

Miscellaneous**La Mécanisation de
l'Armurerie Militaire (1855-1869)**

Associate Professor Jean Francois Brun, PhD
"Jean Monnet" University of Saint-Etienne, France
jf.brun@univ-st-etienne.fr

Abstract: In the nineteenth century, the manufacture of military small arms (rifles and pistols) cannot stay out of the progress of the Industrial Revolution. It is therefore, quite logically, to be a process of mechanization, which is also a human adventure. In fact, from 1850 to 1870, is almost the Second Empire, which actually marks the entry of France into the modern era, the military and political leaders face a double challenge: to equip the army of a modern rifle, as we were in a period of intense technological innovation, and move from a largely manual production, provided by qualified gunsmiths, a mechanized production, in which the systematic use of machine tools enable real interchangeability of parts. This is the mark of a modern industrial manufacturing.

Keywords: military performance; mentality; belligerence; strategy

Au XIXe siècle, la fabrication des armes militaires légères (fusils et pistolets) ne peut demeurer en dehors des progrès de la Révolution industrielle. Elle fait donc, tout à fait logiquement, l'objet d'un processus de mécanisation, qui s'avère également une aventure humaine. En fait, de 1850 à 1870, soit quasiment au cours du Second Empire, qui marque réellement l'entrée de la France dans la modernité, les responsables militaires et politiques sont confrontés à un double défi : doter l'armée d'un fusil moderne, car l'on est dans une période d'intense innovation technique, et passer d'une production essentiellement manuelle, assurée par des armuriers qualifiés, à une production mécanisée, dans laquelle le recours systématique aux machines-outils permette une réelle interchangeabilité des pièces, ce qui constitue la marque d'une fabrication industrielle moderne.

1. Choisir une Arme Performante

À partir de la fin des guerres de la Révolution et de l'Empire, la modernisation de l'arme vise un triple objectif : supprimer les ratés au départ du coup en remplaçant

la platine à silex par une platine à percussion¹, obtenir un tir précis à longue portée grâce à l'adoption du canon rayé et de balles profilées en lieu et place du canon à âme lisse tirant des balles rondes², et enfin accroître la cadence de tir en recourant au chargement par la culasse et non plus par la bouche³. Dès 1841 d'ailleurs, la Prusse dote son armée d'un fusil répondant aux nouvelles exigences, le Dreyse⁴. Soucieuse de posséder des instruments aussi efficaces que ceux de ses adversaires potentiels, la France crée en 1837 sa première arme légère à percussion, la carabine Delvigne-Pontcharra, avant d'adopter en 1840 le système de mise à feu par percussion⁵. Enfin, en 1857, est retenu le principe du canon rayé pour les armes réglementaires françaises. Il s'agit là seulement d'une première étape, puisque toutes les armes produites se chargent encore par la bouche (en dépit des difficultés nées de l'utilisation de balles profilées). Néanmoins, techniquement, la réalisation de rayures requiert un travail plus précis que la fabrication des canons à âme lisse qui supportaient une plus grande tolérance de calibre compte tenu du principe du « vent⁶ ». Cette phase de transition technologique, recouvrant essentiellement la période 1842-1866, contraint les quatre manufactures françaises (Châtelleraut, Mutzig, Saint-Etienne et Tulle) à transformer les armes existantes tout en

¹La capsule à percussion est un petit cylindre de cuivre fermé à un bout et garni d'un mélange de fulminate de mercure et de salpêtre. Elle remplace le silex pour fournir l'étincelle de mise à feu nécessaire au départ du coup. Le fusil a toujours un chien extérieur mais la substitution de la capsule au silex supprime quasi-totalement les ratés de départ (alors qu'avec la platine à silex, les ratés au départ du coup s'élevaient à 7% environ et provenaient soit d'une humidification de la poudre d'amorce soit d'une production insuffisante d'étincelles par la batterie ou la pierre).

²Les balles profilées, dont la trajectoire est plus rectiligne grâce aux rayures du canon, s'avèrent plus précises et possèdent une énergie cinétique plus importante que les balles rondes, tout en engendrant un effet de cavitation dont ces dernières demeurent dépourvues.

