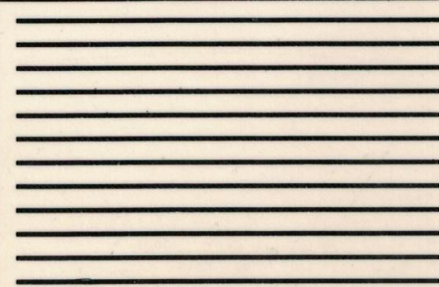
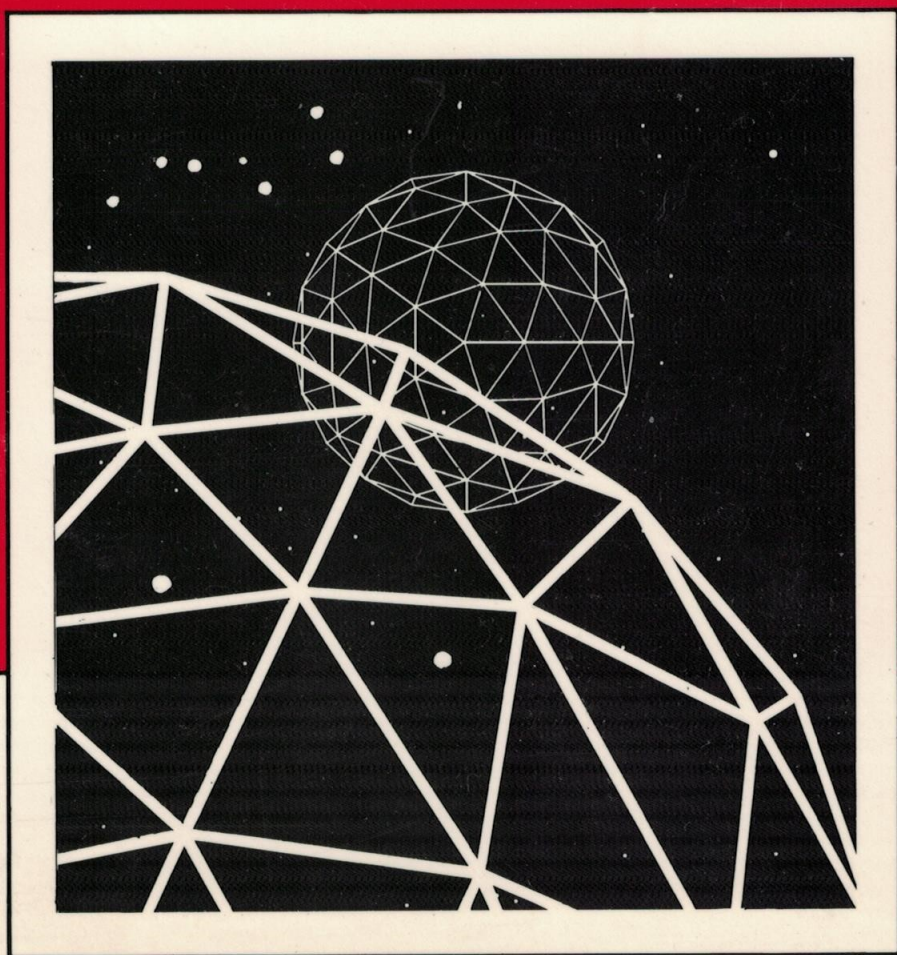


culture technique

n° 18



recherche innovation industrie

SOMMAIRE DU n° 18

Mars 1988

Culture technique :
publication éditée
par le C.R.C.T.
Revue trimestrielle
69 bis, rue Charles-Laffitte
92200 Neuilly-sur-Seine
Tél. 47 47 95 27

Il a été tiré de cet ouvrage :
2 000 exemplaires.

Directeur de la publication :
Maurice Magnien.

Directeur de la rédaction :
Jocelyn de Noblet.

Documentation :
Françoise Icikovics.

Conception graphique et mise en page :
Jocelyn de Noblet.

Assistante : Nicole Pradayrol.

ISSN : 0223-4386.

© C.R.C.T. 1988.

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 1988.

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays, y compris l'U.R.S.S.
La revue du C.R.C.T. n'est pas solidaire des opinions émises sous la signature des auteurs.
Imprimé par SOHV - Annonay (Ardèche).

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

Article n° 5 :
Photo 1 : Cl. Bibliothèque Nationale.
Photos 2, 3, 4, 5, 6, 8 : Cl. Archives Saint-Gobain.

Article n° 6 :
Photos 1 à 5 : Cl. Laboratoires de Marcoussis.

Article n° 7 :
Photos 1 à 4 : Cl. Aérospatiale.

Article n° 10 :
Photo 1 : P. Sorrin (GDF).
Photos 2 et 3 : Roma (GDF).

Thierry Gaudin
Avant-propos

2

I^{re} partie : Outils

Robert Fox

Science, industrie et société à Mulhouse : 1798-1871

10

Christopher Freeman

A quoi tiennent la réussite ou l'échec des innovations dans l'industrie ?

30

William J. Abernathy, Kim B. Clark

Comment établir une carte stratégique des innovations
dans un secteur industriel ?

40

Gerhard Mensch

La technique en crise

55

II^e partie : Exemples

Jean-Pierre Causse

Organisation de la recherche à Saint-Gobain : de 1920 à nos jours

83

Jean-Pierre Hauet

Le rôle des Laboratoires de Marcoussis au sein du Groupe CGE.

Un exemple : le développement des communications par fibres optiques

92

Jacques Balazard

L'Aérospatiale et la recherche

103

Michel Turpin

Le CERCHAR, une quête permanente d'identité

111

André Lebeau, Alain Gaubert

Icare et Prométhée : la recherche spatiale

116

Pierre Henry

Recherche gazière : un partenariat industriel

120

Paul Caseau

Les modèles numériques et leur place dans la recherche-développement

126

Christian Marbach

L'innovation, une énergie vitale

131

Jacques Perrin

Les technopôles : mirages ou nouvelles phases de la division du travail ?

134

Philippe Mustar

Naissance d'une industrie : le logiciel pour micro-ordinateur domestique

139

Geoff Bowker

Recherche industrielle et industrialisation de la recherche

146

Daniel Dufourt, Dominique Foray

Recherche technique, innovation et structures industrielles :
de la crise des représentations aux réalités économiques

154

Michel de Bernardy, Pierre Boisgontier

Tour d'ivoire et industrie : une conciliation. Le cas de Grenoble

173

III^e partie : Eclairage

<i>Jean-Jacques Chanaron, Jacques Perrin, B. Ruffieux</i> Les liaisons enseignement/recherche/industrie dans les pôles technologiques français	184
<i>Blanka Valmont</i> Technopôles : des exigences techno-industrielles. Orientations culturelles	194
<i>Michel Callon</i> Faut-il croire en la recherche industrielle ?	202
<i>Rémi Barré</i> La « faiblesse » de la recherche industrielle française : de quoi parle-t-on ?	210
<i>Alexandre Herléa</i> Préliminaires à la naissance des laboratoires publics de recherche industrielle en France	220
<i>André Grelon</i> Les écoles d'ingénieurs et la recherche industrielle. Un aperçu historique	232
<i>Geoff Bowker</i> Une réalité bien ordonnée. Aspects du développement de Schlumberger. 1920-1939	239
<i>Bernard Cunéo</i> Les chercheurs industriels : itinéraires et positions	259
<i>Jean-Pierre Williot</i> Un exemple de recherche industrielle au XIX ^e siècle : l'usine expérimentale de la Compagnie parisienne du gaz, 1860-1905	273
<i>Yves Cohen</i> Le PVC masse, mais quoi d'autre ? Recherche en chimie organique, Saint-Gobain. 1955-1958	279
<i>Philip Vergragt</i> Décisions techniques et décisions stratégiques dans le processus de l'innovation industrielle. Le cas de l'industrie chimique	296
<i>Hank van den Belt</i> Comment décider de l'originalité d'une invention ? A. W. Hofmann et le litige du rouge d'aniline en France. 1860-1863.	308
<i>Madeleine Akrich</i> Rechercher pour innover, ou innover pour rechercher ? Le développement du photovoltaïque en Polynésie	318
<i>Antoine Hennion, Cécile Méadel</i> Les ouvriers du désir. Voyage dans une agence de publicité	330
<i>Bruno Latour</i> Le métier de directeur de recherche. Synthèse d'une série d'entretiens	337
Notes sur les auteurs	347

Préliminaires à la naissance des laboratoires publics de recherche industrielle en France

Alexandre Herlea

LE propre de la société industrielle réside dans sa capacité d'innover, de réaliser de nouveaux produits. Elle crée pour cela les conditions institutionnelles de ces accomplissements : les laboratoires de recherche industrielle. Cette institution qui caractérise le mieux et pleinement la société industrielle est celle où les relations dynamiques science-technique s'épanouissent, déterminant ainsi l'accélération du processus d'invention et d'innovation.

Il est significatif qu'avant leur existence, en utilisant une terminologie consacrée dans l'histoire des techniques, on parle de la technique et après de la technologie ; cette dernière n'étant dans cette acception que la technique conditionnée et façonnée par la science et dans un cas extrême, très rarement rencontré d'ailleurs, de la science appliquée. Depuis sa naissance, le phénomène « technologie » ne fait que se développer et, aujourd'hui, c'est un lieu commun de considérer que le trait spécifique des économies industrielles du XX^e siècle est l'application systématique et généralisée des connaissances et méthodes scientifiques au domaine de la production.

Un laboratoire de recherche industrielle peut être défini comme l'ensemble des moyens mis en œuvre afin de créer « du nouveau » en fait de technique — l'invention développée jusqu'au stade de l'innovation — à l'exclusion de toute activité de production.

Il va sans dire que l'activité novatrice n'est pas et surtout n'a pas été le monopole des laboratoires de recherche que nous connaissons aujourd'hui, ni de leurs prédécesseurs apparus dès la fin du XVII^e siècle mais a caractérisé souvent les différents organismes de production. Cette activité, au début anonyme et collective, connaît son vrai essor dans le cadre de la culture européenne héritière de la pensée rationnelle grecque. L'apparition des laboratoires de recherche industrielle est un phénomène qui se place ainsi dans la lignée de l'établissement et du développement de la pensée scientifique apparue à la fin du XVI^e siècle. C'est, autrement dit, la prolongation et l'application au monde de la production de la science moderne (galiléenne) qui émerge à cette époque ; c'en est une suite logique. A partir de cette date, l'innovation ne sera plus provoquée uniquement par la demande (demande pull) issue des déséquilibres existant dans le cadre du système technique lui-même, mais aussi par les opportunités créées par le progrès de la science (science push). Pour exploiter ces opportunités, un système institutionnel organisé et rationalisé, celui des laboratoires de recherche industrielle, sera mis lentement en place ; il prendra le visage qu'on lui connaît aujourd'hui dans la seconde moitié du XVIII^e siècle. Cette gestation d'environ deux siècles est la période pendant laquelle l'idée de la nécessité d'une organisation institutionnelle de la recherche industrielle, après s'être clairement exprimée, s'impose. Dans cette période, la recherche ne s'effectue plus uniquement dans les unités de production mais également dans le cadre des institutions (écoles, sociétés savantes) qui, bien que n'étant pas encore créées spécifiquement et uniquement pour elle, lui accordent une grande place dans leur programme d'activité. Les aspects essais, tests et contrôles de la recherche sont particulièrement favorisés dans ce cadre.

D'autre part, l'importance prise par l'activité d'invention déployée au sein d'unités de production et l'accélération du processus d'amélioration de la production, en d'autres termes l'avènement de la société industrielle, constituent l'autre facteur qui fait que, dès la fin du XVII^e siècle, à l'aube du monde moderne, des institutions et organismes spécialisés dans la recherche industrielle soient envisagés. Quatre pays ont joué un rôle essentiel dans leur création : l'Angleterre et la France d'abord, jusque vers 1870, l'Allemagne et les Etats-Unis ensuite. Ils se sont copiés réciproquement.

