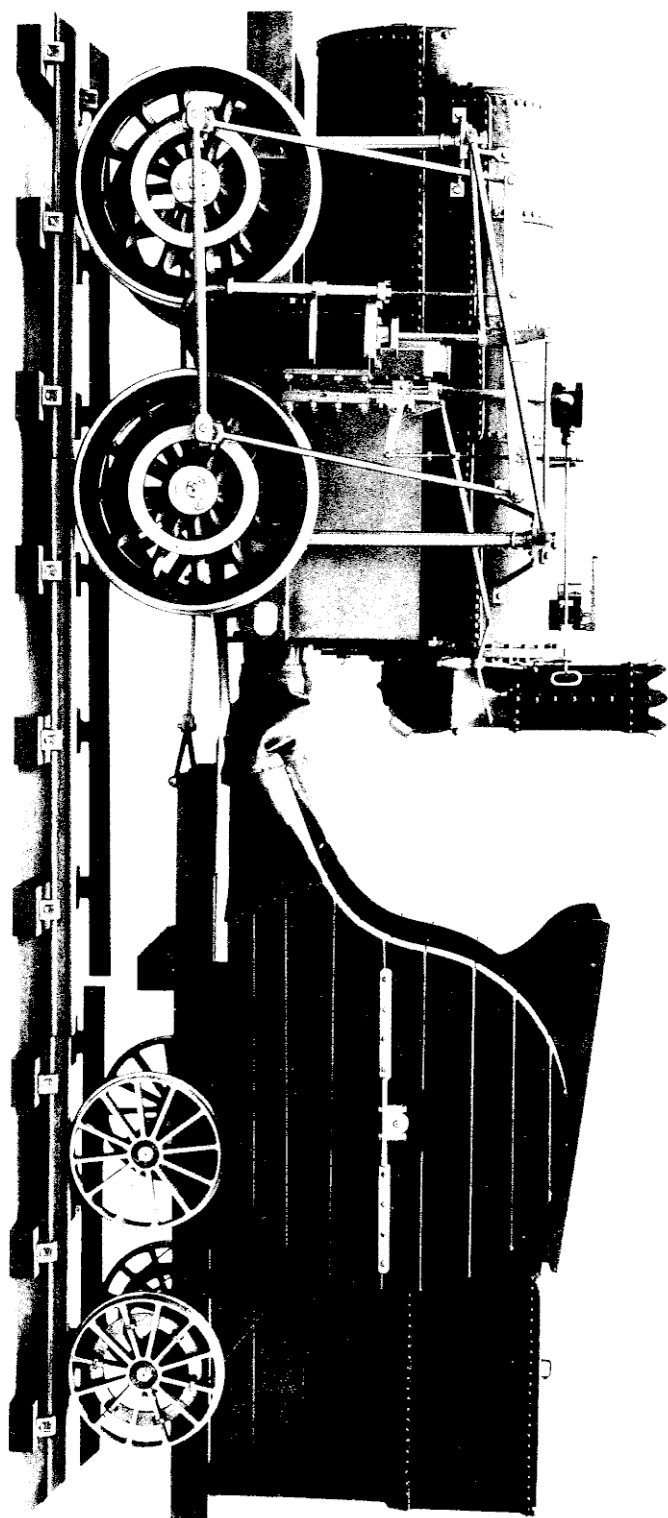
1. **Cail**. — Joints de tuyaux.
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1840, pl. 19.)

2. **Pecqueur**. — Condenseur et chaîne sans fin [machine à vapeur à détente, applicable aux usines et manufactures]. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1835. Vol. XXXIV, pl. 640.)

2 bis. **Edwards**. — Appareil réfrigérant pour la condensation de la vapeur.
(Brevet *original* en date du 20 octobre 1835.)

3. **Lemoine**. — Condenseur à triple effet [2 tableaux].
(Brevet *original* en date du 9 novembre 1836.)

4. **Chaligny et Guyot-Sionnest**. — Condenseur double à eau régénéré. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1888. Vol. LXXXVII, pl. 23.)



*Modèle, avec son tender, de la première locomotive tubulaire,
construite en 1827 par Marc Seguin, pour le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon.*

Phototypie Bertinard, Paris

5. **Bertin**. — Emploi de jets d'air comprimé lancés dans les cheminées pour obtenir le tirage des chaudières à vapeur. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1877. Vol. LXXVI, pl. 534, 535.)

6. **Divers fourneaux** fumivores : *a.* de Combes; *b.* de de Marsilly; *c.* de de Buzonnière; *d.* de Wye Williams; *e.* de Ebelmen. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mai 1855. Vol. LIV, pl. 38.)

7. **Thierry**. — Foyer fumivore, breveté le 27 janvier 1858.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1858, pl. 53.)

8. **Thierry fils**. — Appareil fumivore. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en février 1864. Vol. LXIII, pl. 290.)

9. **Chobrzynski**. — Grille à gradins dans les foyers, afin d'empêcher la fumée.

(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1855-56, pl. 22.)

10. **Stehelin**. — Moyen d'empêcher les fuites dans les tubes de machines locomotives et autres appareils à vapeur.

(Brevet *original* en date du 9 octobre 1839.)

11. Même objet.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1839, pl. 38.)

12. **Langlois**. — Tubes mobiles pour chaudières tubulaires. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en décembre 1869. Vol. LXIX, pl. 442.)

13. **Lethuillier**. — Flotteur magnétique à sifflet.

(Brevet du 26 octobre 1846. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1851-52, pl. 37.)

14. **Lethuillier-Pinel**. — Flotteur magnétique à sifflet. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en novembre 1854. Vol. LIV, pl. 30.)

15. **Edwards**. — Soupape à tiroir, à détente. (Présentée à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1837. Vol. XXXVI, pl. 687.)

16. **Bodmer**. — Soupapes et appareils de sûreté des chaudières à vapeur.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1857, pl. 55.)

2413. — *Machines à vapeur fixes.*

1. **Perrier frères**. — Première machine à feu, à double effet, exécutée à l'île des Cygnes, près Paris, pour faire mouvoir les moulins de MM. Perrier frères [8 tableaux].

a. Plan général; *b.* Plan général (partie supérieure); *c.* Elévation générale; *d.* Détails relatifs à la chaudière; *e.* Profil montrant l'intérieur du cylindre à vapeur, des parties relatives à la condensation, de la pompe à air, etc.; *f.* Détails du régulateur; *g.* Coupe du bâtiment contenant la machine; *h.* Coupe montrant l'intérieur de la machine.

(Extrait de la *Nouvelle Architecture hydraulique*, par de Prony, pl. 21, 22, 23, 24, 26, 28, 30, 31; Firmin-Didot, édit., 1796.)

2. **Perrier frères.** — Machine de Chaillot [2 tableaux].

a. Profil général; *b.* Coupe de la chaudière, élévation du récipient d'air, et vue extérieure de diverses autres parties de la machine.

(Extrait de la *Nouvelle Architecture hydraulique*, par de Prony [chez Firmin-Didot, 1796], pl. 38 et 39.)

3. **Perrier** (Jacques-Constantin). — Machine à vapeur d'extraction, construite en 1798, pour la mine de Litrzy (Calvados).

(Extrait d'un *Mémoire sur la houillère de Litrzy*, par L.-E.-F. Héricart de Thury, mentionné avec éloge à la Conférence des mines, le 8 prairial an VIII, 28 mai 1800).

4. **Cécile** (F.-C.) et **L. Martin**. — Machine à vapeur de Marly, construite en 1826 par Cécile. (Pièces fondues et forgées par le Creusot.) — Données principales : Force nominale : 90 chevaux ; Vitesse : 15 à 16 tours ; Basse pression, sans détente, à condensation ; 3 chaudières à 3 bouilleurs ; Inscription sur le cylindre : « Cette machine a été exécutée aux ateliers du Creusot, en 1823. Louis Martin, mécanicien français. »

5. **Farcot**. — Machine à vapeur (Distribution de).

(Brevet en date du 22 octobre 1836.)

6. **Solms**. — Distribution de vapeur pour bateaux.

(Brevet en date du 18 février 1843.)

8. **Combes** (Ch.). — Forces centrales pour liquides et fluides [3 tableaux].

(Brevets *originaux* en date du 24 août 1838 et du 21 avril 1840.)

Même objet. Machine universelle à force centrale.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1838, pl. 35.)

9. **Stehelin**. — Machine à condensation, brevetée le 10 septembre 1852.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1853, pl. 47.)

10. **Kœchlin**. — Machine à vapeur expansive à cylindre indépendant.

(Brevet *original* en date du 23 juillet 1834.)

10 *bis*. **Détentes** à vapeur appliquées aux machines fixes et locomotives, système de : Imbert, Farcot, Clapeyron. (Inventions soumises à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mars 1846. Vol. LV, pl. 983.)

10 *ter*. **Détentes** de vapeur appliquées aux machines fixes et locomotives, systèmes de : Meyer, Guntzenbach, Delpech, Kœchlin... (Inventions soumises à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1846. Vol. XLV, pl. 985.)

11. **Bourdon**. — Machine à vapeur brevetée le 10 décembre 1848.

(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1848-49, pl. 27.)

11 *bis*. **Normand**. — Puissance motrice par le surchauffage de la vapeur.

(Brevet *original* en date du 9 mars 1860.)

12. **Cavé.** — Machine mue directement par la vapeur.
(Brevet *original* en date du 19 novembre 1836.)
13. **Labeyrie.** — Clapet de retenue pour vapeur. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1887. Vol. LXXXVI, pl. 266.)
- 13 *bis*. **Polonceau.** — Détente variable, brevetée le 30 août 1858 [2 tableaux].
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1858, pl. 20.)
14. **Jobin.** — Tiroir équilibré pour distribution de vapeur [2 tableaux].
(Brevet du 13 avril 1858. Extrait de la *Publication des brevets*, année 1858-59, pl. 48.)
- Même numéro, même objet. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juillet 1858. Vol. LVII, pl. 148.)

2414. — *Machines à vapeur mobiles.*

2. **Dallery.** — Bateau à hélice, avec bateau à vapeur marchant sur les routes [4 tableaux].
(Brevet *original* en date du 2 octobre 1803.)
3. **Hallette.** — Machine à vapeur ambulante et noria [2 tableaux].
(Brevet *original* en date du 3 décembre 1823.)
4. **Hallette.** — Machine à vapeur dite *navale*.
(Brevet *original* en date du 29 décembre 1828.)
6. **Cavé.** — Machine à vapeur, à cylindres oscillants, applicable à la navigation. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1835. Vol. XXXIV, pl. 620.)
9. **Pecqueur.** — Chariot à vapeur.
(Brevet *original* en date du 25 avril 1828.)
12. **Calla.** — Machine à vapeur dite *locomobile*. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1853. Vol. LII, pl. 1260.)