³Le chargement par la culasse permet d'approvisionner l'arme en position couchée, chose impossible avec un fusil à chargement par la bouche. À la rapidité de tir ainsi générée s'ajoute nécessairement une moindre exposition au feu adverse. De plus, la baguette, indispensable pour tasser la charge introduite par la bouche, devient inutile, ce qui résout la question de sa perte fréquente sur le champ de bataille (qui rendait par contrecoup l'arme inutilisable).

⁴Le Dreyse est le premier fusil à verrou se chargeant par la culasse mis en service dans les armées modernes. Utilisant une cartouche combustible dans laquelle sont réunies l'amorce, la poudre et la balle, il est réellement employé dans des opérations de guerre à partir de l'insurrection badoise de 1847.

⁵Outre sa fiabilité au départ du coup, le système à percussion permet une plus grande vitesse de tir : 3 coups par minute en moyenne, contre 2 avec une arme à silex (par comparaison, on obtient une vitesse moyenne de 6 coups par minute avec un Chassepot, et de 14 avec le fusil Lebel de la Première Guerre mondiale).

⁶Le « vent » se définit comme la différence qui existe entre le diamètre de l'âme d'un canon et celui du projectile.

construisant des armes neuves répondant aux nouvelles normes¹. Il est vrai que la modification d'armes construites manuellement n'exige pas de machines compliquées. En fait, l'utilisation d'une main-d'œuvre spécialisée s'avère nécessaire pour répondre aux cas particuliers que constitue chacune des armes modifiées.

En 1864, le conflit prusso-danois démontre en Europe la supériorité des fusils à chargement par la culasse sur ceux à chargement par la bouche². Face au conservatisme des milieux militaires, Napoléon III, partisan avéré de l'innovation, pousse alors le Comité d'artillerie³ dans la voie de la modernisation. Ce dernier réalise ainsi une étude systématique de l'armement des grandes puissances, au terme de laquelle sont fixées les conditions à remplir par le fusil futur de l'armée française : chargement par la culasse, utilisation d'une cartouche portant son amorce⁴, projectile d'un calibre compris entre 9 et 12 mm, présence d'une hausse graduée, dimension et poids comparables à ceux de la carabine de Chasseurs et enfin entretien et maniement aisés. La victoire de la Prusse sur l'Autriche en 1866⁵ conduit à adopter (dans une certaine urgence) le système Chassepot⁶, premier fusil

¹ Voir tableaux n°2 et n°3. Les responsables militaires français tiennent un raisonnement identique pour l'artillerie puisque, conjointement à la fabrication de canons rayés modèle 1858-59, est décidée, à partir de 1859, la rayure des anciennes pièces de 12 et de 24 à âme lisse.

²La cadence de tir du Dreyse (8 coups/mm) stupéfie les observateurs militaires.

³À l'époque, l'artillerie a en France la responsabilité des fabrications d'armes. Un organisme particulier, le Comité d'artillerie, est spécialement chargé de cette partie du service, ce qui l'amène à étudier les diverses inventions ou améliorations qui lui sont soumises et à émettre un avis technique à leur propos.

⁴Jusqu'alors, l'armée française utilisait une cartouche dépourvue d'amorce, respectant ainsi le principe de précaution qui veut que toute charge explosive soit séparée de son détonateur, la réunion des deux composants ne se faisant qu'au moment de la mise en service de ladite charge. Mais, à partir des années 1865, les progrès réalisés dans la stabilité des amorces fulminantes permettent raisonnablement d'accepter le risque que représente l'utilisation d'une cartouche à amorce intégrée, le Comité d'artillerie officialisant cette nouvelle conception dans sa séance du 29 mai 1865.

⁵Le 3 juillet 1866, l'armée autrichienne équipée de fusils Lorentz à chargement par la bouche subit une écrasante défaite à Sadowa. L'infanterie prussienne, en revanche, s'illustre dans cette bataille par la puissance de feu du Dreyse, qui explique la disproportion des pertes : 5 à 6 soldats autrichiens tués pour 1 prussien.