L'établissement d'organismes spécialisés dans la recherche tant fondamentale qu'industrielle a été envisagé par les philosophes du XVII^e siècle : Francis Bacon en Angleterre et Descartes en France. Dans ces deux pays, après que l'expérience retrouve ses lettres de noblesse, s'impose l'idée d'une interdépendance étroite entre science et technique : le développement des sciences doit être subordonné aux besoins de l'industrie. La philosophie des lumières au siècle suivant soutient, quant à elle, que toute action doit être basée sur la raison et la pratique sur la théorie. Ces conceptions furent propices à l'essor de la recherche appliquée et donc à la création des laboratoires pour celle-ci. Si en France, où Colbert a une conception pratique des sciences, c'est l'Etat qui prendra en charge cette activité, en Angleterre, elle restera l'apanage de l'initiative privée (le cas de Vaucanson d'un côté et de Watt de l'autre en est un très bon exemple). C'est probablement une des raisons qui font que la révolution industrielle soit d'abord anglaise.

La recherche est dès le début, et c'est compréhensible, très liée à l'enseignement. En France, c'est dans les écoles militaires, suivies à la fin du XVIII^e siècle et au début du XIX^e siècle par les écoles d'ingénieurs, que s'élaborent en bonne partie les savoirs scientifiques à finalité pratique (science appliquée) ainsi que les

savoirs technologiques souvent largement autonomes par rapport aux connaissances scientifiques. Dans plusieurs secteurs industriels (chimie par exemple), les fondements scientifiques des nouvelles industries du XIX^e siècle reposent sur les découvertes des savants français de cette époque. Notons que l'organisation, en France, de la science et de l'enseignement scientifique à l'époque révolutionnaire et impériale n'a pas été déterminante pour la position dominante que ce pays aura à l'aube du XIX^e siècle ; les conquêtes de cette époque sont plutôt un prolongement de l'amateurisme du XVIII^e siècle que les conséquences de ces accomplissements. D'ailleurs en France, c'est surtout la recherche individuelle qui fut encouragée (prix de l'Académie, prix de la Société d'encouragement à l'industrie nationale, etc.) et non pas la création de grands laboratoires de recherche.

C'est dans les universités allemandes, dans la première moitié du XIX^e siècle, qu'une véritable révolution a eu lieu dans le sens que le but de l'enseignement n'était plus l'acquisition de connaissances encyclopédiques mais celle des méthodes de recherche ; chercheur lui-même, l'enseignant devient formateur de chercheurs. Les laboratoires créés auprès des chaires de ces universités sont les lieux où les méthodes de recherche sont ébauchées et s'épanouissent ; certains d'entre eux, dans lesquels la recherche fondamentale côtoie la recherche appliquée, sont de vrais laboratoires de recherche industrielle. Tel est le cas du laboratoire de chimie créé en 1827 par Justus von Liebig à l'université de Giessen qui peut être considéré comme le premier laboratoire de recherche moderne ; ce sont les élèves de Liebig qui, en établissant d'autres laboratoires, posent les bases de l'industrie chimique moderne non seulement en Allemagne mais également en Angleterre.

Les écoles d'ingénieurs qui sont créées en Allemagne dans la seconde moitié du XIX^e siècle suivront l'exemple de l'université. Ce développement de la recherche, tant fondamentale qu'appliquée, constitue certainement une des raisons principales qui ont permis, après 1850, à la technologie de ce pays d'arriver en tête de nombreux secteurs industriels.

Les Etats-Unis suivront de près l'exemple allemand. En France, ce n'est qu'au lendemain de la guerre de 1870 qu'on s'aperçoit du retard pris par le système de recherche et de l'enseignement. Des efforts importants pour combler cette infériorité ont été déployés ; les résultats n'ont pas été toujours ceux escomptés.

Mais la recherche industrielle se développe aussi en liaison avec les changements apportés par la mécanisation de la production qui passe du stade artisanal aux usines mécanisées. Ce changement, qui introduit de nouveaux paramètres (production en grande série, interchangeabilité), exige des contrôles techniques autrement précis du processus de production dans ses différentes étapes intermédiaires ainsi qu'un contrôle des produits finis. Ce dernier est imposé par les garanties de qualité que le fabricant doit offrir compte tenu des modifications des marchés par la très forte augmentation de la quantité et de la variété des produits ainsi que du nombre des producteurs.

C'est au début de la seconde moitié du XIX^e siècle qu'on assiste ainsi dans les principaux pays industrialisés à la création des laboratoires, tant publics que privés, spécialisés dans les essais, tests et contrôles des produits. Certains de ces laboratoires, dont les tâches (essais et contrôles mécaniques, établissement de normes et coefficients expérimentaux) faisaient appel à une science plutôt élémentaire, dépassent ce stade et intègrent des activités de création, d'invention et d'innovation.

La France a encore une fois l'initiative ; elle se trouve à cette époque dans une situation privilégiée de par l'existence du corps

des polytechniciens qui occupent des postes clés dans l'industrie et l'appareil d'Etat et sont motivés par une idéologie du service de ce dernier. L'établissement au Conservatoire des arts et métiers, en 1852, d'un laboratoire d'essais mécaniques et des machines en est un parfait exemple. Mais cette première place est cédée bientôt à l'Allemagne qui, à partir de 1871 (date de la création du Laboratoire royal d'essais mécaniques), se dote à Berlin-Charlottenburg d'un complexe de laboratoires très au point qui couvrent pratiquement tous les secteurs industriels. La France prendra comme modèle ces laboratoires allemands à l'occasion de l'établissement, en 1901, de son Laboratoire national d'essais.

C'est dans les années 1870-1880 que l'organisation des laboratoires de recherche industrielle devient également une vraie préoccupation pour l'entreprise qui, en parallèle avec les universités et les écoles d'ingénieurs, crée ses propres institutions. Ces premiers laboratoires de recherche industrielle apparaissent aux Etats-Unis, créés par Edison à Menlo-Park, et en Allemagne chez Bayer. Leur origine est double, ils prolongent les activités des laboratoires d'essais ; ils sont la pièce maîtresse dans la stratégie de l'entreprise qui vise à éviter par de nouvelles inventions l'obsolescence de ses brevets.

François Caron constate qu'il a existé en France, au XIX^e siècle, un très grand nombre de laboratoires dépendant soit des grandes écoles, soit des chaires de professeurs d'université, soit même d'entreprises comme la Compagnie du gaz de Paris (laboratoire d'Aubervilliers) ou des municipalités (laboratoire principal d'électricité des Halles centrales). La plupart de ces laboratoires sont plutôt des laboratoires d'essais ou d'enseignement, ils ne deviennent laboratoires de recherche qu'au gré de la curiosité de leurs responsables. Les choses ne commencent à prendre une autre allure qu'à partir des années 1890. L'histoire de ces laboratoires reste à faire (F. Caron, *Histoire économique de la France, XIX^e-XX^e siècle*, p. 41).

Le présent article veut retracer l'histoire des efforts accomplis par l'Etat français pour arriver à établir, à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, les premiers vrais laboratoires de recherche et présenter certains aspects de leurs activités. Il est basé sur l'analyse plus ou moins détaillée de deux groupes d'institutions essentielles pour la recherche industrielle en France : le Conservatoire des arts et métiers et ses prédécesseurs pour la recherche civile ; les écoles, arsenaux, fonderies et manufactures de l'artillerie (dans la mesure où elles ne travaillent que pour l'Etat) pour la recherche militaire. L'étude débute à la fin du XVII^e siècle avec la naissance des institutions non productives qui intègrent des activités de recherche à côté d'activités d'information et de documentation scientifique et technique, d'enseignement et de collections d'objets et s'arrête au milieu du XIX^e siècle au moment de l'établissement du premier véritable laboratoire de recherche industrielle civil : le laboratoire de mécanique créé au Conservatoire des arts et métiers. Ce découpage prend en compte l'évolution des institutions civiles. L'étude est organisée chronologiquement en deux parties : 1) De la fin du XVII^e siècle à la Révolution. 2) De la Révolution au milieu du XIX^e siècle.

VERS LES LABORATOIRES DE RECHERCHE INDUSTRIELLE DE LA FIN DU XVII^e SIÈCLE À LA RÉVOLUTION

En France, c'est Descartes qui envisage le premier la création des établissements qui peuvent être considérés comme les précurseurs des laboratoires de recherche industrielle actuels. Il prévoit notamment la constitution de collections d'objets techniques qui devraient servir tant à l'enseignement qu'à la recherche

et propose en 1648 dans une lettre à Pierre d'Alibert, trésorier de l'épargne, de « faire des fonds d'instruments et machines suffisants non seulement pour suffire aux dépenses que demanderaient les expériences, mais encore pour entretenir des maîtres ou professeurs, dont le nombre aurait été égal à celui des arts qu'on y aurait enseignés. Ces professeurs devaient être habiles aux mathématiques et en physique, afin de pouvoir répondre à toutes les questions des artisans, leur rendre raison de toutes choses, et leur donner du jour pour faire de nouvelles découvertes dans les arts ».

Il faut remarquer que Descartes avait publié, dès 1631, un petit traité des machines simples et avait transformé une partie de ses maisons en Hollande en laboratoires de physique, atelier mécanique, etc. Il a probablement été influencé par l'expérience du collège de La Flèche où l'enseignement des sciences, en particulier celui des mathématiques, était orienté vers les applications pratiques. Les futurs ingénieurs militaires y étudiaient les diverses machines et l'art des fortifications.

Dans la France de la seconde moitié du XVII^e siècle, l'administration suit de près la pensée des philosophes et Colbert joue dans ce cadre un rôle éminent. Il crée en 1666 l'Académie des sciences, donnant ainsi existence officielle à une société de savants qui, dès 1640, rassemblait des personnalités célèbres, et lui assure l'existence en la dotant de fonds destinés à subvenir à toutes ses dépenses (frais d'expériences, achat de matériel et d'instruments, etc.), les moyens d'existence de ses membres inclus. Il souhaite pour l'académie de vastes locaux où les scientifiques mathématiciens, astronomes, physiciens, chimistes et aussi mécaniciens feront leurs expériences. De ce vœu ne sera réalisé qu'un observatoire qui comprendra également un cabinet des machines (1680) — première forme concrète donnée à l'idée de Descartes.

Colbert comprend parfaitement l'importance du progrès de la science et de la technique pour le développement de l'industrie. C'est sous son impulsion, par exemple, que Christian Huygens et Denis Papin réalisent les premiers moteurs thermiques, présentés en 1672 à la Bibliothèque royale, lieu de réunion de l'académie. La célèbre machine de Marly pour l'alimentation en eau de Versailles est réalisée par Swalm Rennequin en 1682 dans le même contexte. C'est encore à Colbert qu'on doit la création d'un corps d'inspecteurs des manufactures qui jouent tout au long du XVIII^e siècle un rôle très important dans l'amélioration de l'outillage et des méthodes de travail desdites manufactures. D'une manière générale, il fait tout pour promouvoir l'industrie en France, politique que les gouvernements successifs poursuivront tout au long du XVIII^e siècle en accordant des marchés, engagements, gratifications, pensions et privilèges. A ce propos, Diderot écrit dans son *Encyclopédie* : « Colbert regardant l'industrie des peuples et l'établissement des manufactures comme la richesse la plus sûre d'un royaume... Celui qui peupla la France de graveurs, de peintres, de sculpteurs et d'artistes en tout genre, qui surprit aux Anglais la machine à faire les bas, le velours aux Génois, les glaces aux Vénitiens, ne fit guère moins pour l'Etat que ceux qui battirent les ennemis et leur enlevèrent leurs places fortes. »

De même, dès 1675, Colbert avait confié à l'Académie des sciences la tâche de réaliser un traité de mécanique dans lequel devront être décrites « toutes les machines en usage dans la pratique des arts ». Ceci devait être un outil important mis à la disposition de ceux qui s'intéressent aux perfectionnements et à la rationalisation des techniques ainsi qu'à leur diffusion ; il a fallu près d'un siècle pour que ce souhait de Colbert devienne réalité (publication entre 1761 et 1788 de *Description des arts et*

métiers à l'Académie des sciences en 1693 et 1717) du fait de la concurrence d'une initiative privée (l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert).