242. — *Moteurs à air chaud.*

1. **Kœchlin.** — Appareil alimentaire d'air chaud sans aucune force motrice.
(Brevet *original* du 20 décembre 1833.)
2. **Farcot.** — Machine à air chaud surchauffé.
(Brevet du 9 mai 1855. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 43.)
- 2 *bis*. **Laubereau.** — Moteur à air. (Brevet du 15 juillet 1860. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1860, pl. 15.)
3. **Franchot.** — Moteur à air dilaté ou à gaz.
(Brevet du 27 décembre 1838. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1838, pl. 21 à 24.)

3 *bis*. **Franchot**. — Machine à air chaud [3 tableaux].

(Brevet du 21 février 1853. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1852-53, pl. 28.)

7. **Belou**. — Machine à air chaud. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1867. Vol. LXVI, pl. 352.)

243. — *Moteurs à gaz.*

3. **Lenoir**. — Moteur à gaz, breveté le 24 janvier 1860. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juillet 1861. Vol. LX, pl. 231.)

244. — *Moteurs thermiques divers.*

5. **Verdat du Tremblay**. — Moteur à éther, breveté le 17 janvier 1842 [2 tableaux].

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1842, pl. 9 et 10.)

6. **Martin**. — Moteur à éther, breveté le 6 juillet 1857.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1857, pl. 54.)

3. TRANSMISSION DU TRAVAIL

30. Généralités.

1. **Pouyer-Quertier**. — Embrayage et désembrayage de deux moteurs.

(Brevet du 1^{er} septembre 1847. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1848-49, pl. 27.)

2. **Kœchlin**. — Embrayage expansible et à jonction.

(Brevet du 28 février 1849. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1848-49, pl. 43.)

3. **Achard**. — Embrayeur électrique, breveté le 30 mai 1856.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1856, pl. 37.)

3 *bis*. **Achard**. — Embrayeur électrique pour l'alimentation des chaudières, breveté le 30 mai 1856.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1856, pl. 53.)

4. **Mauzaize**. — Appareils d'embrayage et débrayage, brevetés le 30 novembre 1858.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1859, pl. 12.)

6. **Dobo**. — Encliquetage. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1815. Vol. XIV, pl. 127.)

7. **Pouyer-Quertier** fils. — Système d'embrayage et de débrayage à cliquet pour la jonction des moteurs. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en novembre 1850. Vol. XLIX, pl. 1170.)

8. **Raffard**. — Manchon élastique d'accouplement des arbres de transmission. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1886. Vol. LXXXV, pl. 549.)

9. **White**. — Engrenages, photographiés d'après le modèle du Conservatoire des Arts et Métiers. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en 1813.)

31. Transmissions mécaniques.

1. **Galle** (André). — Chaîne sans fin, à engrenage [2 tableaux] :

a. Brevet *original* en date du 29 juillet 1829. *b.* Gravure du même objet. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en septembre 1832. Vol. XXXI, pl. 522.)

2. **Martenot**. — Chaîne sans fin, inventée en 1706.

(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*, t. II, pl. 108.)

3. **Decoster**. — Poulies de transmission, brevetées le 26 novembre 1857.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1857, pl. 2.)

4. **Hirn**. — Poulies de transmission pour câble métallique.

(Brevet *original* en date du 21 juin 1860.)

5. **Durand** (Y.). — Monte-courroie. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1869. Vol. LXIX, pl. 432 B.)

6. **Achard**. — Frein à embrayage électrique pour wagons de chemins de fer. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juillet 1867. Vol. LXVI, pl. 364.)

7. **Martin et Du Tremblay, Smith et Hardy**. — Freins à vide. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en 1882. Vol. LXXXI, pl. 144.)

8. **Pecqueur**. — Graissage des axes de machines, appliqué à une machine de l'invention de l'auteur. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1828. Vol. XXVII, pl. 316.)

9. **Decoster**. — Graisseurs pour patins, brevetés le 23 mars 1847.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1847, pl. 33.)

10. **Coquatrix**. — Graissage des machines.

(Brevet du 20 septembre 1861. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1852-53, pl. 9.)

11. **Mauzaize aîné.** — Boîtards lubrificateurs, pour moulins à blé. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1856. Vol. LV, pl. 77.)
12. **Possoz.** — Boîte « à antifriction », brevetée le 15 juin 1855.
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 4.)
13. **Dietz.** — Boîte à graisse pour roues.
(Brevet du 6 avril 1855. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 19.)
15. **Jacoud.** — Graisseur automatique, breveté le 4 juillet 1856.
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1856, pl. 20.)
16. **Courcier.** — Graisseur automatique. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mars 1866. Vol. LXV, pl. 336.)
17. **Mondran** (N. de). — Machine pour diminuer les frottements inventée en 1725.
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*, t. II, pl. 254. Année 1777.)
18. **Jean et Hugues.** — Galets sans frottement, brevetés le 24 juin 1854 [2 tableaux].
(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1853-54, pl. 25.)
20. **Mauzaize.** — Poulie d'embrayage. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1859. Vol. LVIII, pl. 180.)

33. Appareils régulateurs.

1. **Le R. P. Péronnier.** — Régulateur inventé en 1746, perfectionné par M. Le Roy fils.
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*, t. V, pl. 476.)
2. **Molinié (L.).** — Régulateur mécanique [2 tableaux] : *a.* Brevet *original*, en date du 17 août 1837 ; *b.* Le même appareil, sous ce libellé : Régulateur à insufflation, applicable aux moteurs hydrauliques et à vapeur. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en septembre 1841. Vol. XL, pl. 837.)
3. **Molinié (L.).** — Régulateur, breveté le 26 février 1846.
(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1845-46, pl. 29.)
4. **Larivière.** — Régulateur à détente.
(Brevet du 8 juillet 1845. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1845, pl. 21.)
5. **André** (M^{me} veuve). — Régulateur de turbine.
(Brevet du 22 octobre 1853. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1853, pl. 48.)

6. **Moison.** — Régulateur de moteur.
(Brevet du 21 novembre 1854. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1854-55, pl. 7.)
 7. **Mazeline.** — Régulateur de pression pour machines motrices.
(Brevet du 26 mai 1858. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1858, pl. 28.)
 8. **Duvoir.** — Régulateur sphérique à force centrifuge.
(Brevet du 10 janvier 1860. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1859-1860, pl. 26.)
 9. **Yvon Villarceau.** — Régulateur isochrone. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en décembre 1875. Vol. LXXIV. pl. 36.)
 10. **Foucault** (Léon). — Schémas divers de régulateurs.
(Extrait du *Recueil des travaux scientifiques de Léon Foucault*; Paris, Gauthier-Villars, 1878.)
 11. **Foucault** (Léon). — Régulateurs divers [2 tableaux].
(Extrait du *Recueil des travaux scientifiques de Léon Foucault*; Paris, Gauthier-Villars, 1878.)
-

4. MACHINES ÉLÉVATOIRES ET MACHINES DE COMPRESSION

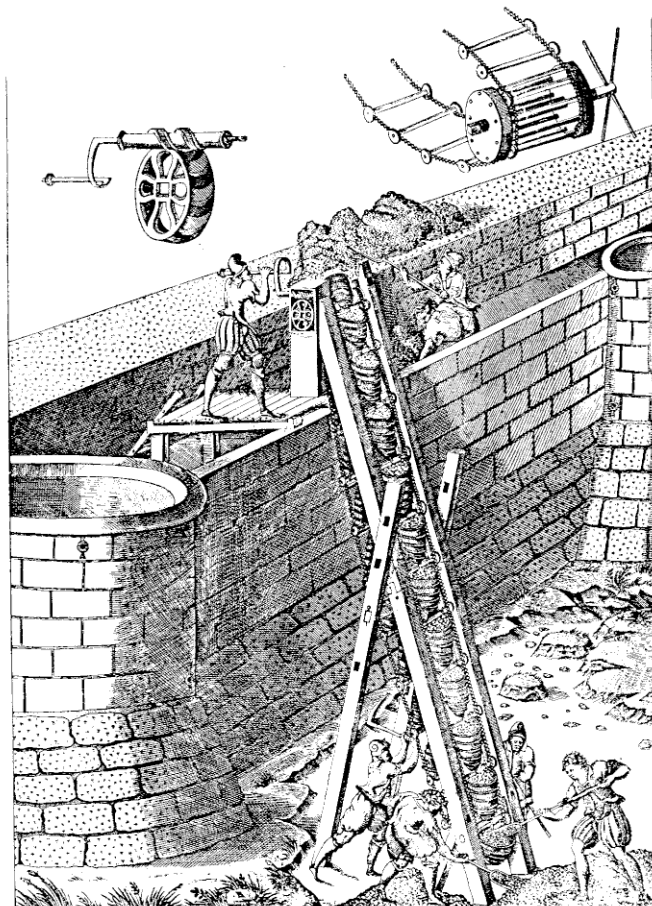
41. Élévation des solides.

1. **Régnier.** — Echelle à incendie. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en germinal an VI. Rapport fait en messidor an XI. Vol. I. pl. 4.)
2. **Kermarec.** — Nouvelle échelle à incendie. Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en novembre 1824. Vol. XXIII. pl. 271.)
- 3 et 4. **Gobert.** — Deux crics inventés en 1701.
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*, t. I, pl. 66 et 67. Année 1776.)
5. **Le R. P. Ressin.** — Manière d'élever les matériaux dans les constructions du bâtiment, inventée en 1724.
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*, t. II, pl. 149.)
6. **Voruz.** — Grue hydraulique, brevetée le 9 novembre 1853.
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1853, pl. 38.)

7. **Neustadt** [4 tableaux] : *a, b, c.* Grues brevetées le 23 novembre 1855; *d.* Perfectionnement des grues précédentes.

(Extraits de la *Publication des brevets*, année 1856, pl. 26.)

8. **Chrétien**. — Grue à vapeur, à traction directe. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1872. Vol. LXXI, pl. 469.)



Théâtre des instrumens mathématiques et mécaniques de Jaques Besson, Dauphinois, docte mathématicien : avec l'interprétation des figures d'icelui par François Beroald. — A Genève, par Jaques Chouet et de Jean de Laon, 1594, in-fol°.

(Bibliothèque de l'Arsenal.)

9. **Dalesme**. — Cric nouveau, monté en 1700.

(Extrait des *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, année 1717, pl. 12.)

42. Élévation des liquides.

Morland. — Élévation des eaux par toute sorte de machines [2 tableaux].