⁶Le système Chassepot, inventé par le contrôleur d'armes dont il porte le nom, est adopté le 30 août 1866 et reste en service jusqu'en 1874. C'est un fusil à percussion centrale à aiguille et à canon rayé, se chargeant par la culasse, muni d'une hausse mais dépourvu de rampe d'armement automatique, si bien que l'on ne peut encore tirer que coup par coup. Néanmoins, pour la première fois, au métal et au bois traditionnellement utilisés dans la fabrication d'une arme s'ajoute un obturateur de caoutchouc, matériau issu de la Révolution industrielle. Sa balle de 11 mm rompt avec les calibres proches de 17 mm, hérités de l'Ancien Régime et du Premier Empire, dont les performances balistiques se révèlent moindres, notamment par suite d'une vitesse initiale insuffisante compte tenu de leur poids. Le système Chassepot donne naissance à une véritable famille d'armes : un fusil d'infanterie et un fusil

réglementaire français véritablement moderne¹, répondant globalement à ce cahier des charges, ce qui met fin, par contrecoup, aux examens qui, depuis 1860, avaient porté sur 80 modèles d'armes différents.

2. Les Difficultés de la Mécanisation

Normaliser la production en recourant à des machines pour assurer l'exacte reproduction des pièces (et donc leur parfaite interchangeabilité) est une idée déjà ancienne, mise en avant par Honoré Blanc², mais alors très incomplètement, et surtout très imparfaitement réalisée. Le processus retenu porte en effet seulement

de cavalerie, tous deux mis en service avant 1870, une carabine de gendarmerie à pied (1871), une carabine de cavalerie et de gendarmerie à cheval (1872) et enfin un mousqueton d'artillerie (1873).

¹La mise au point du système Chassepot débute en 1858. Le fusil adopté est le 4^e type (la 4^e version) de l'arme, que les spécialistes ont préféré au Gastine-Renette (rejeté car, contrairement aux armes de guerre traditionnelles, il faut l'ouvrir à la façon d'un fusil de chasse pour recharger, ce qui le rend plus fragile) et au Manceaux-Vieillard (jugé lui aussi trop fragile). Le fusil Remington, avec son système « rolling-block », pourtant supérieur au Chassepot, n'a pas non plus été retenu dans la mesure où, en août 1866, l'armée française n'avait pas encore achevé les essais de cette arme.

² : Dès 1777 avait été envoyée à chaque manufacture une liste portant les dimensions de chacune des pièces du nouveau fusil réglementaire de l'armée française, le « modèle 1777 ». Mais cette précaution s'avérait cependant techniquement insuffisante pour atteindre une identité parfaite. Précisions et dessins plus ou moins cotés aboutissent néanmoins en 1804 à la mise en place de plans détaillés de construction. Parallèlement, afin de permettre une production normalisée, un collaborateur de Gribeauval, Honoré Blanc (d'abord armurier puis 3^e contrôleur de la manufacture de Saint-Étienne en 1763, enfin contrôleur général des manufactures) a réalisé un « coffret de vérification du modèle 1777 » (actuellement conservée au musée des Invalides) contenant 41 gabarits métalliques de référence qui, par superposition ou introduction, permettent de mener à bien près de 200 contrôles de conformité des pièces fabriquées manuellement. Reproduit dans un organisme spécialisé, l'Atelier de Précision (qui fonctionne de 1795 à 1797, puis de 1800 à 1815), au profit des vérificateurs (voire copié partiellement ou en totalité par certains armuriers pour leur usage personnel), ce coffret constitue une façon simple de s'assurer du respect des normes, l'unicité de source (l'Atelier de Précision) constituant un gage d'homogénéité. Honoré Blanc s'efforce également de standardiser la production de pièces jusque-là réalisées manuellement en limitant, dans certaines opérations de fabrication, l'intervention humaine, par essence irrégulière. Il promeut ainsi l'utilisation de matrices (et donc du procédé de l'estampage) ou recourt à des machines simples (perceuses à colonne ou « moulins à roder » manuels qui se substituent au travail de lime). Il s'agit vraisemblablement moins, cependant, d'innovations que de la reprise de procédés mis au point empiriquement par les artisans armuriers ou serruriers et utilisés localement. Cherchant une solution pour réparer facilement les fusils (ce qui est un problème crucial pour un régiment en campagne), il retrouve la voie ouverte par le marseillais Guillaume Deschamps entre 1704 et 1726 et tente de réaliser une platine interchangeable (sachant que cette dernière est en fait un ensemble composé de 11 pièces principales). Fort du succès d'une première expérience en 1791, il reçoit le soutien de l'Académie des Sciences puis, avec 500 000 francs de crédits d'Etat, organise en 1795 une manufacture à Roanne (à 80 km au nord de Saint-Etienne), livrant 20 000 platines de 1796 à 1801. Mais la fabrique travaille en réalité à perte car l'interchangeabilité augmente le prix de revient de 50 %. Blanc décédé en 1801, la manufacture ferme ses portes en 1807. L'Etat, qui en avait subventionné le fonctionnement au long de ces années, tourne à cette occasion le dos à l'innovation technologique.