A partir de 1699, l'Académie des sciences a également été chargée, par ordonnance royale, du contrôle des nouvelles inventions, ce qui lui a officiellement valu la qualité d'institution appelée à apprécier, à juger en matière d'inventions. Le règlement du 26 janvier 1699, ordonné par le roi pour l'Académie des sciences, stipula dans un de ses articles : « L'académie examinera, si le roi l'ordonne, toutes les machines pour lesquelles on sollicitera des privilèges auprès de Sa Majesté ; elle certifiera si elles sont nouvelles et utiles et les inventeurs de celles qui seront approuvées seront tenus de lui laisser un modèle. » Cela fait que le cabinet des machines joua le rôle d'un laboratoire d'essais et de contrôle et rassemblera au fil des années une importante collection. Pour se rendre compte de la richesse de celle-ci, il faut se rapporter au célèbre recueil publié, au fur et à mesure, tout au long de la première moitié du XVIII^e siècle (jusqu'en 1754) sous la direction de l'ingénieur maritime Jean-Gaffin Gallon : *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences depuis son établissement jusqu'à présent avec leurs descriptions*. Plus de cinq cent machines ou inventions diverses y sont décrites et représentées en planches ; donnons en deux exemples : la raboteuse de Nicolas Focq et la machine à calculer de Pascal. La collection n'est pas formée uniquement des machines d'intérêt pratique-industriel, elle comporte également des instruments scientifiques, de différentes « curiosités » scientifiques qui en constituent, d'ailleurs, la majeure partie. Notons que plusieurs membres de l'Académie des sciences s'intéressent à la mécanique appliquée et construisent de nombreuses machines. Parmi les plus célèbres, citons Amontons et Sébastien Truchet père. D'ailleurs, de nombreux autres membres de l'académie s'intéressent à la recherche appliquée. Tel est le cas de Réaumur, par exemple, qui améliore le thermomètre, crée « le four à poulets », ancêtre de la couveuse artificielle, s'intéresse de près aux aspects pratiques et théoriques de la production d'acier : préconise la production de l'acier au creuset par fusion d'un mélange de fonte et de fer doux, met au point les premières méthodes de métallographie, etc.

Vers le début du XVIII^e siècle, science et expérimentation sont à la mode et les cabinets de machines et instruments se multiplient. Dès 1699, une présentation de machines a lieu dans la grande galerie du Louvre. Ces institutions et établissements, qui préfigurent les futurs laboratoires de recherche, sont en général davantage tournés vers l'essai, l'information, la documentation et l'enseignement que vers une activité de recherche proprement dite.

Il faut mentionner, à côté du cabinet des machines de l'académie dont nous avons parlé et du cabinet de Vaucanson de l'hôtel de Mortagne sur lequel nous allons revenir, ceux de Pajot d'Ons-en-Bray (légé au cabinet de l'académie en 1753), de l'astronome Bochant de Saron, du duc d'Orléans et des Condé à Chantilly, les trois musées créés, autour de 1780, par Court de Gébelin (musée de Paris) ; Pahin de la Blancherie ; Pilâtre de Rosier (musée de Monsieur devenu plus tard le lycée). Ce dernier, qui se voulait avant tout un centre d'instruction et de recherche, prend de l'envergure après 1785 grâce, en bonne partie, à son mécène, le comte de Provence, et à de Flesselles devenu directeur après la mort de son fondateur. De grands savants y donnent des cours de mécanique appliquée et de méthodes de travail : Condorcet, Deparcieux, Fourcroy, Monge, Sue ; plusieurs chercheurs obtiennent des laboratoires pour leurs travaux. En un mot, il jouit d'un vrai rayonnement jusqu'à la Révolution.

Le lycée disparaît en 1792.

Le cabinet de Vaucanson de l'hôtel de Mortagne mérite une attention toute particulière : il est, à côté du cabinet de l'académie, de loin la collection de machines la plus importante du XVIII^e siècle ; elle présente la caractéristique d'être formée uniquement de machines d'un réel intérêt industriel, souvent récompensées par le gouvernement (jusqu'à la Révolution, le Bureau de commerce, formé des fermiers généraux, inspecteurs généraux du commerce et des manufactures, commissaires, députés et intendants du commerce, joue un rôle très important dans la promotion de l'industrie et des inventions en particulier ; c'est lui qui accorde les récompenses). Il n'y a pas d'instruments ou « curiosités » scientifiques comme dans le cabinet de l'académie. L'hôtel de Mortagne est en même temps un laboratoire de mécanique industrielle, le plus important en France au XVIII^e siècle.

C'est le célèbre mécanicien Jacques Vaucanson, inspecteur des manufactures de soie (1741), membre de l'Académie des sciences (1746) où il travaille à la rédaction du recueil *Machines et inventions approuvées*, qui se trouve à l'origine de cet établissement. C'est en 1746 qu'il s'y installe ; il quitte l'hôtel de Lougneville et loue l'hôtel de Mortagne où il crée quatre ateliers : de serrurier, de menuisier, de tourneur en fer et de tourneur en bois. Ces ateliers et le dépôt de machines qu'il constitue occupent une surface d'environ 200 m². Vaucanson a ainsi les conditions qui lui permettent de poursuivre et développer ses travaux d'inventeur, en premier lieu ceux portant sur les machines textiles et les machines-outils nécessaires à leur fabrication. Parmi les inventions les plus connues de Vaucanson, qui se trouvent souvent bien en avance sur leur temps, il faut citer : un moulin à organiser, un métier à tisser, divers autres mécanismes pour tisser, une machine à calandrer, un tour métallique à chariotier (réinventé en Angleterre par Maudslay une vingtaine d'années plus tard), une machine semi-automatique à faire la chaîne, une perceuse, une machine à fendre les roues, des fraises, etc. Notons que, pour ses inventions, Vaucanson reçoit de très fortes sommes d'argent du gouvernement. En tout, à sa mort en 1782, il y a dans l'hôtel de Mortagne une soixantaine de machines — dont une grande partie de son invention — et de nombreux outils.

Il est intéressant de remarquer que Vaucanson avait le souci du secret lié à l'invention. Il affirme lui-même qu'il construit ses moulins de façon à rendre leur imitation très difficile en faisant dépendre leur exécution de presque autant d'outils et instruments particuliers qu'il y a de pièces différentes dans leur composition.

Le rassemblement d'outils et de machines formé à l'hôtel de Mortagne par Vaucanson aux frais de l'Etat resta la propriété de ce dernier à la mort du mécanicien en novembre 1782. Pour en éviter la dispersion, le roi acheta le bâtiment et, par ordonnance royale du 3 août 1783, en fit un établissement public. Placé sous la direction de l'académicien Alexandre Vandermonde, il va jouer un rôle essentiel dans la promotion de l'industrie mécanique en France. Le but de l'établissement, comme l'affirme son directeur, est d'exécuter les machines des divers inventeurs (car c'est seulement ainsi qu'on pouvait réellement les juger et non pas sur des modèles ou dessins) ; de construire des machines utilisées à l'étranger ; d'améliorer et rendre moins onéreux le processus de leur fabrication ; de mettre les machines les plus dispendieuses et d'un usage rare à la disposition du public ; d'enseigner l'usage des nouvelles machines. L'acte royal insiste sur le rôle économique de l'établissement qui doit inciter les inventeurs et les capitalistes à former des spéculations sur des produits et des machines nouvelles et les pousser à perfectionner sans cesse leurs

fabrications.

Sur la base de ce programme, une activité assez intense se déroulera à l'hôtel de Mortagne de 1783 à 1791 quand, suite à la suppression du Bureau de commerce, les comptes de l'établissement sont clos. Bien que diminuées, ses activités vont se poursuivre jusqu'en 1798, année où il déménage au Conservatoire des arts et métiers. Les bâtiments qui resteront jusqu'en 1833 une annexe du conservatoire ne serviront qu'à loger des artisans et techniciens de renom (les Milne, Gaspard Grégoire, Molard).

En ce qui concerne l'activité déroulée à l'hôtel de Mortagne, après 1783, rappelons d'abord celle de construction et d'acquisition (don ou achats français ou étrangers) de nouvelles machines dont une grande partie sont employées dans l'industrie textile. Plus du tiers des machines sont construites à l'hôtel même : certaines d'après des dessins et des renseignements fournis par les inventeurs (celui-ci dirige parfois lui-même la fabrication — c'est le cas pour le métier à bas de Germain et Gaston par exemple), d'autres sont réalisées d'après les modèles étrangers ou des publications (un moulin à papier d'après l'*Encyclopédie*, un hache-paille d'après un ouvrage anglais).

Le nombre de machines augmente et passe ainsi d'environ 60 en 1783 à 220 en 1787, 290 en 1791 ; machines et outils seraient d'environ 500 en 1796. Parmi les plus connues, citons la machine à faire les lacets de Perrault, le métier à façonner de Domont, les machines textiles de Milne, le métier à tisser de Macloud, le métier à filer le coton de Pickford, la machine à fendre les cuirs de Fontaine, le fourneau du chimiste Black fourni par Watt, la lampe à courant d'air de Lange et Argand, les métiers rapportés d'Angleterre par Le Turc, les diverses machines de Dellié et celles de Claude-Pierre Molard. Ce dernier, arrivé comme chef d'atelier à l'hôtel de Mortagne en 1786, en devient le directeur à la mort de Vandermonde (1796). Il y a une très riche activité qui sera poursuivie au Conservatoire des arts et métiers. Mentionnons pour l'instant les machines qu'il réalise à l'hôtel de Mortagne : machine à extraire l'huile, machine à faire les lacets, jennies à 30, à 40 et à 60 broches, machines à couvrir les cravaches avec changement de fil et surtout l'outillage lié à la création d'un atelier spécialisé dans l'étude des procédés de fabrication des aiguilles.

Les nouvelles machines construites ou acquises à l'hôtel de Mortagne sont soumises à une série de tests et essais ; c'est un autre aspect des activités de l'hôtel. Citons encore les essais se rapportant à l'exécution des limes ou à la fabrication de la bière anglaise. Notons que ces essais sont parfois poursuivis en manufactures, dans des conditions réelles de fonctionnement ; tel est le cas des machines textiles testées à la manufacture des Quinze-Vingts située près de l'hôtel.

A l'hôtel de Mortagne, qui joue aussi le rôle de centre d'information, documentation et enseignement, sont également rassemblés des plans et dessins techniques qui servent à la fabrication des machines et outils, par exemple les 17 planches concernant les machines à filer le coton de Milne. D'autres dessins ont été réalisés à l'intention des différents ouvrages de documentation, tels ceux des machines textiles exécutés par Molard pour un complément à l'ouvrage *L'Art du fabricant d'étoffes de coton* de Roland.