(Planches extraites de l'ouvrage de Morland, daté de 1685 : *Élévation des eaux par toute sorte de machines, réduite à la mesure, au poids, à la balance, par le moyen d'un nouveau*

piston et corps de pompe, et d'un nouveau mouvement cyclo-elliptique, etc., par le chevalier Morland. — L'exemplaire prêté pour exécuter la photographie appartient à la bibliothèque de l'Ecole polytechnique.)

1. **Machine de Marly.**

(Extrait de l'*Architecture hydraulique*, par Belidor, t. II, l. III, ch. iv, pl. 17 et 18. Paris, 1782; Jombert, édit.)

2. **Machine hydraulique** appliquée au Pont-Neuf, à Paris [2 tableaux]. *a.* Bâtiment de la machine.

(Extrait de l'*Architecture hydraulique*, par Belidor, t. II, l. III, ch. iv, pl. 8. Paris, 1782; Jombert, édit.)

b. Profil de la machine; plan du radier.

(Extrait du même ouvrage, t. II, l. III, ch. iv, pl. 9.)

3. **Le Demour.** — Machine pour élever l'eau, inventée en 1732 [pompe centrifuge].

(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*, vol. II, pl. 364; année 1777.)

4. **Moulin à chapelet** employé à la construction des écluses du canal de Mardick.

(Extrait de l'*Architecture hydraulique*, par Belidor, t. I, l. II, ch. iv, pl. 4. Paris, 1782; Jombert, édit.)

5. **Machine à chapelet.** Roue à godets.

(Extrait de l'*Architecture hydraulique* par Belidor, t. I, l. II, ch. iv, pl. 4. Paris, 1782; Jombert, édit.)

6. **Pompe** pour épuiser les eaux des fondations. Auge à soupapes.

(Extrait de l'*Architecture hydraulique*, par Belidor, t. I, l. II, ch. iv, pl. 6. Paris, 1782; Jombert, édit.)

7. **Belidor.** — Roue à saux, pour élever l'eau.

(Extrait de l'*Architecture hydraulique*, par Belidor, t. I, l. II, ch. iv, pl. 9. Paris, 1782; Jombert, édit.)

8. — **Francini** (N. de). — Machine hydraulique présentée à l'Académie en 1668.

Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. I, pl. 46, année 1776.)

9. **Mey et Meyer.** — Machine pour élever l'eau par le moyen du feu et le poids de l'atmosphère, inventée en 1726.

(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. II, pl. 282, année 1777.)

10. **Amontons.** — Pompe pour élever l'eau, inventée avant 1699.

(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. I, pl. 29; année 1776.)

11. **Genssane** (P. de). — Machine pour élever l'eau par le moyen du feu, inventée en 1744.

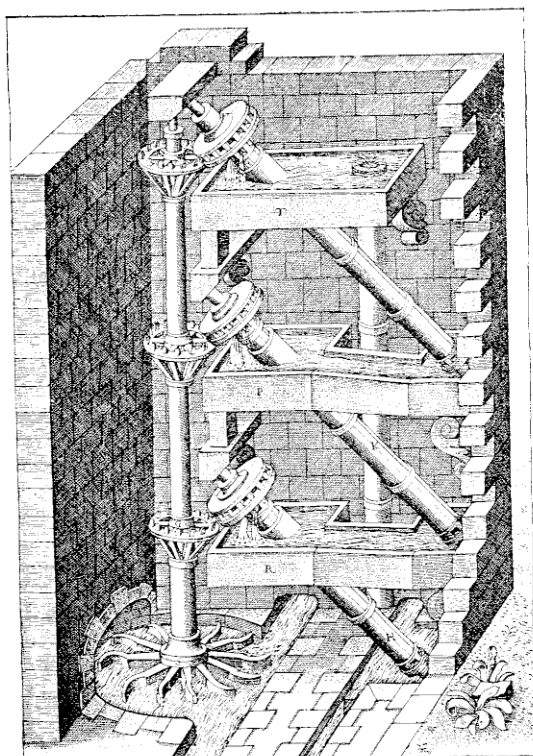
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. V, pl. 463.)

12. [2 tableaux]. — *a. Nouvelle machine* pour élever l'eau d'une chute au-dessus de sa source.

(Extrait de l'*Architecture hydraulique*, par Belidor, t. II, l. IV, ch. 1, pl. 1. Paris, 1782; Jombert, édit.)

— *b. Représentation en perspective* de la machine précédente.

(Extrait du même ouvrage, t. II, l. IV, ch. 1, pl. 4.)



Application de la vis d'Archimède.

(Gravure extraite de : *Le diverse et artificiose del machine del capitano Agostino Ramelli...* — Paris, 1588, in-fol°.)

13. **Bollée.** — Béliet hydraulique, breveté le 16 mars 1857.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1857, pl. 35.)

14. **Pecqueur.** — Machine hydraulique [pompe artésienne].

(Brevet *original* en date du 19 février 1824.)

15. **Farcot.** — Machine pour élever les eaux de la Loire, établie aux Ponts-de-Cé. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en septembre 1856. Vol. LV, pl. 83.)

16. **Gosset et La Deuille.** — Nouvelle espèce de piston.

(Extrait des *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, année 1762, pl. 1.)

17. **X*****, armurier à Semur. — Machine ou pompe pour élever l'eau dans les incendies, inventée avant 1699.

(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*, Vol. I, pl. 47; année 1776.)

18. **Pompe** pour éteindre les incendies.

(Extrait de l'*Architecture hydraulique*, par Belidor, t. II, l. III, ch. iv, pl. 13. Paris, 1782; Jombert, édit.)

19. **Letestu.** — Pompe à piston brisé.

(Brevet *original* en date du 27 novembre 1838.)

19 bis. **Letestu et C^{ie}.** — Pompe à incendie [2 tableaux].

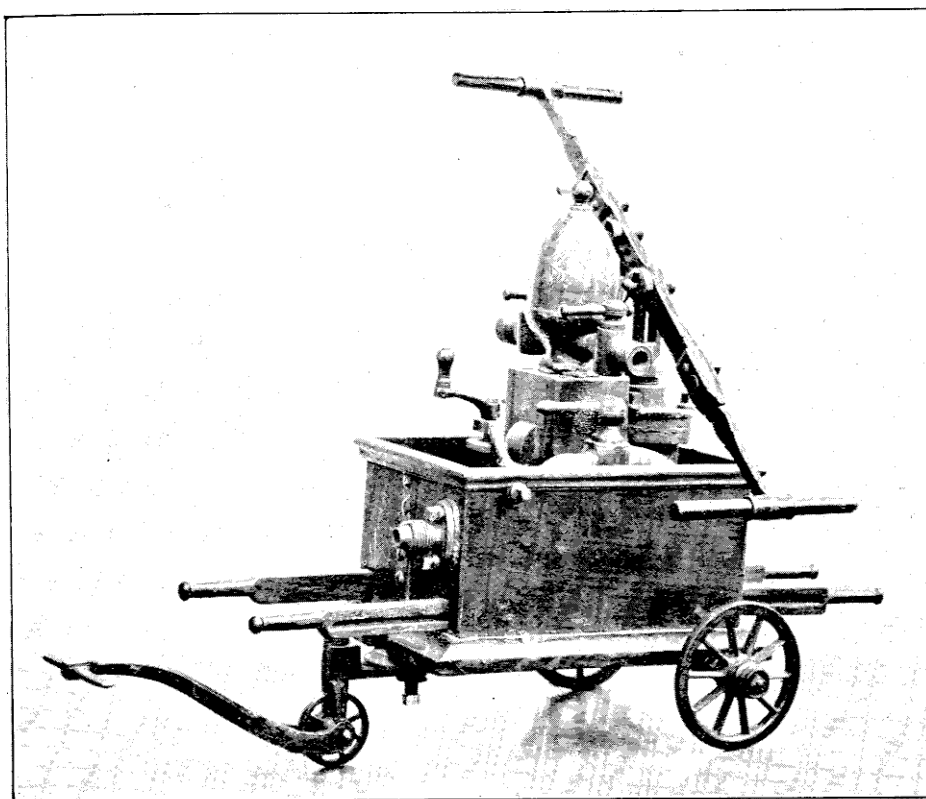
(Brevet du 26 avril 1844. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1844, pl. 9.)

19 *ter*. **Letestu.** — Pompes brevetées le 30 décembre 1850.

(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1851-52, pl. 31.)

21. **Ducrest.** — Pompe tournante, ou à force centrifuge.

(Extrait des *Essais sur les machines hydrauliques*, par Ducrest. Paris, 1777; Esprit, édit.)



Modèle de pompe à incendie, époque du premier Empire.
(Collection de M. François Carnot.)

43. Compression et mouvement des gaz.

1. **Petit.** — Assemblage des tuyaux.

(Brevet du 30 décembre 1852. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1852-53, pl. 33.)

2. **Chameroy.** — Assemblage de tuyaux en métal.

(Brevet du 7 septembre 1853. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1853, pl. 17.)

3. **Thilorier** [4 tableaux]. — *a.* Pompe à trois cylindres, propres à comprimer les gaz, d'après la théorie qui a obtenu en 1829 le prix de Mécanique fondé par de Montyon. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en septembre 1830. Vol. XXIX, pl. 443, 444.)

— *b, c, d.* Le même objet, d'après le brevet *original*, en date du 16 mai 1831.

4. **Cailletet.** — Pompe pour comprimer le gaz. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1882. Vol. LXXXI, p. 260.)

5. **Isnard.** — Presse continue à double effet, pour l'extraction du suc de betterave propre à la fabrication du sucre.

(Mémoire présenté à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en septembre 1813. Vol. XII, pl. 103.)

6. **Hallette.** — Presse hydraulique à double effet et mouvement continu.

(Brevet *original* en date du 15 mai 1824.)

8. **Desgoffe et Ollivier.** — Presse « sterhydraulique ». (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1868. Vol. LXVII, pl. 372.)

9. **Samain.** — Presse à vis, horizontale [2 tableaux].

(Brevet *original* en date du 20 janvier 1836.)

9 bis. **Samain.** — Presse à genoux. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mai 1861. Vol. LX, pl. 227.)

9 ter. **Samain.** — Nouveau système de presse à vis. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en février 1868. Vol. LXVII, pl. 392.)

10. **Cagniard de Latour.** — Vis soufflante connue sous le nom de *Cagniardelle*. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mai 1834. Vol. XXXIII, pl. 601.)

11. **Bourdon.** — Ventilateur breveté le 31 décembre 1855.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 52.)

12. **Fabry.** — Ventilateur pour l'aérage des mines. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1853. Vol. LII, pl. 1263.)