sur la platine du fusil modèle 1777 et exige une finition manuelle à la lime. Désireux de mettre le plus largement possible ce concept en pratique, les Etats-Unis décident en 1814 de réaliser une arme individuelle dont les pièces seront réellement interchangeables¹, avant d'y parvenir avec le fusil modèle 1842. En France, en revanche, le procédé d'Honoré Blanc, d'un coût plus élevé que la fabrication artisanale, est abandonné, si bien que la production demeure essentiellement manuelle. Les ouvriers armuriers réalisent des parties d'armes, voire des armes complètes, selon des gabarits, mais les cotes sont relativement larges, eu égard au mode de réalisation, ce qui exige nécessairement des ajustements en cas de réparation. Travaillant généralement à leur compte, ils font ensuite réceptionner leur production par les manufactures d'armes qui fonctionnent selon le principe de l'entreprise².

Le rapport établi en 1868 par le colonel René³ décrit parfaitement la situation jusqu'aux années 1860 : « (...) *presque toutes les pièces de l'arme étaient fabriquées à la main. Les meules, les bancs de forerie ou d'alésage constituaient la majorité des machines, mais si le mouvement de la machine était mécanique, la pièce n'en restait pas moins dans la main de l'homme dont l'habileté plus ou moins grande faisait la valeur du produit. Quelques tours à canon, quelques machines à fendre les baïonnettes, etc., se rencontraient dans une ou deux des manufactures. L'attention était cependant éveillée par l'exemple donné par l'Amérique et imité par l'Angleterre, on suivait avec intérêt cette transformation radicale dans l'industrie des armes, mais on hésitait à se lancer dans cette voie nouvelle avant d'être suffisamment édifié sur les résultats.* » En réalité, les seules machines

¹ : En 1798 déjà, l'Américain Eli Whitney avait passé un contrat avec l'armée fédérale des États-Unis pour fabriquer 10 000 fusils. Il utilise à cette occasion des platines interchangeables (toutefois seules les platines entières, c'est-à-dire des sous-ensembles, sont interchangeables, et non les composants de ces dernières, les pièces proprement dites). En 1813 ensuite, Simeon North obtient un contrat pour fournir, toujours à l'armée fédérale, 20 000 pistolets à pièces interchangeables. Mais il ne peut honorer la commande et livre seulement quelques centaines d'armes (J.-L. Peaucelle, « Du concept d'interchangeabilité à sa réalisation », p. 65). Néanmoins, le Nouveau Monde vient de prendre à cette occasion une avance définitive sur l'Europe.