Mentionnons aussi que le directeur de l'hôtel de Mortagne, Vandermonde, effectue, en tant que commissaire auprès du Bureau de commerce (où il remplace Vaucanson à partir de 1783) et membre du nouveau Bureau de consultation pour les arts (dès 1791), de nombreux essais pour les rapports qu'il adresse à ces administrations en vue de l'octroi de privilèges et autres protections aux inventeurs. En 1786, Vandermonde pré-

sente avec Monge et Berthollet une étude qui fait date sur la métallurgie du fer et de ses composés carburés. Il est nommé en 1793 chargé de mission, pour l'amélioration des armes blanches, à la manufacture de Klingenthal (Bas-Rhin) et en 1794 (avec Hassenfratz) à la direction du nouvel atelier de perfectionnement des armes portatives créé à Paris dans le petit hôtel de Montmorency où il resta en fonctions jusqu'en 1797.

Avant de continuer l'histoire des laboratoires de recherche industrielle civile, telle qu'elle ressort à travers l'histoire du Conservatoire des arts et métiers, arrêtons-nous très brièvement à la recherche industrielle militaire au XVIII^e siècle. Elle se déroule à l'instar de la recherche industrielle civile aussi bien dans des unités de production que dans des institutions non productives où la recherche côtoie l'enseignement, la collection d'objets, l'information et la documentation technico-scientifique. Mais si pour la recherche civile, ces dernières institutions sont créées à partir de la fin du XVII^e siècle, la recherche militaire s'implante et se taille une part de plus en plus importante dans des institutions déjà existantes, notamment les arsenaux et les écoles militaires. Notons également que de nombreuses unités de production de l'artillerie (fonderies, manufactures) ne travaillent que pour l'Etat et sous la tutelle des institutions centrales de l'artillerie ; leur recherches s'intègrent ainsi dans le cadre de la présente étude.

Au XVIII^e siècle, la recherche militaire concerne surtout le génie civil (ponts et chaussées, fortifications, ponts, etc.) et l'artillerie. On ne s'arrêtera qu'à ce dernier domaine, comme cela a déjà été spécifié.

Les recherches portant sur l'artillerie poursuivent une tradition qui vise tant l'amélioration des performances techniques des pièces et armes que celle de leurs exploitations et fabrications. Les efforts furent ainsi dirigés vers une meilleure balistique, une augmentation de la cadence de tir, une plus grande fiabilité, etc., et vers une uniformisation et une standardisation du matériel. C'est au début du XVIII^e siècle que commence l'expérimentation des canons et des poudres, grâce à l'utilisation du pendule balistique créé à l'époque par l'Anglais Robins. Mais, jusqu'au milieu du siècle, l'étude de la balistique resté surtout théorique, œuvre des mathématiciens et physiciens, et ce n'est qu'après cette date qu'on s'efforça d'allier les théories mathématiques aux données expérimentales. En 1732, Jean-Florent Vallière, inspecteur de l'artillerie, rationalise le matériel en réduisant le nombre des calibres des canons à cinq : 4, 8, 12, 16 et 24 livres et impose en même temps des dimensions plus uniformes pour un même calibre. Cette artillerie, qui servira inchangée pendant plus de trente ans, sera représentée par les planches de l'*Encyclopédie*. C'est Jean-Baptiste Jacquette de Gribeauval, inspecteur de l'artillerie à partir de 1764 et inspecteur général (fonction créée pour lui) de 1776 à 1789, qui introduira de nouvelles modifications : il sépare le matériel suivant sa destination (campagne, siège, place, côte) et établit des modèles améliorés. Les armes à feu portatives furent, elles aussi, peu à peu uniformisées et on vit apparaître, dès 1717, des tables définissant les modèles devenus réglementaires.

C'est dans les écoles, les arsenaux, et dans les fonderies et les manufactures de l'artillerie que s'effectue la majeure partie de la recherche qui aboutit à ces réalisations.

Cinq écoles sont créées entre 1720 et 1755 dans les villes frontalières de Metz, Strasbourg, Grenoble, Perpignan et La Fère sous la supervision de la Grand-Maîtrise et à la suite d'une ordonnance prise en 1720 par Le Blanc, ministre de la Guerre. Le directeur général de ces écoles de 1721 à 1759 est Vallière. En 1755, une réorganisation de l'artillerie mène à la suppression de la Grand-Maîtrise et à la constitution d'un corps unique : le Corps royal de l'artillerie (avec à sa tête Vallière, de 1755 à 1776, suivi de

Gribeauval) qui montra une grande capacité d'organisation tant dans la recherche que dans la formation des cadres. De nouvelles écoles sont créées à Auxonne, Valence, etc. ; en 1775 est également créée la Régie des poudres et salpêtres — unique fournisseur d'explosifs et poudres de l'armée. Les enseignements dispensés dans les écoles d'artillerie portent essentiellement sur les mathématiques et la physique ; les examinateurs et les professeurs sont des scientifiques de prestige, souvent membres de l'Académie des sciences, tels Camus, Bezou, Laplace, Lacroix, Legendre, Belidor, Lombard. Ils sont d'abord des chercheurs et ce n'est pas rare que leur activité soit liée à la recherche expérimentale effectuée tant en laboratoire que sur le polygone.

Belidor, par exemple, professeur à l'école de La Fère, auteur du célèbre livre *L'Architecture hydraulique*, s'intéresse de très près aux problèmes des canons. Il publie dès 1731 *Le Bombardier français ou Nouvelle Méthode de jeter les bombes avec précision*, où il établit des tables permettant de calculer les portées suivant l'angle de pointage. En 1740, il procède, au polygone de l'école de Metz, en la présence du maréchal de Belle-Isle, à des expériences pour déterminer une nouvelle théorie de charges des projectiles. Ses résultats sont spectaculaires : il propose l'adoption des chambres de combustion sphérique pour améliorer la combustion de la poudre et préconise une charge de poudre équivalant à 1/3 du poids du boulet au lieu des 2/3 utilisés auparavant. Ces perfectionnements ne passent pas en pratique à cause des intrigues politiques qui opposent « l'artillerie des anciens » à celle des « modernes », soit le clan Vallière, appuyé parmi les scientifiques par Buffon et Condorcet, et le clan Gribeauval dont fait partie Belidor. Pour ses prises de position, ce dernier perd d'ailleurs ses fonctions à l'école de La Fère.

A l'école d'Auxonne, Lombard, à la suite de ses essais effectués entre 1767 et 1769, écrit un *Traité du mouvement des projectiles appliqué au tir des bouches à feu* dans lequel il résume les connaissances de l'époque et surtout introduit le théorème de la rigidité de la trajectoire qui définit pratiquement l'angle de site et l'angle de pointage. Il traduit aussi le livre *Nouveaux principes de l'artillerie* de Robins, commenté par Euler (1783), et calcule, le premier, des tables de tir, qui, malgré leurs imperfections, ont le mérite de familiariser les artilleurs avec l'usage de ces documents. Elles sont appliquées pendant les guerres de la Révolution et de l'Empire. Les élèves d'Auxonne participent aux essais sur le polygone ; c'est ainsi que Bonaparte est nommé membre d'une commission « pour étudier le tir des bombes avec des pièces de siège et des mortiers ».

Les arsenaux (Paris, Strasbourg, Toulouse, Grenoble, Auxonne, etc.) sont les autres endroits où des recherches ont lieu. Citons celles liées à l'amélioration du matériel d'artillerie de l'époque Gribeauval. Il s'agit de la réalisation des cartouches réunissant la charge au boulet, de l'adoption de la hausse et de la vis de pointage, de l'étoupille en roseau qui assure une plus grande régularité de la mise à feu, de la construction des canons à chemise amovible en cuivre vissé à l'intérieur qui permettait ainsi de prolonger la vie des canons en rattrapant l'usure. On réalisa un instrument, appelé « étoile mobile », pour mesurer exactement les diamètres intérieurs des pièces ; il était constitué de bras mobiles s'écartant par le jeu d'un coin qui se réglait par déplacement longitudinal. Pour assurer l'uniformité des calibres et des approvisionnements, les arsenaux furent dotés d'autres instruments : patrons, mandrins, lunettes, etc. Remarquons aussi que les formes et dimensions des affûts, des avant-trains, de leurs roues et essieux furent strictement réglementées pour être rendues interchangeables.

Mais les recherches entreprises dans les arsenaux ne por-

taient pas uniquement sur les canons. A l'arsenal de Paris, par exemple, Nicolas-Joseph Cugnot réalise de 1769 à 1771 son célèbre fardier, première voiture automobile munie d'un moteur thermique, notamment une machine à vapeur à haute pression. C'est également le premier moteur du genre, toutes les machines antérieures étant à basse pression. Cugnot s'inspira du projet que l'Allemand Jacob Leupold publia en 1723 dans son *Theatrum machinarium*. Quand il commença la construction de son fardier, Cugnot avait déjà plusieurs inventions à son actif dont un nouveau type de fusil et une planchette topographique ; en 1769, il publia aussi *La Fortification de campagne théorique et pratique*. Pour la construction du fardier, Cugnot jouit de l'aide du général Gribeauval. Il réalise d'abord un modèle réduit qui, en 1770, est testé en la présence du ministre Choiseul. Malgré ses imperfections, l'essai est jugé assez satisfaisant pour que la construction d'un modèle plus grand soit ordonnée. Deux cylindres et les têtes de pistons sont commandés à la fonderie de Strasbourg. Le mécanicien Brezin est chargé de l'exécution des autres pièces et de la construction de la voiture à l'arsenal. Les frais s'élèveront à 20 000 livres. Le véhicule est terminé en 1771 mais n'est pas essayé faute de crédit et demeure ignoré à l'arsenal pendant trente ans, après quoi il est transporté au conservatoire.

Les fonderies et manufactures de l'artillerie répandues sur tout le territoire (fonderies à Douai, Strasbourg, Lyon, Ruelle, Indret, etc., manufactures à Saint-Etienne, Liège, Charleville, Versailles, Klingenthal, Roanne, etc.) sont elles aussi des lieux privilégiés de recherche appliquée. Parmi les meilleurs exemples de cette activité, on peut citer les recherches portant sur les matériaux, elles sont nombreuses et comportent souvent des essais de comparaison avec les produits étrangers.

La fabrication des premiers canons en fonte fut tout d'abord mise au point à la fonderie de Saint-Gervais-sur-Isère en 1678. Les canons en bronze furent ainsi lentement remplacés en commençant par ceux embarqués à bord des vaisseaux où Colbert imposa les canons en fonte. Au milieu du XVIII^e siècle, il n'y avait plus de canons en bronze embarqués. A l'époque, la fonte était obtenue au haut fourneau, alimenté en France par le charbon de bois. En 1775 furent introduits les premiers fours à réverbère qui permettaient d'obtenir une fonte de meilleure qualité (fonte de deuxième fusion) et en plus grande quantité que par la coulée directe du haut fourneau. Ce procédé de deuxième fusion fut d'abord employé pour les pièces de gros calibre.

Pour les essais comparatifs, les archives de l'artillerie gardent les traces des essais faits depuis 1716 dans les différentes fonderies. Le général Wendel laissa en 1772 des mémoires qui portent sur « les fourneaux, forges, fabriques d'acier, fonderies de cuivre du Berry, Nivernais, Dauphiné, Savoy, Piedmont, Corynthie, Styrie, Autriche, Bavière, Tyrol. »

Notons que les fonderies furent réorganisées à plusieurs reprises par Turgot, Sartine et le maréchal de Castries.

L'histoire de l'interchangeabilité débute, elle, dans les arsenaux (comme on l'a déjà vu) et dans les manufactures de l'artillerie comme suite logique des préoccupations d'uniformisation et standardisation déjà existantes. Ainsi, en 1763, à la manufacture de Saint-Etienne, Blanc, contrôleur des manufactures de l'artillerie, commence des recherches « sur la fabrication des instruments et machines pour établir l'uniformité des différentes pièces d'armes à feu ». Le gouvernement s'intéresse à ces recherches et des essais officiels ont lieu aux Invalides en 1790. En parallèle, des enquêtes sont menées en Angleterre pour connaître l'état d'avancement des travaux dans ce domaine. En 1791, un rapport portant sur la modalité de conserver le gabarit des matrices est déposé à l'Académie des sciences.