13. **Texal.** — Soufflet de forge inventé en 1729.

(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. V, pl. 337.)

5. MESURE DES QUANTITÉS MÉCANIQUES

51. Mesure des poids.

Santorius. — Balance-bascule. (Photographie du modèle du Conservatoire des Arts et Métiers.)

1. **Raffard.** — Balance dynamométrique. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1882. Vol. LXXXI, pl. 143.)

2. **Montaignac** (N. de). — Machine à essayer la force des câbles en fer. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en 1827. Vol. XXVI, pl. 334.)

2 bis. **Fesquet.** — Bascule à transport.

(Brevet *original* en date du 18 février 1829.)

3. **Le Blanc.** — Appareils hydrauliques fixes et portatifs pour peser les voitures [2 tableaux].

(Brevet *original* en date du 30 juin 1843.)

4. **Sagnier.** — Balance-basculé « romaine », pour les poids de 20 000 kil. et au delà.

(Brevet du 29 mai 1844. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1844, pl. 12.)

5. **Béranger.** — Balance, brevetée le 9 juin 1845.

(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1845, pl. 10.)

6. **Béranger.** — Basculé de pesage, brevetée le 2 décembre 1847.

(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1848-49, pl. 33.)

6 bis. **Béranger et Haag.** — Pont-basculé, breveté le 8 décembre 1835.

(Brevet *original*.)

6 ter. **Béranger et Haag.** — Balance et basculé portative.

(Brevet *original* en date du 8 décembre 1835.)

7. **Schwilgué.** — Basculé à peser les voitures.

(Brevet *original* en date du 5 juillet 1823.)

7 bis. **Schwilgué.** — Balance à pont.

(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1845-46, pl. 300.)

8. **Falcot.** — Balance (basculé) à double fléau.

(Brevet du 28 novembre 1857. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1858, pl. 27.)

9. **Chéret.** — Mécanisme propre à mouvoir les balanciers. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mai 1861. Vol. LX, pl. 222.)

10. **Chameroy fils.** — Basculé de pesage, dite « à contrôle ». (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1876. Vol. LXXVI, pp. 20 et 21.)

12. **Guillaumin.** — Pont à basculé. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en février 1888. Vol. LXXXVII, p. 66.)

13. **Quintenz.** — Balance à l'usage du commerce, dite « balance portative ».

(Brevet *original* en date du 4 décembre 1821.)



HENRI-ÉDOUARD TRESCA.
de l'Académie des sciences
1814-1885.

15. **Hirn.** — Balance de frottement et dynamomètre. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale* en octobre 1856. Vol. LV, pl. 87.)

17. **Rollé.** — Balance à pont pour les voitures [4 tableaux].
(Brevet *original* en date du 14 décembre 1827.)

18. **Rollé.** — Balance de ménage.
(Brevet *original* du 31 janvier 1832.)

19. **Roberval.** — Nouvelle balance [année 1730].
(Extrait des *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, t. X, pl. 1.)

52. Mesure des forces.

2. **Morin (A.)** — Appareils dynamométriques proposés pour mesurer la force des moteurs animés, ou les efforts de traction ainsi que les quantités de travail qu'ils développent. [2 tableaux]. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mai 1837. Vol. XXXVI, pl. 692.)



Général ARTHUR-JULES MORIN 1795-1880.
de l'Académie des sciences.

3. **Régnier.** — Dynamomètre pour connaître et comparer les différents degrés de force des laines. (Présenté à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en novembre 1812. Vol. XI, pl. 93.)

3 bis. **Régnier.** — Dynamomètre. Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1817. Vol. XVI, pl. 148.)

4. **Clair.** — Dynamomètre de traction. Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1857. Vol. LVI, pl. 103.)

4 bis. **Clair.** — Dynamomètre de rotation applicable aux machines à vapeur. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1857. Vol. LVI, pl. 104.)

5. **Perreaux.** — Instrument dynamométrique pour essayer la qualité des tissus et des fils. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juin 1853. Vol. LII, pl. 1261.)

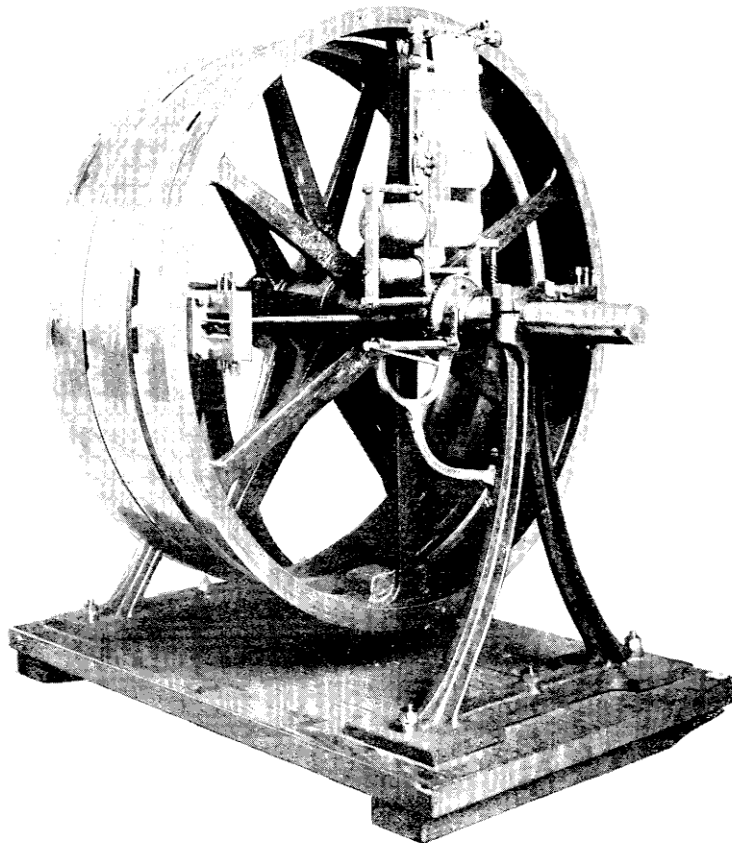
6. **Desdouits.** — Dynamomètre d'inertie, pour l'observation des efforts développés dans les systèmes en mouvement. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1886. Vol. LXXXV, p. 536.)

7. **Hachette.** — Balance ou romaine dynamométrique. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1828. Vol. XXVII, pl. 355.)

9. **Taurines.** — Dynamomètre à rotation.

(Brevet du 10 juillet 1850. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1850-51, pl. 42.)

10. **Carpentier et Deprez** (Marcel). — Freins dynamométriques. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mars 1880. Vol. LXXIX, p. 449-450.)



Dynamomètre de rotation du général Morin.
(*Conservatoire national des arts et métiers.*)

53. Mesure des pressions.

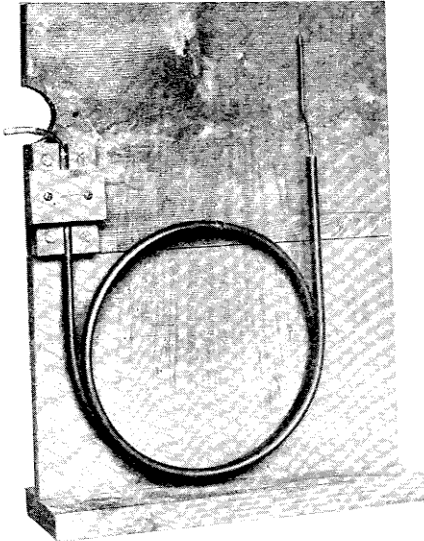
1. **Richard.** — Manomètre breveté le 28 novembre 1844.

(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1844-45, pl. 40.)

2. **Galy-Cazalat.** — Manomètre court, à tube ouvert. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en novembre 1846. Vol. XLV, pl. 1009.)

3. **Galy-Cazalat.** — Manomètre court, à air libre. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1850. Vol. XLIX, pl. 1159.)

4. **Bourdon** (Eugène). — Manomètre breveté le 18 juin 1849.
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1849, pl. 30.)



Premier manomètre métallique d'Eugène Bourdon 1849.

5. **Bourdon** (Eugène). — Manomètres métalliques, sans mercure, pour indiquer la pression de la vapeur dans les chaudières. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1851. Vol. L, pl. 1183.)

5 bis. **Bourdon** (Eugène). — Manomètres et autres appareils faits avec tubes métalliques à section non circulaire.

(Brevet du 24 décembre 1855. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 9.)

6. **Desbordes**. — Manomètres pour machines.
(Brevet du 11 mai 1847. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1851-52, pl. 1.)

7. **Desbordes**. — Manomètre métallique. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juillet 1856. Vol. LV, pl. 78.)

8. **Boquillon**. — Régulateurs pour l'écoulement des gaz ou des liquides [2 tableaux].
(Brevet du 20 juin 1839. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1839, pl. 2.)

54. Mesure des temps et vitesses.

1. **Régnier**. — Anémomètre portatif et comparable, destiné à faire des observations sur la force des vents en pleine mer. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en décembre 1816. Vol. XV, pl. 143.)

2. **Jacquemier**. — Cinémomètre. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en février 1880. Vol. LXXIX, pl. 110.)

- 5, 6. **Schwilgué**. — Compteur mécanique [2 tableaux]. — a) Brevet original en date du 24 décembre 1844. — b) Gravure extraite de la *Publication des brevets*, années 1844-45, pl. 63.

7. **Evrard**. — Compteur indiquant la marche des machines.
(Brevet du 12 février 1846. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1845-46, pl. 24.)

8. **Deniel**. — Tachomètre. Instrument pour mesurer la vitesse de rotation des axes, ou de translation des véhicules.

(Brevet du 25 mai 1849. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1852-53, pl. 19.)

55. Mesure des volumes.

1. **Girard.** — Compteur d'eau, breveté le 10 mars 1853.
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1853, pl. 50.)
2. **Couronne.** — Compteur hydraulique, breveté le 28 octobre 1859.
(Extrait de la *Publication des brevets*, années 1859-1860, pl. 4.)
3. **Fragier.** — Compteurs d'eau, modèles 1878 et 1883. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juillet 1885. Vol. LXXXV, pp. 124, 125.)

56. Mesure du travail.

2. **Garnier (Paul).** — Compteur pour moteur, machine à vapeur.
(Brevet *original* en date du 29 décembre 1843.)
3. **Lapointe et Garnier.** — Totalisateur du travail, employé aux machines atmosphériques du chemin de fer (ancien) de Saint-Germain. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en septembre 1851. Vol. L, pl. 4196.)
4. **Clair.** — Indicateur dynamométrique applicable aux machines à vapeur. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1854. Vol. LIII, pl. 26.)