² : Les quatre manufactures d'armes françaises sont en effet administrées selon le régime économique suivant : bâtiments et machines appartiennent à l'Etat, qui en concède l'usage à un soumissionnaire, l'entrepreneur, à charge pour ce dernier d'exécuter les commandes qu'il reçoit, selon un tarif fixé sur lequel un pourcentage constitue sa rémunération propre. En règle générale, l'entrepreneur fournit la matière première et emploie directement les ouvriers nécessaires à la fabrication. Il peut néanmoins sous-traiter une partie du travail à des artisans locaux, sachant que toutes les armes feront l'objet d'une réception destinée à en vérifier la conformité avec le cahier des charges, l'opération s'effectuant sous la responsabilité d'un officier d'artillerie spécialement attaché à la manufacture.

³ : Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

modernes utilisées au sein des quatre établissements français semblent être les machines à rayer les canons, adoptées à partir de 1855, lorsqu'il a fallu transformer en grand nombre les fusils à canon lisse. Mais cela recouvre en réalité une opération relativement simple.

La volonté de mécanisation se heurte d'autre part à un certain nombre de difficultés conceptuelles. En effet, la recherche permanente de la performance dans les fusils demeure avant tout le fait d'armuriers, qui imaginent des solutions techniques dans leur domaine, sans prendre en compte les éventuels problèmes de fabrication par procédé mécanique. Bref, il est possible de caricaturer leur position d'une boutade : « si nécessaire, la machine suivra », ce qui, en pratique, ne s'avère pas forcément exact. Là encore, le rapport René¹ est formel : *« lorsqu'un industriel veut fabriquer rapidement une grande quantité d'objets de même nature (d'armes par exemple), il commence par établir un type qui satisfasse pleinement au service que l'on attend de l'objet, puis il le décompose dans toutes ses pièces et soumet chacune d'elle à un examen attentif afin de lui imposer les formes qui se prêtent le mieux au travail mécanique. Le type ainsi reconstitué devient le type invariable d'après lequel la fabrication entière sera montée. Telle pièce exigera l'emploi des raboteuses, telle autre demandera des fraiseuses, etc, mais il n'y aura plus ni doute ni hésitation ; le fabricant connaît la série des machines qu'il emploiera ; il en connaît le rendement et par suite le nombre nécessaire à l'exécution de sa commande dans le délai fixé. Par des calculs qui n'ont rien d'incertain, il déduit la force motrice, le genre et la dimension des transmissions de mouvement et enfin la superficie de ses usines et ateliers. Tout marche en même temps, construction ou aménagement de bâtiments, construction des moteurs, des transmissions et des machines outils. À partir de l'établissement de ce type invariable, il n'y a pas un moment de perdu, pas un mouvement faux, pas de retours en arrière, puis tous les éléments sont réunis, l'atelier est en activité et dès le début la production se présente sur une grande échelle. C'est ce que l'on nomme la fabrication méthodique, la seule qu'un industriel sérieux ose entreprendre et qui est exclusivement fondée sur la permanence absolue du type. Qui ne voit en effet que la plus petite variation dans la forme d'une pièce, peut, outre le changement des appareils et guides de la machine, entraîner le changement de la machine elle-même, rendre inutile un outillage construit à grande peine et en nécessiter un autre dont l'achèvement exige des mois ?*

¹ Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

Or les conditions posées à l'artillerie ne permettaient pas de songer à la fabrication méthodique. Le type était soumis aux variations que les résultats d'expériences non interrompues rendaient nécessaires ; les formes d'un certain nombre de pièces se prêtaient difficilement au travail des machines parce que le temps n'avait pas permis de faire l'étude spéciale à ce point de vue. »

De plus, à ces limitations conceptuelles nées du processus constant d'innovation et d'expérimentation qui marque alors le domaine de l'arme légère s'ajoutent, pour les responsables, le poids des préoccupations sociales, en d'autres termes des dégâts humains susceptibles d'être occasionnés par le passage d'un système artisanal ou semi-artisanal à un système mécanisé. Le colonel René¹ résume ainsi le dilemme posé aux autorités françaises : « *le changement des procédés de fabrication dans les Manufactures de l'Etat était beaucoup plus grave pour la France que pour les Etats-Unis ou l'Angleterre. Les Etats-Unis étaient depuis fort longtemps habitués à faire des travaux mécaniques. L'Angleterre, suffisamment édifiée par la guerre de Crimée sur les dangers que court un pays quand il abandonne la fabrication de ses moyens de défense à l'Industrie privée, avait renoncé à ses errements et s'était hâtée de construire à Enfield une Manufacture qui la dispensait d'avoir recours à l'industrie. Elle avait eu table rase, il n'y avait ni établissement préexistants, ni personnel entretenu, elle pouvait donc élever de toutes pièces un établissement pour la fabrication mécanique d'une arme dont le modèle était fixé. En un mot, elle put établir la fabrication méthodique.*