LES LABORATOIRES DE RECHERCHE INDUSTRIELLE DE LA RÉVOLUTION AU MILIEU DU XIX^e SIÈCLE

En ce qui concerne l'industrie en général et l'invention et l'innovation en particulier, le gouvernement de la France républicaine continue la politique de soutien et d'incitation pratiquée sous la monarchie. C'est le Bureau de consultation pour les arts, créé en 1791, qui est chargé d'accorder les dons, gratifications et encouragements. Le brevet d'invention, instauré par la loi du 25 mai 1791, s'intègre dans cette politique de promotion des techniques.

Quant à la science, elle s'organise et se professionnalise en devenant pour la première fois au monde non seulement un défi intellectuel, mais aussi une carrière. Cela est vrai surtout pour la science fondamentale et dans une moindre mesure pour la science appliquée. A l'époque de l'Empire, cette différenciation s'accroît : si les mathématiques, physique, chimie, biologie sont très à l'honneur, la science appliquée ne jouit pas de la même considération ; le faible retentissement des travaux de Lazare Carnot et Philippe Lebon est édifiant. Il est d'ailleurs bien connu que l'Empire fut très peu sensible au progrès technique ; un exemple des plus célèbres est le sort réservé à l'énergie vapeur.

Il ne faut pourtant pas exagérer, les sciences appliquées ont elles aussi progressé, progrès dû en partie aux exigences de la guerre ; l'industrie doit faire face à l'embargo continental. Les efforts de rationalisation de la production, surtout militaire, s'accroissent. La création du système métrique, bien qu'encore sans utilité pratique, est le témoin privilégié de ces efforts.

La science s'organise surtout au niveau institutionnel. Sont ainsi créés : l'Ecole polytechnique, le Conservatoire des arts et métiers, l'Ecole normale supérieure, le Bureau des longitudes, les trois écoles de médecine, l'Institut de France. Même s'ils ne possèdent ni de vrais laboratoires, ni une vraie politique de recherche, les travaux effectués et les résultats obtenus représentent souvent des contributions de grande importance non seulement sur le plan théorique mais également sur le plan pratique, voire industriel. Mentionnons à ce propos les travaux de Monge, à l'Ecole polytechnique, sur la géométrie descriptive, la théorie des mécanismes, et sur « l'art de fabriquer les canons ».

Avec la Restauration commence une période de redressement industriel qui sera confirmé vers 1840. Le rôle innovateur des techniciens français fut très important pendant cette période égalant souvent celui des Anglais. Citons les noms de Calle, Decoster, Cavé, Bourdon pour la machine-outil, celui de Thimonnier pour la machine à coudre (1830), celui d'André Galle pour la chaîne qui porte son nom (1830), ceux de Niepce et Daguerre pour la photographie (1839), celui de Palmer pour le micromètre à vis (1848), etc. Ce sont surtout des créateurs individuels qui ne jouissent encore d'aucune structure créée spécifiquement et uniquement pour la recherche appliquée. Même le Conservatoire des arts et métiers, qui est en première ligne de la recherche industrielle, ne s'y consacre pas en exclusivité. Il l'intègre, sous tous ses aspects (création, essais, etc.), à côté d'autres activités, notamment l'information et la documentation technique et industrielle et l'enseignement.

Le conservatoire fut créé le 10 octobre 1794 par un décret de la Convention, dont le texte a été présenté par l'abbé Grégoire au nom du Comité d'instruction publique, qui stipulait : « Article premier. Il sera formé à Paris sous le nom de Conservatoire des arts et métiers et sous l'inspection de la Commission d'agriculture et des arts, un dépôt de machines, modèles, outils, dessins, descriptions et livres dans tous les genres d'arts et

métiers... Article second. On y expliquera la construction et l'emploi des outils et machines utiles aux arts et métiers. » Ce décret charge aussi la Commission d'agriculture et des arts de diffuser « partout, quand elle le jugera utile à la République, tous les moyens de perfectionner les arts et métiers, par l'envoi des descriptions, dessins et même par des modèles ». De plus, cette commission doit, avec le concours de la Commission d'instruction publique, faire « rédiger au plus tôt et publier les découvertes consignées dans le Bureau de consultation des arts, du Lycée des arts, dans les manuscrits de la ci-devant Académie des sciences » (la Commission d'agriculture et des arts est chargée de tout ce qui concerne l'économie agricole et industrielle et la Commission d'instruction publique de tout ce qui concerne la recherche et les inventions). Notons que le texte du décret de création du conservatoire reprend en bonne partie les idées de l'ordonnance royale du 3 août 1783 portant création de l'hôtel de Mortagne. Il prévoit aussi le personnel : trois démonstrateurs et un dessinateur. Ceux-ci sont : Jean-Baptiste Le Roy, auquel succède en 1800 Joseph-Michel de Montgolfier ; Jacques Nicolas Conté, avec l'abbé Grégoire comme remplaçant pendant l'absence du premier ; Alexandre Vandermonde, auquel succède en 1796 Claude-Pierre Molard ; Beuvelot comme dessinateur, auquel succède en 1816 Nicolas Leblanc. La fonction de démonstrateur a été assez éphémère : elle disparaîtra en 1810 à la mort de Montgolfier, dernier démonstrateur. Entre-temps (en 1801), Molard avait été nommé seul administrateur du conservatoire.

Les débuts du Conservatoire des arts et métiers sont difficiles. Ce n'est qu'en juin 1798 que des locaux lui sont attribués : l'ancien prieuré de Saint-Martin-des-Champs. L'installation effective commence une année plus tard et, pendant une quinzaine d'années, on y transfère les objets et les dessins techniques qui se trouvent dans différentes collections : ceux de l'hôtel de Mortagne (environ 500), ceux de l'hôtel d'Aiguillon (où avaient été rassemblés, pendant et après la Révolution, les objets de science et de technique saisis chez les émigrés et les condamnés ou dans les pays conquis ; environ 800 objets), la collection complète d'horlogerie de Ferdinand Berthoud (environ 200 pièces), le cabinet de physique de Charles (environ 600 pièces) ainsi que d'autres objets et dessins provenant de certains dépôts ou expositions de produits. Plus de 3 000 objets et 600 dessins sont inventoriés dans le catalogue de 1818 ; ce dernier comprend une ample introduction du nouveau directeur, Christian.

L'exploitation de cette collection commence notamment par l'organisation d'une présentation générale, des démonstrations d'utilisation, des essais, etc. Le règlement intérieur de l'établissement prévoit l'exécution de la description de tous les objets, en précisant les résultats des essais qu'ils ont subis, ainsi que des recueils de dessins. Les différentes autres fonctions confiées au conservatoire vont lentement se mettre en place en parallèle avec l'accroissement du nombre de personnes qui y travaillent. Celui-ci passe de quatre en 1794 à quinze en 1800 pour arriver à vingt-cinq en 1819.

Durant les premières années après sa création, deux services sont implantés au conservatoire : il s'agit d'un bureau de dessinateurs et d'un atelier de mécanique. Le premier n'est autre que le bureau des dessinateurs du Comité de salut public (qui travaillait pour la Commission des armes et poudres et pour l'Agence des mines) transféré au conservatoire. Il fut placé au début (avant 1798) dans les locaux de l'hôtel d'Aiguillon. Composé de sept dessinateurs, sa tâche principale était la réalisation des dessins de toutes les machines existantes concernant les arts et métiers. Cette tâche utopique fit que ce service fut supprimé en 1819, mais pas avant d'avoir fortement contribué au développement de

l'enseignement du dessin.

Quant à l'atelier, il s'agit du rattachement au conservatoire, en 1795, de l'atelier de perfectionnement des armes portatives du petit hôtel de Montmorency. Il employait dix-neuf ouvriers (quatre mécaniciens, trois tailleurs de limes, quatre machinistes, trois graveurs, deux menuisiers, trois forgerons) et comportait un nombreux matériel : douze forges, soixante-quatre étaux, six tours, sept fours dont un à réverbère, etc. C'est ici que sont réalisés les mètres étalons demandés par la Commission des poids et mesures ; une machine pour le laminage des bandes de fer placées aux extrémités de ces mètres y est spécialement conçue. Cet atelier disparaît en 1797 quand un nouvel atelier est organisé dans les locaux du prieuré de Saint-Martin-des-Champs. Ce dernier sera un atelier à la pointe du progrès qui, vers 1820, comprend des machines, outils et appareils très perfectionnés pour l'époque : machines à diviser et à fendre les roues, à fileter les vis et les écrous, à tirer les fils métalliques, à faire la chaîne, des tours, des perceuses, des laminaires, des cisailles à tranchants circulaires, des balanciers, des pyromètres, etc. En continuant la tradition de l'hôtel de Mortagne, il est accessible aux personnes qualifiées qui peuvent ainsi bénéficier d'un outillage perfectionné. Les horlogers, par exemple, y viennent quotidiennement, comme le rapporte Molard, pour se servir du grand et petit pyromètre afin d'assortir les tringles des balanciers à gril compensateur.

À côté de cet atelier d'avant-garde, véritable atelier de recherche, au conservatoire est installé, en 1809, un autre atelier à but pédagogique pour les élèves aspirants des Ecoles des arts et métiers. Ce dernier sert aussi d'atelier de réparation et entretien. Un chef d'atelier, qui aura la responsabilité des deux ateliers, sera nommé en 1810. Le premier est Roggero auquel succède en 1819 Pecqueur. Ce dernier assumera aussi les fonctions de préparateur auprès du professeur de mécanique.

Cela nous amène à un autre aspect de l'activité développée de bonne heure au conservatoire : celle d'enseignement. Ainsi, dès 1804, deux écoles sont créées : une école de dessin appelée, à partir de 1819 (quand l'enseignement prend son essor), « la Petite Ecole », et une école de filature. Cette dernière ne fonctionne qu'une décennie ; Jacques Milne y est professeur et le célèbre Jean-Baptiste Say, le premier élève inscrit. Par contre, « la Petite Ecole », créée avec l'aide du bureau des dessinateurs, connaît un grand développement ; c'est l'époque où l'importance du dessin devient primordiale. Elle a, en 1804, huit élèves dont Nicolas Leblanc ; ce nombre avoisinera la centaine à partir de 1807 et jusqu'au milieu du siècle. Son rayonnement est dû en bonne partie à Nicolas Leblanc nommé professeur en 1829 ; avec lui naît un véritable enseignement du dessin industriel, définitivement affranchi du dessin d'architecture. Mentionnons aussi qu'à partir de 1816 un cours de physique expérimentale sera donné pendant plusieurs années par Charles. Il utilise à cette fin son propre cabinet qu'il réinstalle lui-même.

Le conservatoire possède également, dès le début, une bibliothèque qui compte 8 000 ouvrages en 1813. Le bibliothécaire doit accomplir un travail de documentation et traduction en répertoire et traduisant les publications se rapportant aux arts et métiers.

Le conservatoire remplit également un autre rôle : à partir de 1798, il devient le dépositaire des brevets échus dont il doit publier la description et exécuter les dessins. Le premier volume d'une collection intitulée « Description des machines et procédés spécifiés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation dont la durée est expirée » est publié en 1811 ; le suivant paraîtra en 1818.

Ainsi, jusqu'en 1819, le Conservatoire des arts et métiers est, tout comme son prédécesseur l'hôtel de Mortagne, essentiel-

lement un centre de documentation et un laboratoire industriel. Il joue ce rôle tant auprès du gouvernement, ou plus exactement du Bureau consultatif des arts et métiers (centre d'information du gouvernement pour tout ce qui concerne les techniques et l'industrie), qu'auprès des personnes privées physiques ou morales telles que la Société d'encouragement à l'industrie nationale ou la Société d'agriculture.