57. Mesures diverses.

1. **Prony (G. de).** — Frein dynamométrique.
(Extrait du *Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques*, par Armengaud aîné, pl. 34, fig. 2. — Paris, 1868, Morel, édit.)
 3. **Palmer.** — Calibre à vis et vernier circulaire.
(Brevet du 7 septembre 1848. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1847-49, pl. 46.)
-

6. DIVERS

1. **Cavé.** — Marteau-pilon pour le cinglage des loupes de fer, fonctionnant par l'action directe de la vapeur. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en juillet 1848. Vol. XLVII, p. 1066.)
2. **Farcot.** — Marteau-pilon à vapeur.
(Brevet du 26 mars 1853. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1854-55, pl. 6.)

3. **Calla.** — Machine à aléser les corps de pompe et les cylindres des machines à vapeur [2 tableaux]. (Présentée à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1823. Vol. XXII, pl. 234.)
4. **Cavé.** — Machine à aléser verticalement les cylindres des machines à vapeur [2 tableaux]. Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1842. Vol. XLI, pl. 879.)
5. **Cavé.** — Machine à mortaiser, aléser, tourner et raboter verticalement l'intérieur et l'extérieur des grosses pièces métalliques. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1842. Vol. XLI, pl. 872.)
6. **Mazeline.** — Machine à chanfreiner les tôles.
(Brevet du 6 décembre 1869. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1860, pl. 12.)
7. **Calla père et fils.** — Machine à percer la fonte de fer. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1830. Vol. XXIX, pl. 415.)
8. **Decoster.** — Machine à percer et à aléser, à plateau mobile et à mouvement continu. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mars 1845. Vol. XLIV, pl. 930.)
9. **Lemaître.** — Machine à percer et à river les feuilles de tôle (de fer) et de cuivre, pour chaudières, bouilleurs, etc. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1845. Vol. XLIV, pl. 953.)
11. **Mathias.** — Machine à percer et à tarauder sur place. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en avril 1845. Vol. LXXX, pl. 128.)
12. **Michy.** — Machine à percer les bandages sur les roues de voitures de gros transports. (Cette machine, construite vers 1840, est actuellement la propriété de M. Blangeois, d'Ermenonville, Oise.)
15. **Ducommun.** — Machine à tarauder.
(Brevet du 15 octobre 1859. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1859-60, pl. 4.)
16. **Focq (Nicolas).** — Machine à raboter le fer, inventée en 1731.
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. III, pl. 485, année 1778.)
17. **Cavé.** — Machine à outils mobiles, destinée à raboter et dresser les grandes pièces métalliques. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en février 1843. Vol. XLII, pl. 886.)
19. **Mazeline.** — Machine à raboter verticale.
(Brevet du 11 mai 1855. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 63.)
20. **Tour** à guillochis et outils mobiles.
(Extrait de l'*Encyclopédie* de Diderot et Dalember, publiée chez Panckouke en 1785. T. IV, pl. 22.)

- 20 *bis*. **Tour** à godronner, à vis. Machine à rosette.
(Extrait de l'*Encyclopédie*, etc. T. V, pl. 27.)
21. **Tour** « à figure ».
(Extrait de l'*Encyclopédie*, etc. T. V, pl. 33.)
- 22, 23. **La Condamine** (Ch.-M. de). — Machine pour exécuter sur le tour toutes sortes de contours réguliers et irréguliers, inventée en 1729 [2 tableaux].
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. II, pl. 335 et 435, année 1777.)
24. **Grandjean**. — Tour pour faire sans arbre toutes sortes de vis, inventé en 1729.
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. V, pl. 336.)
25. **Calla**. — Tour parallèle à chariot, dit *tour universel*. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en novembre 1830. Vol. XXIX, pl. 451.)
26. **Decoster**. — Machine à tourner les roues de locomotives ou de wagons [2 tableaux].
(Brevet du 17 juin 1847. — Extrait de la *Publication des brevets*, années 1848-49, pl. 5.)
27. **Fardouel**. — Machine pour tailler les grandes limes, inventée en 1725.
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. IV, pl. 256.)
28. **Oberhæuser**. — Machines à limer les surfaces planes et courbes. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en janvier 1832. Vol. XXXI, pl. 492.)
29. **Bocquet**. — Machine à tailler les limes.
(Brevet du 17 novembre 1838. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1838, pl. 3.)
30. **Baghon**. — Retaillage de limes.
(Brevet *original*, en date du 30 mai 1854.)
31. **Bonnet et Cochot**. — Scie circulaire, brevetée du 27 mars 1816.
(Brevet *original*, 2 tableaux.)
32. **Calla père et fils**. — Scierie à lames verticales et à mouvement alternatif. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en août 1826. Vol. XXV, pl. 307.)
33. **Thouard**. — Scie rotative, brevetée le 30 septembre 1842.
(Extrait de la *Publication des brevets*, année 1842, pl. 56.)
34. **Crépin** (M^{le}). — Scie circulaire pour débiter.
(Brevet du 29 août 1846. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1846, pl. 15.)
35. **Mannoury d'Ectot**. — Affûtage mécanique des scies [4 tableaux] : *a. b. c.* Brevet *original*, en date du 5 mai 1845.

d. Même brevet. — Gravure extraite de la *Publication des brevets*, année 1845, pl. 49 et 50.

36. **Périn.** — Scierie à ruban [lame sans fin]. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en décembre 1854. Vol. LIV, pl. 35.)

37. **Gobert, Breton et Saunier.** — Machine à affûter toutes espèces de scies.
(Brevet du 30 novembre 1855. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1855, pl. 26.)

38. **Mongin.** — Outil servant à découper les dents de scies.
(Brevet du 8 janvier 1859. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1859, pl. 17.)

40. **Lefebvre.** — Machine à scier le bois de placage.
(Brevet *original*, en date du 27 novembre 1817.)

41. **Pape.** — Machine à percer et à débiter le bois de placage.
(Brevet *original*, en date du 29 décembre 1826.)

41 *bis*. **Pape.** — Machine à couper le bois de placage.
(Brevet *original*, en date du 10 mai 1837.)

42. **Pierret.** — Mécanique et moteur pour scier en spirale le bois
(D'après un modèle des Arts et Métiers, à Paris.)

43. **Roguin.** — Machine à travailler le bois [2 tableaux].
(Brevet *original*, en date du 6 mars 1817.)

44. **Grimpé.** — Machine à travailler les bois [4 tableaux].
(Brevet du 31 juillet 1838. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1838, pl. 20 à 26.)

45. **Mareschal.**
(Brevet du 5 mars 1859. — Extrait de la *Publication des brevets*, année 1859, pl. 47.)

46. **Japy.** — Machine à fendre les vis.
(Brevet *original*, en date du 17 mars 1799 — an VII.)

47. **Tréfilerie.** Fabrication du fil d'archal (fil de fer).
(Extrait de l'*Encyclopédie*, etc. T. II, pl. 2.)

48. **Blakey.** — Tréfilerie pour le fil à pignon, inventée en 1744.
(Extrait des *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*. Vol. III, pl. 464; année 1778.)

49. **Sulli.** — Machine pour fendre les roues d'engrenage.
(Extrait de l'*Encyclopédie*, etc. T. III, pl. 42.)

51. **Molard** (G.-P.). — Cisailles à couteaux circulaires, en forme de viroles, d'acier trempé, propres à découper les métaux laminés, en tournant une manivelle. (Machine soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en mai 1814. Vol. XIII, pl. 109.)

52. **Laignel**. — Pincés à coins. (Soumises à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en août 1831. Vol. XXX, pl. 477.)

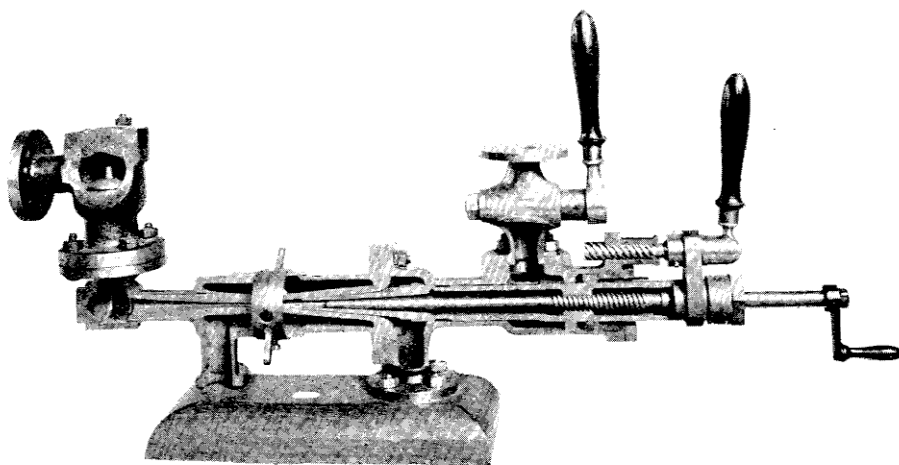
53. **Michel**. — Pince pour l'étirage des métaux. (Soumise à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1834. Vol. XXXIII, pl. 399.)

55. **Bréguet fils et Boquillon**. — Nouvelles dispositions mécaniques ayant pour objet l'exécution des engrenages hélicoïdes de Whitte, sous tous les angles et pour toutes les formes de dentures. (Soumises à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1843. Vol. XLII, pl. 906.)

57. **Bigot-Dumaine**. — Burin diamant pour pierres, silex, grès, etc.

(Brevet *original*, en date du 18 mai 1854.)

58. **Olivier** (Théodore). — Mode de transmission de mouvement entre deux axes qui ne sont pas dans un même plan. (Soumis à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, en octobre 1829. Vol. XXVIII, pl. 405.)



Injecteur Giffard.

(*Conservatoire national des arts et métiers.*)

TABLEAUX PROVENANT DE COLLECTIONS PARTICULIÈRES

COLLECTION DE M. ALBARET

Photographie d'une locomobile exécutée en 1863, par la maison Albaret, de Rantigny.

COLLECTION DE M. DELAUNAY-BELLEVILLE

Dessin de générateurs inexplosibles, type marin, système J. Belleville. Installation des appareils de l'avis de guerre *Argus*, 60 chevaux de 200 kgm.; année 1861.