Parmi les travaux effectués à ce titre au conservatoire, et dont les archives de l'établissement gardent trace, peuvent être cités en tant qu'exemples la documentation pour l'implantation d'un laminoir à la fonderie du Creusot (1798) ; les essais sur la fabrication des cylindres en papier pour la construction des machines à lustrer les étoffes (1800) ; l'étude pour l'établissement en France de cent moulins à scie (1801) ; le mémoire de Molard sur le cardage et la filature mécanique de la laine (1801) ; les essais sur la fabrication des mécaniques propres à filer et carder le coton (en 1802, le ministère ouvre un concours à la suite duquel naît en 1804 l'Ecole de filature) ; la construction de cent cinquante presses à bascules et cent cinquante fourneaux pour le chauffage des poinçons propres à marquer les nouveaux poids et mesures (1801 et 1805) ; les essais des échantillons d'acier cimenté d'après les procédés d'Ingerschmidt pour les forges de Saint-Pierre-d'Albigny (1806) ; l'étude des procédés de trempe de limes en acier (1806) ; la construction d'un appareil de Bonnemain pour vérifier la dilatation des métaux ; les expériences et étude théorique pour économiser le combustible dans les différents appareils de chauffage (en 1807, le ministère établit un concours) ; les essais du procédé de tannage de Favier (1810) ; les essais des machines à filer le lin (en 1810 le ministère ouvre un concours doté d'un prix d'un million de francs) ; les essais sur les moyens de détruire la chrysalide des cocons des vers à soie (1810) ; les essais sur la fabrication de sucre de betteraves (1811) ; le perfectionnement d'une machine à faire les bottes de foin pour le ministère de la Guerre ; la construction pour ce même ministère de charrues et jougs ainsi que de cinquante moulins portatifs ; l'étude d'une pompe de puisement d'eau ; l'étude d'un appareil pour le remorquage des trains de bois sur les fleuves ; essais d'amélioration de culture de nombreuses plantes (pommes de terre, betteraves, chanvre, lin, coton, mûriers, etc.) ; les essais des instruments agricoles des pays d'outre-mer, etc.

Le conservatoire associe son nom à d'autres inventions réalisées jusque vers 1820, parmi lesquelles on peut citer le bélier hydraulique de Montgolfier, le mélange d'argile et de graphite pour les mines de crayon de Conté, et les très nombreux inventions et perfectionnements de machines et outillages réalisés par Molard. Administrateur du conservatoire de 1801 à 1816, ce dernier contribue, à ce titre, à de nombreuses réalisations, dont certaines ont déjà été mentionnées, tels les machines à marquer les poids et mesures ou les moulins portatifs. D'autres de ses inventions portent sur les métiers à fabriquer les draps ; l'appareil à fabriquer des miroirs à surfaces parallèles, droites ou courbes ; la machine à percer les murs ; l'appareil de chauffage à circulation d'air ; la machine à égrener le coton ; le semoir pour betterave ; les instruments pour l'essai des mécanismes à filer le lin ; la roue à aubes pour bateaux à vapeur ; le pont à bascule ; la cheminée à charbon de terre, etc. Des recherches en chimie sont également entreprises par le célèbre chimiste, créateur de la soude artificielle, Nicolas Leblanc père. Dans un ouvrage publié en 1802, il note : « Le citoyen Molard, directeur du Conservatoire des arts et métiers, m'a fourni des secours sans lesquels il m'eût été impossible de reprendre mes opérations. C'est dans un laboratoire de cet établissement à Saint-Martin que se fait aujourd'hui mon travail. » Mentionnons également, parmi les réalisations

célèbres, antérieures à 1820, la mécanique de Jacquard. C'est au conservatoire, où il était envoyé en stage par le gouvernement, que Jacquard créa sa mécanique.

L'année 1819 est une année particulière pour le conservatoire. Si, jusqu'à cette date, l'établissement était essentiellement un centre d'information et un laboratoire de recherche et d'essais, après l'accent sera de plus en plus mis sur l'enseignement. C'est en 1819, par ordonnance royale, qu'une « Haute école d'application des connaissances scientifiques au commerce et à l'industrie » fut créée au conservatoire. Elle était formée de trois chaires : *mécanique appliquée aux arts* – titulaire Charles Dupin de 1819 à 1873 ; *chimie appliquée aux arts* – titulaire Nicolas Clément-Desormes de 1819 à 1841, suivi d'Eugène Peligot de 1841 à 1889 ; *économie industrielle* – titulaire Jean-Baptiste Say de 1819 à 1852. Sept autres chaires sont créées entre 1829 et 1839 : *physique appliquée aux arts* – titulaire Claude Pouillet de 1829 à 1852 ; *mécanique* – titulaire Arthur Morin de 1839 à 1856 ; *géométrie descriptive* – titulaire Théodore Olivier de 1839 à 1853 ; *chimie appliquée à l'industrie* – titulaire Anselme Payen de 1839 à 1871 ; deux chaires d'*agriculture* dont une ayant comme titulaire Louis Moll de 1839 à 1880, l'autre Oscar-Leclerc Thonin de 1839 à 1845 (cette dernière va devenir la chaire de chimie agricole) ; *légalisation industrielle* – titulaire Raymond Wolowski de 1839 à 1876.

Toutes ces chaires correspondent à la création des nouvelles disciplines apparues au fur et à mesure du progrès technico-scientifique et économique-industriel. Elles sont établies le plus souvent *ad personam*, se dotant ainsi de la compétence d'un spécialiste de prestige, voire d'un créateur de disciplines. Les noms déjà cités de Ch. Dupin, J.-B. Say, N. Clément-Desormes, C. Pouillet, A. Morin, A. Payen, etc., parlent d'eux-mêmes. Ces spécialistes poursuivent leurs recherches le plus souvent avec l'aide de leurs élèves, dans le cadre de laboratoires créés auprès de leurs chaires. Ces laboratoires jouent presque toujours plusieurs rôles : laboratoire de recherches, laboratoire pédagogique où se déroulent les travaux pratiques des étudiants, laboratoires d'essais pour l'industrie.

Arrêtons-nous plus en détail sur ces laboratoires en rappelant quelques-unes de leurs réalisations les plus brillantes.

Pour la mécanique, remarquons tout d'abord les travaux de Ch. Dupin, père fondateur de l'enseignement au conservatoire et plus généralement de l'enseignement technique supérieur en France. Il a accompli une œuvre de pionnier dans la résistance des matériaux tout spécialement dans le domaine des déformations élastiques qu'il appela « premières déformations » ainsi que dans celui de la flexion à laquelle il donna une base expérimentale.

Arthur Morin poursuivra, à partir de 1836, ses recherches commencées en 1829 à l'école d'artillerie de Metz ; nous en parlerons plus loin. Au conservatoire, il améliora encore, avec l'aide du mécanicien Clair, son dynamomètre enregistreur qu'il transforma en un appareil universel utilisable à la mesure du travail mécanique. Il étudia ainsi les rendements des moteurs hydrauliques, le tirage des voitures (qu'il trouva directement proportionnel au diamètre des roues), le travail des charrues, etc. Il apporta aussi quelques perfectionnements à l'indicateur de Watt utilisé à la mesure du travail mécanique des machines à vapeur. Morin déterminera expérimentalement de nombreux coefficients empiriques qui entrent dans les formules de la mécanique appliquée tels ceux de frottement (glissement ou roulement), du choc des corps mous, etc. ; un nombre important de ces chiffres sont devenus depuis d'une utilisation courante. Soulignons qu'il fit de ses propres recherches une des matières principales de son enseignement. Ses cours et surtout son aide-mémoire contribuèrent

puissamment au développement de la mécanique en France. Nommé directeur du conservatoire en 1850, Morin fut le principal instigateur de la création du premier laboratoire de mécanique industrielle (1852) et de la Commission internationale du mètre en 1869.

Th. Olivier étudia la géométrie des engrenages en reprenant les travaux de l'Anglais White relatifs à la recherche de la diminution du frottement de plissement. Il fit exécuter, pour les besoins de son enseignement, une série de modèles d'engrenages à grande échelle ainsi que des modèles géométriques à surfaces transformables.

Onésiphore Pecqueur, chef d'atelier au conservatoire et préparateur du cours de mécanique de Dupin, prit en 1828 un brevet pour un différentiel appliqué à l'automobile (une voiture à vapeur). Il s'agit de la première description et du premier dessin d'un différentiel. Par ce mécanisme, stipule le brevet, « une force unique se partage en égales parties sur les deux roues, celles-ci conservant une indépendance parfaite et pouvant indifféremment faire plus de chemin l'une que l'autre, et d'elles-mêmes toutes les fois qu'il s'agira de tourner ou de marcher en lignes courbes ».

En ce qui concerne la chimie, mentionnons que N. Clément-Desormes commença ses recherches, dès 1801 en tant qu'industriel, en déterminant la composition de l'oxyde de carbone et du sulfure de carbone. Il mit ensuite au point un procédé industriel de raffinage de l'alun impur, résidu de l'exploitation de mines de couperose qui eut un très grand succès industriel. Mais sa réussite la plus remarquable fut la découverte des réactions qui interviennent dans le processus de la préparation de l'acide sulfurique en améliorant ainsi la production et, par conséquent, contribuant au développement de l'industrie chimique tout entière. Notons aussi que Clément-Desormes s'intéressa à la thermique et influença Sadi Carnot, son élève au conservatoire ; il lui prêta son manuscrit portant sur ses propres recherches concernant les machines à vapeur. Son successeur, E. Peligot, étudia dans le même laboratoire les propriétés essentielles des aciers et isola pour la première fois l'uranium de son oxyde.

Dans un autre laboratoire, celui de chimie industrielle, Anselme Payen arriva à une théorie complète de la nutrition végétale en effectuant des études sur les propriétés de l'amylase (diastase), première enzyme découverte par lui, et sur le mécanisme par lequel les matières amylacées (amidon, fécule) sont transformées en substances solubles assimilables : dextrine puis sucre. Il arriva ainsi à donner une théorie de la fabrication de la bière, à établir un procédé industriel de fabrication de la dextrine et à concevoir les moyens scientifiques de reconnaissance de la falsification des substances alimentaires.

Quant au laboratoire de physique, il trouve son origine dans le cabinet de physique de Charles, lui-même héritier du cabinet de l'abbé Nollet, cabinet que le conservatoire acquit en 1814 et dont Charles continua à s'occuper jusqu'à sa mort en 1823. C'est Claude Pouillet, d'abord professeur à l'Ecole polytechnique puis professeur au conservatoire et directeur de celui-ci de 1829 à 1849, qui, en 1826, prendra la relève. Il évalua pour la première fois la chaleur solaire à l'aide d'un pyrhéliomètre, qu'il inventa, et d'une méthode de mesure tout à fait originale qui lui permirent d'établir pour la constante solaire une valeur à 10 % près par défaut de la valeur retenue aujourd'hui. De même, il imagina une méthode de démonstration et créa les instruments nécessaires pour établir les lois des courants électriques, lois obtenues par Ohm dix ans auparavant mais encore difficilement acceptées à l'époque. Pouillet publia ses résultats en 1837 dans un mémoire intitulé : *Sur la pile Volta et sur la loi générale d'intensité que suivent les courants*.

Après 1820, le conservatoire continua à jouer un rôle important dans la mise en place du système métrique. Action commencée, comme on l'a déjà vu, dès 1795 par la construction des mètres demandés par la Commission des poids et mesures et continuée avec la réalisation par Molard des presses, poinçons et fourneaux pour le marquage des poids et mesures de 1812.