COLLECTION DE M. DURENNE

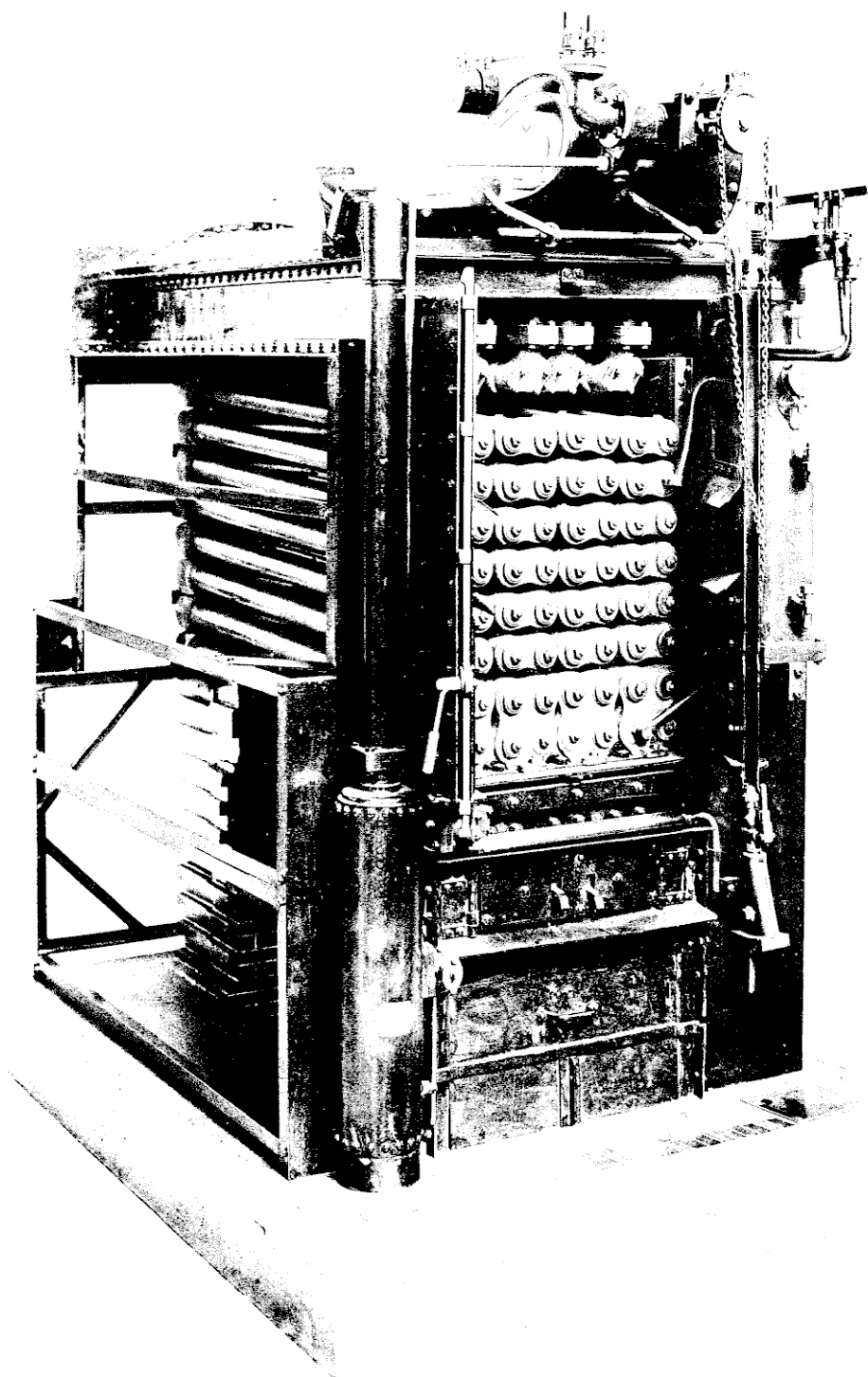
Dessins de machines-outils spéciales à la grosse chaudronnerie, créées par M. Durenne et employées dans ses ateliers.

- a. 1825. Première machine à poinçonner.
- b. 1834. Machine à cintrer les tôles.
- c. 1836. Machine à fabriquer les rivets.
- d. 1836. Première application de la tôle aux appareils de levage.
- e. 1840. Machine à chanfreiner.
- f. 1854. Machine à poinçonner, légère, spéciale aux montages.
- g. 1871. Machine à essayer les métaux.

Types divers de chaudières exécutées dans les ateliers Durenne, de 1819 à 1840.

- 1819. Chaudière en fonte, fondue en Angleterre, introduite par MM. Perrier.
- 1822. Chaudière en fonte, fondue en Angleterre (bouilleurs en cuivre), pour M. Clément Desormes.
- 1822. Chaudière à tombeau.
- 1824. Chaudière à tombeau.
- 1825. Chaudières à tombeau.
- 1826. Chaudière horizontale, à communications plates.
- 1826. Chaudière mixte, à bouilleur horizontal, avec partie verticale tubulaire, et réservoir de vapeur indépendant.
- 1827. Chaudière à bouilleur.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS



Générateur de vapeur, système Belleville. — Premières études (1849).

Phototypie berthaud, Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

- 1827. Chaudière à bouilleurs mixtes.
- 1828. Chaudière horizontale à bouilleurs, communications plates.
- 1828. Chaudière marine à foyer intérieur.
- 1832. Chaudière verticale tubulaire, à foyer intérieur.
- 1834. Chaudière horizontale à bouilleurs intérieurs.
- 1834. Chaudière mixte à foyer intérieur, double enveloppe, tubes transversaux et tubes à circulation dans le foyer, chauffée extérieurement.
- 1834. Chaudière verticale à foyer intérieur, à tube en spirale, exécutée pour M. Séguer.
- 1835. Chaudière mixte, dont partie tubulaire.
- 1836. Chaudière à bouilleurs communs, à deux corps. Employée dans les bateaux de Rouen au Havre.
- 1836. Chaudière à bouilleur, pour brûler l'anthracite.
- 1836. Chaudière horizontale à longs bouilleurs inclinés, avec communications, pour faciliter les dilatations.
- 1837. Chaudière à six bouilleurs, à long parcours des gaz.
- 1838. Chaudière à bouilleurs, celui du milieu coupé plus court pour faciliter le passage des gaz.
- 1838. Longue chaudière avec les bouilleurs coupés pour éviter leurs dilatations.
- 1839. Chaudière horizontale tubulaire, à foyer extérieur, intercalé dans le devant coupé du corps de la chaudière.
- 1839. Chaudière horizontale tubulaire, foyer intérieur, pour bateau.
- 1839. Chaudière verticale pour l'utilisation des gaz perdus des fours.
- 1839. Chaudière à bouilleurs intérieurs.
- 1839. Chaudière mixte, avec bouilleurs intérieurs et extérieurs, grande circulation des gaz.
- 1840. Chaudière verticale, foyer intérieur et tubulaire, circulation verticale des gaz.
- 1841. Chaudière horizontale, à foyer intérieur et retour de flamme par les tubes (Marine).

Types divers de chaudières exécutées dans les ateliers Durenne de 1840 à 1867.

- 1840. Chaudière horizontale, marine, tubulaire.
- 1841. Chaudière mixte, à bouilleurs intérieur et extérieur.
- 1842. Chaudière mixte, à bouilleurs intérieur et extérieur.
- 1845. Chaudière marine, à tubes plats, frétant lames d'eau.
- 1842. Chaudière marine, à conduits intérieurs et lames d'eau.
- 1842. Chaudière verticale tubulaire, foyer intérieur, avec circulation verticale des gaz.
- 1843. Chaudière tubulaire, à foyer extérieur.
- 1844. Chaudière verticale, à foyer intérieur, bouilleurs transversaux.
- 1845. Chaudière horizontale, tubulaire, à foyer intérieur.
- 1845. Chaudière marine.
- 1845. Chaudière horizontale, à bouilleurs inclinés.
- 1845. Chaudière horizontale, à foyer intérieur et tube bouilleur dans le corps du foyer.
- 1846. Chaudière horizontale, à foyer intérieur et bouilleur intérieur dans le corps du foyer.
- 1847. Chaudière verticale, utilisant les gaz des fours à puddler et hauts fourneaux.
- 1847. Chaudières réunies par l'extrémité, donnant un long parcours de gaz; bouilleur incliné.

- 1848. Chaudière à bouilleurs inclinés, pour favoriser l'écoulement de la vapeur.
- 1850. Chaudière verticale tubulaire, à foyer intérieur et tubes cintrés.
- 1851. Chaudière à bouilleurs cintrés, pour écoulement facile de la vapeur.
- 1852. Chaudière marine à tubes réchauffeurs de vapeur.
- 1854. Chaudière à compartiments interchangeable, à grande production de vapeur.
- 1855. Chaudières à bouilleurs, avec bouilleurs-réchauffeurs.
- 1855. Chaudière verticale tubulaire, foyer intérieur.
- 1857. Chaudière de la marine de guerre.
- 1857. Chaudière de la marine de guerre.
- 1863. Chaudière semi-tubulaire, grand réservoir de vapeur.
- 1864. Chaudière avec foyer intérieur.
- 1865. Chaudière à bouilleurs, double retour de flamme.
- 1867. Chaudière semi-tubulaire, avec adjonction de tubes pendentifs et bouilleurs-réchauffeurs.

COLLECTION DE M. LEGOUÉ

Broyeur manège à émeri qui fonctionnait chez Nicolas-Denis Gonichon (1), quartier de la Montagne-Sainte-Genève, à Paris, dans sa fabrique existant à la fin du XVIII^e siècle, et transférée d'abord dans le quartier des Deux-Moulins, puis à Ivry-sur-Seine (en 1809).

(1) M. Legoué, 30, rue Raspail, à Ivry-sur-Seine, est le successeur de MM. Gonichon.