C'est par la loi du 4 juillet 1837 que le système métrique devient définitivement obligatoire en France. Cela s'accompagne de la prohibition des modèles de poids et mesures définis en 1812, ce qui suppose que chaque bureau de vérification (il y en a 364 en France) soit pourvu de l'assortiment nécessaire d'étalons vérifiés et poinçonnés au Dépôt des prototypes établi près du ministère des Travaux publics, de l'Agriculture et du Commerce. Ces étalons devront être vérifiés de nouveau au même dépôt une fois tous les dix ans!

Les opérations de réception, vérification et marquage des étalons (les mètres sont construits par Gambey ; les capacités par Gambey, Denière et Jecker ; les poids par Parent) eurent lieu dans une galerie du Conservatoire des arts et métiers où avaient été provisoirement installés les instruments de vérification provenant du Dépôt des prototypes. Ces opérations furent confiées à Kutsch, vérificateur des étalons prototypes au ministère. Une fois les opérations terminées, le Dépôt des prototypes fut réaménagé au ministère en 1841. En 1848, ce dépôt fut transféré définitivement au conservatoire qui reçut la collection des étalons prototypes déposés près le ministère de l'Agriculture et du Commerce : pile de Charlemagne, mètre et kilogramme prototypes en platine déposés au ministère de l'Intérieur en 1797, mètre provisoire construit par Lenoir sous la direction de Borda et de Brisson en exécution de la loi du 1^{er} août 1793, plusieurs comparateurs dont celui de Gambey, des balances et des étalons divers. Les attributions du Bureau des prototypes étaient également dévolues au conservatoire, qui était ainsi chargé de la révision décennale des étalons des bureaux de vérification.

Soulignons qu'en France, dans la première moitié du XIX^e siècle, la modification des objectifs de l'enseignement supérieur, qui devait abandonner l'enseignement d'une culture encyclopédique pour celui des méthodes de recherche, n'est pas encore réalisée. Ainsi, par exemple, en 1840, le ministère avait refusé les fonds que plusieurs professeurs avaient demandés pour poursuivre leurs recherches : « MM. les professeurs du conservatoire se livrent à des expériences en avant de la science ; leur mission n'est-elle pas plutôt d'enseigner ce qui, dans chaque branche d'instruction, est arrivé à l'état de vérité, pour en signaler les avantages et les applications ? » Le ministère a eu tout de même le bon sens de rajouter : « Je ne présente ces observations que sous la forme de doute... » Ce doute ne l'a pourtant pas empêché de refuser à des personnalités, membres de l'Institut, telles A. Morin pour des recherches sur l'hydrodynamique, A. Payen pour étudier les procédés de conservation des bois, E. Moll pour des essais de construction de charrues.

Cet état d'esprit ne changea (en suivant l'exemple allemand) que dans la seconde moitié du XIX^e siècle ; le conservatoire est encore une fois en même temps un précurseur et un témoin privilégié. A ce sujet, dans un rapport du jury international à l'exposition universelle de 1900, on peut lire : « Le Conservatoire des arts et métiers ne serait pas complet s'il ne renfermait les laboratoires prévus dès sa création. Ces laboratoires sont destinés aux recherches originales des professeurs, recherches dont les élèves sont témoins et collaborateurs. Rien ne peut remplacer ces exercices, dont le développement nous paraît devoir être poursuivi sans relâche », et, plus loin : « L'enseignement serait encore plus efficace si l'organisation des laboratoires permettait

aux professeurs de recevoir et de diriger ceux qui voudraient être exercés aux difficultés pratiques de leur métier. Il y a lieu de penser que ces exercices développeraient les dispositions naturelles de beaucoup de jeunes gens qui contribueraient à former les praticiens qui nous manquent. » Notons qu'il y avait au conservatoire huit laboratoires rattachés à des chaires : mécanique ; physique ; chimie générale ; chimie industrielle ; chimie appliquée aux industries de la teinture, de la céramique et de la verrerie ; chimie agricole ; électricité industrielle ; métallurgie et travail des métaux.

Nous allons nous arrêter, à nouveau, à la recherche et à son organisation dans les établissements de l'artillerie, depuis la Révolution à 1850 environ.

En 1792 est créé le « Comité de l'artillerie », composé d'un président et de douze membres élus parmi les généraux. Il avait pour mission de donner « son avis motivé sur les questions qui lui étaient soumises par le ministre de la Guerre, à présenter l'ensemble du travail des inspections et à étudier, de sa propre initiative, des projets d'amélioration pour les diverses branches du service ». Ce comité a eu, à plusieurs reprises, au cours de la première moitié du XIX^e siècle (au hasard des réorganisations successives), la tutelle du Dépôt central de l'artillerie qui était en quelque sorte l'équivalent militaire du Conservatoire des arts et métiers ; c'était pour l'artillerie un endroit de stockage de documents et d'objets à caractère historique, un centre d'information et documentation, un laboratoire d'essais et de recherche. Il trouve ses origines dans les archives rassemblées par Gribeauval à la Bastille (sauvées à la Révolution par Rolland de Bellebrune, secrétaire de Gribeauval) et dans plusieurs collections d'armes telles celles du cabinet de Versailles, celle du prince de Condé à Chantilly, celle du duc de Bouillon à Sedan, etc. Un service d'archives et un musée furent organisés au début du XIX^e siècle, le premier par Servois, ancien professeur de mathématiques aux écoles d'artillerie, le second parmi les premiers conservateurs, tous des polytechniciens. Les deux s'enrichirent tout au long du XIX^e siècle. Une bibliothèque encyclopédique fut également créée en 1794 ; elle disposait en 1816 de plus de 2 300 volumes. Le Dépôt central de l'artillerie fut installé en 1794 dans l'ancien couvent des Jacobins, place Saint-Thomas-d'Aquin à Paris.

Son activité d'essais et recherche ne démarrera véritablement qu'après la Restauration, quand commencent à fonctionner un atelier de mécanique de précision et un laboratoire de chimie, premiers d'une série de laboratoires de recherche créés tout au long du XIX^e siècle au fur et à mesure de l'évolution des sciences et des techniques.

Pendant les guerres de la Révolution et de l'Empire, les recherches théoriques et expérimentales sont plutôt en sommeil. Napoléon fit toutes ses campagnes avec l'artillerie qu'il connut lieutenant — celle de Gribeauval ; elle restera en service plus de quarante ans jusqu'en 1827. Ce n'est qu'à partir de 1820 environ que les recherches reprennent pour aboutir quelques années plus tard à un nouveau matériel connu sous le nom du président du Comité d'artillerie, Valée. Ce matériel sera employé jusque dans les années 1850 quand un vrai bouleversement se produira avec l'apparition du canon rayé et de la poudre sans fumée.

Le matériel Valée fut conçu en grande partie au Dépôt de l'artillerie avec l'apport substantiel de l'aide de camp du général Sylvain-Charles Valée, Guillaume Piobert, attaché au dépôt en 1822. Il comprend à côté de nouvelles pièces, obusiers de 15 et 16 cm, certaines pièces Gribeauval (les calibres 8 et 12) améliorées au niveau de la mise à feu et de l'affût. La lance à feu fut remplacée par une étoupille à fulminate d'argent ; l'avant-train fut réuni à suspension au lieu d'être à contre-appui, ce qui facilitait la traction des canons et le rapidité de mise en batterie. Les coffres

de munitions placés sur l'affût subirent aussi des modifications. Piobert lui-même rédigea plusieurs mémoires faisant suite à des études et essais concernant différentes solutions de constructions envisagées pour le tirage des voitures, la résistance et la construction des affûts et des roues.

Pour les canons embarqués sur bateau, la mise à feu se réalise vers 1830 par une capsule à percussion qui remplace la platine à silex (empruntée aux armes portatives) utilisée, elle, vers 1800. Vers 1830, la composition de l'artillerie des vaisseaux subit elle aussi une transformation importante, l'emploi des calibres divers s'était imposé afin d'obtenir un centre de gravité aussi bas que possible. Notons également que les canons sont de plus en plus en fonte de deuxième fusion ; la coulée en première fusion fut en général abandonnée à partir de 1827.

L'atelier de précision du dépôt joue un rôle très important dans la réalisation des instruments de mesure et d'outils nécessaires à la production d'un matériel standardisé. Le système métrique fut rendu obligatoire aux fabrications d'artillerie dès 1830, ce qui concourut à plus de précision dans la construction des instruments vérificateurs.

Le laboratoire de chimie fut l'endroit où les scientifiques de renom accomplissaient leurs travaux. Tel fut le cas de Gay-Lussac qui réalisa ici de nombreux essais concernant différents alliages ferreux et non ferreux. Caron et Henri Saint-Claire Deville firent des recherches sur le magnésium, le vanadium et autres métaux nobles qui donnèrent lieu à de nombreuses communications à l'Académie des sciences. Chaptal, Thénard et Prony firent des recherches sur les poudres. En 1845, Piobert, arrivé au grade de colonel, fut nommé directeur du Service des poudres et président de la commission chargée d'étudier les questions scientifiques au Dépôt central de l'artillerie. En 1848, il était nommé général et entra au Comité de l'artillerie.

Le Comité de l'artillerie est celui qui assure la direction des écoles, des arsenaux, des fonderies et manufactures de l'artillerie de l'ensemble du territoire français. Très souvent, au XIX^e siècle, il délègue cette direction au Dépôt de l'artillerie qui bénéficie d'une vue d'ensemble sur toute la recherche, qu'elle soit faite dans son cadre ou dans les écoles, arsenaux ou autres établissements de fabrication.

L'implantation géographique des fonderies, manufactures et arsenaux se trouve profondément modifiée au cours du XIX^e siècle. L'activité est concentrée sur un nombre de plus en plus réduit de centres. Ainsi, en 1820, ne restent plus que trois fonderies : Douai, Strasbourg et Toulouse, qui seront à leur tour supprimées en 1860 à la faveur d'une seule créée à Bourges. De quatorze manufactures en 1815 ne restent que trois en 1870 : Saint-Etienne, Tulle et Châtellerauld. Les arsenaux de Paris, Auxonne et Grenoble sont supprimés avant 1850.

Les établissements sont agrandis et modernisés ; prenons l'exemple de la production d'énergie dont ils sont dotés. La machine à vapeur avait été introduite en France pour les constructions d'artillerie à la fin du XVIII^e siècle à la fonderie (propriété du célèbre mécanicien Perier) de Chaillot. Les services étatiques de l'artillerie doteront la fonderie de Douai d'une première machine à vapeur (12 ch) en 1825 et la manufacture de Saint-Etienne (70 ch) en 1832. Jean-Victor Poncelet et son adjoint à l'école de Metz, Arthur Morin, furent chargés d'expérimenter des machines à vapeur et d'améliorer leur rendement et leurs organes de sécurité. La fonderie de Douai devint le lieu d'expérimentation pour eux. En 1828, Morin reçut aussi la mission de comparer et d'étudier les moteurs employés dans les différentes fonderies de l'artillerie. Il publia ses observations dans lesquelles il évalue, pour Douai notamment, les paramètres de la machine

(puissance, pression de la vapeur, consommation, etc.) ainsi que la perte d'énergie dans les engrenages de transmission vers l'atelier de forerie. Il conclut aussi à l'avantage des machines à vapeur du point de vue des coûts, par rapport à l'énergie musculaire.

Chargé de réorganiser l'arsenal de Metz, Poncelet étudie les roues hydrauliques et les améliore. Il augmente notablement le rendement des roues de courant en donnant une forme courbe aux aubes ; il présente en 1824 à l'Académie des sciences un mémoire à ce sujet.

Au début du XIX^e siècle, c'est l'école de Metz qui s'impose parmi les écoles d'artillerie. Les élèves qui y entrent sont d'anciens polytechniciens et les professeurs parmi les savants les plus réputés : Jean-Victor Poncelet, Guillaume Piobert, Arthur Morin, etc. Ils y développent une riche activité de recherche.

Piobert, qui enseigne à partir de 1831, poursuit ici des recherches sur la déflagration et l'explosion des poudres, exigées par le danger d'éclatement que présentaient encore (jusqu'à environ 1850) les canons de gros calibre. Les essais sont accompagnés de l'analyse mathématique des phénomènes. Un mémoire sur « les effets des différentes poudres et sur les moyens de les rendre inoffensives dans les bouches à feu » est adressé en 1833 par Piobert au ministère. Il y concluait à la nécessité de l'emploi d'une gorgousse allongée pour diminuer la vitesse du front de flamme. Il continue ses recherches dans ce domaine et présente dans les années suivantes deux mémoires à l'académie portant l'un sur la théorie des effets de la poudre, l'autre sur le mouvement des fluides élastiques dans les tubes à section constante.

Ces recherches sont faites dans le cadre d'une importante « commission des principes de tir » créée en 1839. Ses membres sont Piobert, Morin, Didion, Peloux et Virlet. Dans ce même cadre, Piobert réalise, avec certains de ses collègues, d'autres recherches portant sur la vitesse initiale des projectiles, sur leur pénétration dans les milieux résistants, sur leur charge d'éclatement, sur la résistance que l'air et les liquides opposent à leur mouvement. Rappelons seulement le *Mémoire sur les lois de la résistance de l'air sur les projectiles* présenté par Piobert, Morin et Didion au concours pour le prix de mathématiques de l'Institut en 1838. Plusieurs autres travaux avaient été communiqués à l'académie dont Piobert devint membre en 1839. Il écrivit en dernier lieu un *Traité d'artillerie théorique et pratique* dans lequel il présentait l'ensemble de ses travaux.

Quant à Morin, capitaine en 1829, il est nommé adjoint du professeur de machines Poncelet. Il le resta pendant six ans, temps pendant lequel il perfectionna divers appareils d'essais tels les pendules balistiques de Robins (perfectionnement réalisé en collaboration avec Piobert) et surtout différents appareils d'enregistrement automatique des mouvements. Il s'agit des appareils pour étudier les frottements, les chutes de corps, etc., surtout des dynamomètres à ressort. Il poursuivra le perfectionnement de ces derniers au Conservatoire des arts et métiers.

Mentionnons pour finir que le Comité de l'artillerie, comme son prédécesseur le Corps royal (voir Cugnot), n'était pas toujours très réceptif au progrès technique. Ainsi, par exemple, le mémoire que le capitaine Treuille de Beaulieu lui adresse en 1842 au sujet de la réalisation des canons rayés reste sans réponse. D'ailleurs, nombre de recherches portant sur l'artillerie s'effectuent en dehors de lui, à l'Ecole polytechnique par exemple. Citons à ce propos les études de Monge sur la fabrication des canons (un des plus importants ouvrages publiés en 1793 porte le titre *L'Art de fabriquer le canon*) et celles de Poisson sur les effets du tir, publiées en 1829 sous le titre : *Formules relatives aux effets du tir d'un canon sur les différentes parties de son affût*.

La période de gestation, qu'on pourrait qualifier aussi de

préhistoire, des laboratoires de recherche industrielle s'achève en France, au milieu du XIX^e siècle. Pendant cette période, le progrès technico-industriel précède la création des institutions de recherches, qui ne sont mises en place qu'une fois la « masse critique » du développement technique atteinte. L'essor de la recherche industrielle (chimie, mécanique) fut un succédané de l'expansion du machinisme.

Cette situation se trouvera renversée à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle quand les véritables laboratoires de recherche industrielle commencent à être créés. C'est le progrès technique qui se trouve désormais de plus en plus souvent à la remorque de la recherche, laquelle a la vocation d'éliminer les « goulets d'étranglement » (M. Daumas) ou « revers silencieux » (T. Hughes) d'un système technique. La science, en tant que force de production, occupera une place de plus en plus importante.

Les travaux récents de F. Caron, J. Payen (énergie vapeur, instruments scientifiques) et d'autres mettent en évidence plusieurs périodes dans l'évolution industrielle française au XIX^e siècle : 1815-1840 caractérisée par une reprise lente de la croissance de l'industrie qui reste encore tributaire de l'industrie anglaise ; 1840-1870 caractérisée par une croissance accélérée accompagnée de l'émancipation et de l'indépendance de l'industrie en France ; 1870-1895 quand on constate une croissance industrielle ralentie, l'industrie française étant en même temps surpassée par l'industrie allemande ; 1895-1914 caractérisée par une croissance à nouveau rapide sans que cela signifie un rattrapage de l'industrie de l'Allemagne et des Etats-Unis.

Remarquons que, à l'exception peut-être du laboratoire de chimie du Dépôt d'artillerie, aucun laboratoire de recherche industrielle d'envergure ne fut créé en France dans la première de ces périodes. Les premiers véritables laboratoires n'apparaissent qu'à partir du milieu de la deuxième période, quand l'industrie française connaît déjà un vrai essor. Tel est le cas des laboratoires de recherche (chimie, mécanique) créés pratiquement dans chaque manufacture et fonderie du Comité de l'artillerie ; tel est le cas du laboratoire de mécanique créé au conservatoire en 1852 ainsi que du Laboratoire national d'essais établi en 1901.

Mais la France a su moins bien que l'Allemagne et les Etats-Unis organiser et tirer profit de ces laboratoires. Le retard pris dans leur organisation rend la France incapable de relever les défis de la concurrence, ce qui explique en bonne partie le fait que, dans le dernier quart du XIX^e siècle, elle a été dépassée par des pays qu'elle n'a jamais rattrapés depuis. Ici, comme dans beaucoup d'autres domaines techniques et industriels, elle a l'initiative mais manque le développement ; l'invention lui appartient, l'innovation lui échappe.

Il y a encore une autre constatation qui s'impose comme suite à cette présentation, notamment celle concernant la place d'avant-garde, de pionnier, tenue par la recherche militaire par rapport à la recherche civile. Cela est donc valable tant avant le milieu du XIX^e siècle qu'après. La forte impulsion donnée par la guerre au développement technique est un phénomène bien connu dans nos sociétés industrialisées.

Enfin, concluons en soulignant que l'apparition et le développement des laboratoires de recherche industrielle sont liés à des modifications profondes dans l'évolution des systèmes techniques modernes et contemporains, ce qui entraîne évidemment des bouleversements des systèmes économiques, sociaux, politiques, etc., correspondants. Nous ne pouvons pas ne pas faire référence ici, en prenant soin d'exprimer nos vives réserves, aux allégations récentes de Michel Henry sur la « nouvelle barbarie ». D'après ce penseur, l'application des méthodes scientifiques, qui éliminent toute subjectivité, au développement technique fait

que ce dernier cesse d'appartenir au domaine culturel (défini comme la vie elle-même) en poussant l'humanité dans une nouvelle décadence : « la nouvelle barbarie ». Celle-ci, en se plaçant en dehors de la vie et en la menaçant, est beaucoup plus redoutable que les décadences précédentes. Sans qu'on doive en aucune façon y voir le symptôme d'une nouvelle forme de barbarie, force est de constater le bouleversement profond provoqué par la pénétration de la science dans le monde de la production. Dans ce processus, les laboratoires de recherche industrielle ont joué un rôle de tout premier plan — en représentant d'une certaine façon la quintessence de celui-ci.

Bibliographie sommaire

- BALLOT Charles, *L'Introduction du machinisme dans l'industrie française*, Slatkine, Genève, 1978.
- BUTRICA Andrew, « Telegraphy and the genesis of electrical engineering institutions in France, 1845-1895 », *History and Technology*, Harwood Academic, U.K., 1987, pp. 365-380.
- CARON François, *Le Résistible Déclin des sociétés industrielles*, Librairie Académique Perrin, Paris, 1985.
- CARON François, *Histoire économique de la France, XIX^e-XX^e siècle*, Armand Colin, Paris, 1981.
- CROSLAND Maurice, « The development of a professional career in science in France », *Minerve*, vol. XIII, n° 1, 1975.
- DAUMAS Maurice, *Histoire générale des techniques*, vol. III, PUF, Paris, 1962.
- DAUMAS Maurice, « Les Mécaniciens français et l'acquisition des techniques britanniques », in *L'Acquisition des techniques par les pays non initiateurs*, CNRS, Paris, 1973, pp. 301-335.
- DE PLACE Dominique, *L'Incitation au progrès technique et industriel en France de 1783 à 1819*, Paris, 1981, mémoire E.H.E.S.S.
- DOYON André, LIAIGRE Lucien, *Jacques Vaucanson, mécanicien de génie*, PUF, Paris, 1966.
- ECOLE POLYTECHNIQUE, *Livre du centenaire 1794-1894*, t. I, pp. 162-181, t. II, pp. 526-529, Gauthier Villard, Paris, 1895.
- FAYET Joseph, *La Révolution française et la science*, Marcel Rivière, Paris, 1960.
- FONTANON Claudine, *Arthur Morin, un ingénieur militaire au service de l'industrialisation*, Paris, 1987, mémoire E.H.E.S.S.
- GAUDIN Thierry, *Pouvoirs du rêve*, CRCT, Paris, 1984.
- GILLE Bertrand, *Histoire des techniques*, Gallimard, Paris, 1978.
- GILPIN Robert, *La Science et l'Etat en France*, Gallimard, Paris, 1970.
- HERLEA Alexandre, « Advanced technology education and industrial research laboratories in 19th century France », in *Technological education - Technological style*, San Francisco Press, San Francisco, 1986, pp. 49-57.
- LACOMBE Christiane, « L'Histoire des sciences et des techniques au Comité de l'artillerie », *Comptes rendus du centième congrès national des sociétés savantes*, CTHS, Paris, 1975, pp. 65-67.
- LACOMBE Christiane, « Industrialisation des fabrications d'armement en France au XIX^e siècle », in *Sciences et techniques de l'armement*, n° 52, t. II, Paris, 1978, pp. 274-324.
- LACOMBE Christiane, *Sources de l'histoire des sciences et des techniques aux archives de l'artillerie*, doc. C.D.H.T., n° 3795, C.N.A.M., Paris, 1974, manuscrit.
- LE CHATELIER Henry, « Encouragements à la recherche scientifique », *Le Musée social*, Arthur Rousseau, Paris, 1914.
- MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE, *Brevets d'invention français, 1791-1902. Un siècle de progrès technique*, INPI, Paris, 1958.
- PAYEN Jacques, « Les Constructeurs d'instruments scientifiques en France au XIX^e siècle », *Archives internationales d'histoire des sciences*, n° 116, Instituto della Enciclopedia Italiana, Roma, 1986, pp. 85-161.
- PAYEN Jacques, « La Position de la France dans l'industrie européenne des machines à vapeur durant la seconde moitié du XIX^e siècle », *History and Technology*, vol. I, Harwood Academic, U.K., 1984, pp. 175-211.
- Rapport de la Commission d'enquête sur les laboratoires officiels d'essais, *Annales du Conservatoire des arts et métiers*, Gauthier Villard, Paris, 1910, pp. 93-162.
- SALOMON Jean-Jacques, « What is technology ? The issue of its origins and definitions », *History and Technology*, Harwood Academic, U.K., 1984, vol. I, pp. 113-156.
- SALOMON Jean-Jacques, SCHNEIDER Geneviève, *Les Enjeux du changement technologique*, Economica, Paris, 1986.
- SERVICE DES POIDS ET MESURES, *La Révision des étalons des bureaux de vérification*, ministère de la Production industrielle, Paris, 1944.
- SHINN Terry, « Des corps de l'Etat au secteur industriel : genèse de la profession d'ingénieur, 1750-1920 », *Revue française de sociologie*, Paris, 1978.
- VERON Claudie, *Inventaire des archives de l'artillerie*, vol. I et II, Paris, 1986, manuscrit.