LA MÉCANIQUE RATIONNELLE ET EXPÉRIMENTALE

(LISTE DES PRINCIPAUX MÉCANICIENS FRANÇAIS)

Salomon DE CAUS. Mort en	1635	Dominique-François ARAGO.	1786-1853
René DESCARTES.	1596-1650	Henri-Prudence GAMBÉY.	1787-1847
Edme MARIOTTE.	1620-1684	Jean-Victor PONCELET.	1788-1867
Blaise PASCAL.	1623-1662	Jean-Baptiste-Charles-Joseph BÉ-	
Pierre VARIGNON.	1654-1722	LANGER.	1790-1872
Guillaume AMONTONS.	1653-1705	Alexis-Thérèse PETIT.	1791-1820
René-Antoine FERCHAULT DE RÉAU-		Gaspard-Gustave DE CORIOLIS. . .	1792-1843
MUR.	1683-1757	Arthur-Jules MORIN.	1795-1880
Antoine DEPARCIEUX.	1703-1768	Nicolas-Léonard-Sadi CARNOT. . .	1796-1832
Jacques DE VAUCANSON.	1709-1782	Adhémar-Jean-Claude BARRÉ DE	
Jean LE ROND D'ALEMBERT.	1717-1783	SAINT-VENANT.	1797-1886
Pierre-Louis-Georges, comte DU		Benoît-Paul-Emile CLAPEYRON. .	1799-1864
BUAT.	1734-1809	Charles-Pierre-Mathieu COMBES. .	1801-1872
Charles-Augustin DE COULOMB. . .	1736-1806	Henri-Philibert-Gaspard DARCY. .	1803-1858
Joseph-Louis DE LAGRANGE. . . .	1736-1813	Charles-Eugène BOURDON.	1808-1884
Pierre-Simon, marquis DE LA		Henri-Victor REGNAULT.	1810-1881
PLACE.	1749-1827	Charles CALLON.	1813-1878
Gaspard-Clair-François-Marie Ri-		Henri-Édouard TRESCA.	1814-1885
che, baron DE PRONY.	1753-1839	Gustave-Adolphe HIRN.	1815-1890
Jean-Baptiste-Joseph, baron Fou-		Adolphe-Eugène BEAU DE ROCHAS. .	1815-1893
RIER.	1768-1830	Louis-Dominique GIRARD.	1815-1871
Jean-Baptiste BIOT.	1774-1862	Édouard PHILLIPS.	1821-1889
Louis POINSOT.	1777-1859	Jacques-Antoine-Charles BRESSE. .	1822-1883
Joseph-Louis GAY-LUSSAC.	1778-1850	Henri GIFFARD.	1825-1882
Louis-Marie-Henri NAVIER.	1785-1836	Henri-Aimé RESAL.	1828-1896
Pierre-Louis DULONG.	1785-1838		

CATALOGUE

DES

MODÈLES PROVENANT DE COLLECTIONS DIVERSES

COLLECTION DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Le système métrique français.	ASSEMBLÉE NATIONALE.	1790
Le béliet hydraulique.	J.-M. DE MONTGOLFIER.	1797
La roue hydraulique dite Poncelet	Jean-Victor PONCELET.	1824
La turbine Fourneyron.	{ Claude BURDIN.	1824
	{ Benoît FOURNEYRON.	1832
Le servo-moteur.	Joseph FARCOT.	1868
Le marteau-pilon (1).	François BOURDON.	1839
La machine à vapeur à piston (2).	Denis PAPIN.	1690
La détente par recouvrement.	B.-P.-Emile CLAPEYRON.	1842
La détente Meyer.	J.-J. MEYER.	1841
La détente Farcot (3), variable par le régulateur.	Joseph FARCOT.	1836
La chaudière tubulaire.	Marc SÉGUIN.	1827
La chaudière à petits éléments (4).	Julien BELLEVILLE.	1850
La soupape de sûreté.	{ Denis PAPIN.	1681
La marmite de Papin.	{	
Le manomètre métallique.	Eugène BOURDON.	1849
L'injecteur automoteur (5).	{ Marquis DE MANNOURY D'ECTOT.	1818
	{ H.-Jacques GIFFARD.	1858

1 Ce modèle appartient à la collection de MM. Schneider et C^{ie}, du Creusot.

2 Le modèle exposé, propriété de la maison J. Digeon et fils aîné, représente la machine à détente et condensation de Farcot, type horizontal de 1861. Il montre la détente variable par le régulateur de Farcot, inventée en 1836.

3 Ce modèle appartient à la collection de MM. Farcot, à Saint-Ouen (Seine).

4 Ce modèle appartient à la collection de M. Delaunay-Belleville.

5 Dans l'histoire des appareils à jet de vapeur dits injecteurs, il convient de citer les importants travaux d'Eugène Bourdon. Ils ont donné lieu en 1848 et en 1857 à des brevets dans lesquels cet inventeur décrit les premières applications de l'aiguille de réglage, de la tuyère mobile et de l'ajustage convergent divergent avec ou sans espace libre au raccordement des deux cônes. Ces organes sont devenus les éléments constitutifs et essentiels de la construction de tous les appareils utilisant la force vive des fluides.

La voiture à vapeur.	FR. CUGNOT.	1770
La machine à double expansion.	BENJAMIN NORMAND.	1836
La machine à triple expansion.	BENJAMIN NORMAND.	1872
La machine à gaz.	{ Ph. LEBON D'HUBERSIN.	1801
	{ Pierre HUGON.	1860
	{ J.-JOS.-ET. LENOIR.	1860
	{ A.-E. BEAU DE ROCHAS.	1862
La chaîne de Vaucanson.	J. DE VAUCANSON.	1731
La chaîne de Galle.	André GALLE.	1832
La noix d'embrayage.	Adolphe NEPVEU.	1840
L'accouplement élastique.	J.-N. RAFFARD.	1885
Le câble télodynamique.	Ferd. HIRN.	1850
Le régulateur à bras croisés (1).	Joseph FARCOT.	1854
Le régulateur Foucault.	Léon FOUCAULT.	1864
Le compensateur de régulateur.	DENIS et WEYHER.	1871
La presse hydraulique.	Blaise PASCAL.	1650
La balance de Roberval.	G.-P. DE ROBERVAL.	1670
Le dynamomètre Morin (2).	A.-J. MORIN.	1831
Le frein dynamométrique.	G. RICHE, baron DE PRONY.	1821
Le ressort Belleville.	Julien BELLEVILLE.	1861

COLLECTION DE M. BÉRENDORF

Tube dit de Bérendorf (1860).

Petit modèle montrant la première application du tube de Bérendorf (1860).

Modèle de chaudière fixe, à retour de flammes, type à tombeau avec tubes mobiles (système Bérendorf), 1862.

Modèle de chaudière à retour de flammes, type en T avec tubes mobiles (système Bérendorf), 1862.

Modèle de machine à vapeur, à 4 cylindres inclinés, genre Wolff, avec condensation, disposée pour machine marine (1865).

COLLECTION DE M. P. BODIN

Album d'un cours de Construction de machines (2^e division) professé par M. P. Bodin à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, durant ces dernières années.

¹ Ce modèle appartient à la collection de MM. Farcot frères.

² Ce modèle appartient à MM. Digeon et fils aîné.

COLLECTION DE M. BOUGAREL

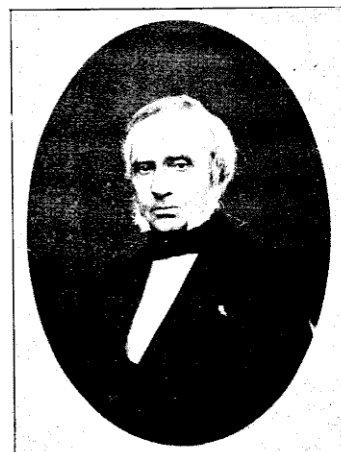
Petit manomètre métallique Bourdon, gradué à 45 atmosphères (forme étalon).

[Ce manomètre est le premier du système qu'aït construit Eugène Bourdon, sur la demande de M. Bougarel, en 1855.]

Manomètre à niveau, à colonnes différentielles, système Galy-Cazalat (construit par Cornu, sur la demande de M. Bougarel, en 1855).

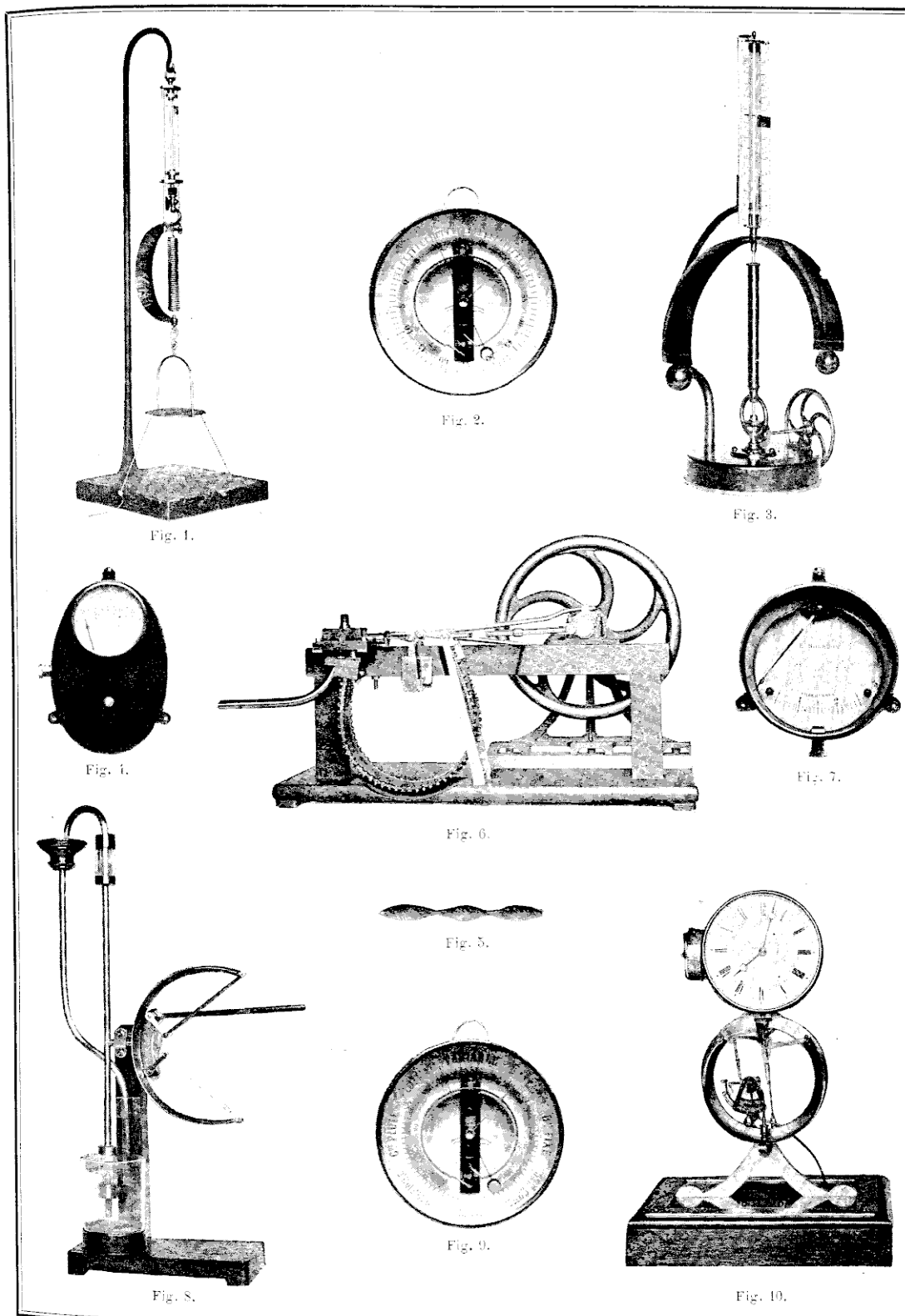
COLLECTION DE MM. ÉDOUARD ET CHARLES BOURDON (1)

Manomètre à membranes métalliques.	Eugène Bourdon	1843
Manomètre enregistreur.	—	1843
Indicateur du niveau d'eau dans les chau-) dières à vapeur.)	—	1844
Manomètre à tube métallique.	—	1849
Manomètre à tube métallique de forme hé-) licoïdale.)	—	1849
Moteur à tube flexible, fonctionnant par la) pression de la vapeur.)	—	1849
Moteur à tube flexible, fonctionnant sous) l'influence du vide.)	—	1849
Tubes manométriques de différentes formes,) brevetés.)	—	1849 1855
Peson hydraulique.	—	1855
Pompe sans piston.	—	1855
Tachymètre hydraulique.	—	1855
Balance à équilibre atmosphérique.	—	1855
Palier graisseur, pour arbre horizontal.	—	1856
Palier graisseur, pour arbre vertical.	—	1856
Cadran récepteur, commandé par le pendule) pneumatique.)	—	1876
Pendule pneumatique actionnant un ou plu-) sieurs cadrans récepteurs.)	—	1876



EUGÈNE BOURDON 1808-1884.

(1) MM. Édouard et Charles Bourdon ont réuni, pour le Musée centennal de la Mécanique, tout un groupe des inventions les plus remarquables de leur père, sous le titre suivant : *Le manomètre Bourdon et les applications du tube métallique.*



APPLICATIONS DU TUBE DU MANOMÈTRE MÉTALLIQUE, PAR EUGÈNE BOURDON

Fig. 1. Peson. — Fig. 2. Thermomètre. — Fig. 3. Tachymètre. — Fig. 4. Manomètre avec mouvement du tube non amplifié. — Fig. 5. Tube en spirale pouvant recevoir les mêmes applications que le tube circulaire. — Fig. 6. Moteur à vapeur. — Fig. 7. Manomètre avec mouvement du tableau amplifié. — Fig. 8. Pompe. — Fig. 9. Baromètre. — Fig. 10. Horloge pneumatique.

COLLECTION DE MM. J. DIGEON ET FILS AÎNÉ

Moulin à vent , portatif.	CHOLET et LEGRIS.	1831
Régulateur mécanique à insufflation d'air (applicable aux moteurs hydrauliques et à vapeur).	MOLINIÉ.	1837
Guindeau à mouvement circulaire continu.	BONNIER.	1840
Piston soupape en caoutchouc.	PERREAUX.	1846
Manège portatif à double engrenage, appli- cable aux machines à battre.	LOTZ.	1852
Cabestan sans choc.	GILLET.	1854
Turbine aérienne.	DUMONT.	{ 1855 1880
Détente Polonceau (Distribution à détente variable).	POLONCEAU.	1858
Pompe à vapeur à action directe.	JOLY.	1860
Machine à vapeur, à détente et condensation. de la force de 50 chevaux-vapeur 1.	FARCOT.	1861
Distribution à détente variable, de.	WIANNECK et KOPNER.	1873

COLLECTION DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Appareil fléchissant une lame dans la forme circulaire.	RESAL.	1860
Parallélogramme de Peaucellier.	PEAUCELLIER.	1864
Engrenage de White.	WHITE.	1813
Engrenage hyperboloïde.	BÉLANGER.	1860
Hélice Goubet.	GOUBET.	Vers 1890

COLLECTION DE MM. FARCOT FRÈRES

La détente Farcot, inventée par Joseph FARCOT, en 1836.
Le régulateur à bras croisés, inventé par Joseph FARCOT, en 1854.

COLLECTION DE M. LETESTU

Le piston Letestu, 1838.

1 Ce modèle figure sous le titre de « la machine à vapeur à piston », parmi ceux du Conservatoire des arts et métiers.

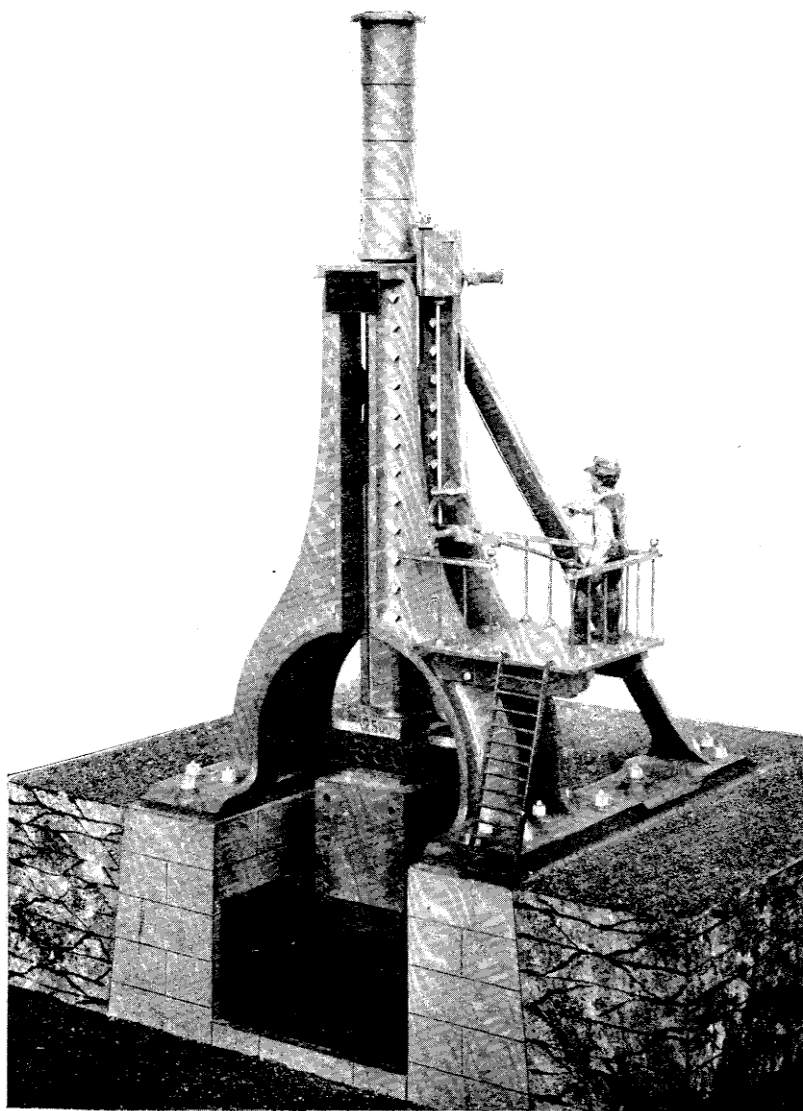
COLLECTION DE MM. A. PIAT ET FILS

Modèle de vis globique inventé par J. PIAT, 1860.

Catalogue des organes de transmission de la Maison J. PIAT, 1836.

Pour comparaison, **Catalogue** de la Maison A. PIAT, 1893.

Modèle de la première roue à chevron, inventée par PIAT, 1871.



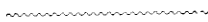
Marteau-pilon de François Bourdon, ingénieur des usines du Creusot (1841).

COLLECTION DE MM. SCHNEIDER ET C^{IE} (DU CREUSOT)

Modèle du premier marteau-pilon, inventé par Fr. Bourdon, en 1839, et construit dans les usines du Creusot, en 1841.

MODÈLES

*compris dans l'annexe du Musée centennal et provenant
du Conservatoire national des arts et métiers (1)*



Mercklein. — Tour à guillocher, construit pour le roi Louis XVI, en 1780.

Gambey. — Tour (dit de Gambey), avec accessoires.

Ph. de Girard. — Deux modèles de bois de fusils, taillés à la mécanique (1831), par le procédé Ph. de Girard.

Grimpé. — Outils et spécimens de bois travaillés.

P. Van Loo. — Machine à travailler le bois, avec spécimens de bois travaillés mécaniquement.

(1) La communication de ces modèles est due à l'aimable initiative de M. Gustave Tresca, du Conservatoire.



TABLE DES MATIÈRES



INTRODUCTION, par M. Ch. BOURDON.	7
Chaudières et machines à vapeur. Classe 19, par M. C. WALCKENAER.	17
Machines motrices diverses. Classe 20, par M. HUGUET.	33
Appareils divers de la mécanique générale. Classe 21, par M. LÉON MASSON.	39
Machines-outils. Classe 22, par M. G. TRESCA.	55

CATALOGUE DES TABLEAUX PHOTOGRAPHIQUES

Mécanique rationnelle.	61
Machines motrices.	62
Transmission du travail.	72
Machines élévatoires et machines de compression.	75
Mesure des quantités mécaniques.	80
Divers.	85

TABLEAUX PROVENANT DES COLLECTIONS PARTICULIÈRES

Collection de M. Albaret	90
» » Delaunay-Belleville	90
» » Durenne.	90
» » Legoué.	92

La mécanique rationnelle et expérimentale. Liste des principaux mécaniciens français.	93
--	----

CATALOGUE DES MODÈLES PROVENANT DE COLLECTIONS DIVERSES

Collection du Conservatoire national des arts et métiers.	94
» de M. Bérendorf.	95
» » M. P. Bodin	95
» » M. Bougarel	96
» » MM. Edouard et Charles Bourdon.	96
» » MM. J. Digeon et fils aîné.	98
» » l'École polytechnique	98
» » MM. Farcot frères.	98
» » M. Letestu.	98
» » MM. A. Piat et fils.	99
» » MM. Schneider et C ^{ie} (du Creusot).	99

Modèles compris dans l'annexe du Musée centennial et provenant du Conservatoire national des arts et métiers.	100
--	-----



TABLE DES PLANCHES HORS TEXTE

Denis Papin (1647-1714), statue par Aimé Millet, au Conservatoire national des arts et métiers.	Frontispice.
Voiture à vapeur pour les routes ordinaires, par l'ingénieur militaire Cugnot (1770).	17
Moteur à gaz Lenoir (1860).	33
Machine hydraulique de Marly, construite par Rennequin Sualem (1676-1682).	37
Tour à guillocher, par Mercklein, construit pour Louis XVI (1780).	55
Tour de Vaucanson (1783).	61
Modèle, avec son tender, de la première locomotive tubulaire, construite en 1827 par Marc Seguin, pour le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon.	69
Générateur de vapeur, système Belleville. — Premières études (1849).	91

~~~~~  
SAINT-CLOUD. — IMPRIMERIE BELIN FRÈRES  
~~~~~