En France, nous possédions de vastes établissements et un personnel d'ouvriers considérable que l'humanité défendait de renvoyer avant de leur avoir procuré des moyens d'existence. Le changement ne pouvait donc être radical comme en Angleterre, il devait se faire non par une création mais par une transformation du matériel aussi bien que du personnel. Ce travail ne pouvait avancer que peu à peu et ce n'est qu'après avoir vaincu les difficultés, une à une, dans une des Manufactures de l'Etat que l'on pouvait espérer de les lever dans les autres. »

En fait, le personnel employé par les manufactures répond à une organisation très stricte. L'on trouve d'abord un certain nombre d'exécutants, que le colonel René décrit ainsi : « *le personnel des ouvriers comprend trois catégories : les ouvriers immatriculés, liés au service par un engagement qui leur assure une retraite, les ouvriers libres qui peuvent quitter les manufactures en prévenant trois mois à l'avance ; les ouvriers militaires détachés temporairement de leurs corps par*

¹ : Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

ordres ministériels. Aux époques de grands développement de la fabrication, ce sont les deux dernières catégories que l'on augmente le plus possible parce qu'elles ne grèvent pas le budget de l'Etat pour l'avenir ; la troisième catégorie surtout, celle des ouvriers militaires, présente ce grand avantage d'être composée de soldats que l'on peut renvoyer à leurs corps lorsque les commandes diminuant, l'ouvrage vient à manquer. »

Les fonctions d'encadrement sont réparties entre civils et militaires. À côté de l'entrepreneur, qui fournit matières premières et main-d'œuvre, on trouve ainsi un certain nombre d'officiers d'artillerie : un officier supérieur (chef d'escadron, lieutenant-colonel ou colonel) directeur de la manufacture, un capitaine ou chef d'escadron sous-directeur, enfin des capitaines stagiaires qui reçoivent l'instruction nécessaire pour exercer les fonctions d'inspecteur d'armes permanent dans les directions. Au niveau inférieur, des « gardes d'artillerie », issus du corps des sous-officiers, prennent rang entre ces derniers et les officiers, et sont chargés de la comptabilité des matières et des finances. Le contact direct avec les ouvriers est assuré par des contrôleurs d'armes chefs d'atelier qui, initialement employés civils, ont été militarisés à partir du 26 janvier 1862 et hiérarchiquement placés sur le même pied que les gardes d'artillerie. Dotés d'un uniforme, ils sont répartis en contrôleurs principaux de 1^{ère} ou 2^e classe et contrôleurs de 1^{ère}, 2^e ou 3^e classe.

3. Le Hasard et la Nécessité

Le principe de standardisation de l'armement, initié pour l'artillerie par Gribeauval¹ à la fin du XVIII^e siècle, repris de façon limitée par Honoré Blanc

¹Le lieutenant-général Jean-Baptiste Vaquette de Gribeauval (1715-1789) est à l'origine d'une application de normes strictes dans le matériel d'artillerie de la France d'Ancien Régime. Il simplifie et uniformise en effet la fabrication des tubes en bronze, coulés pleins puis forés, utilisant notamment, pour mesurer les diamètres de l'âme et de la chambre à poudre, un appareil nouveau, l'étoile mobile. Dans la mesure où cette normalisation des tubes est logiquement doublée d'une vérification des boulets au moyen de lunettes à calibrer et de gabarits de contrôle, l'uniformisation réelle des calibres autorise désormais la constitution de batteries homogènes. L'amélioration des affûts en bois à deux roues représente une autre grande innovation. Jusqu'alors, en effet, chaque arsenal utilisait des mesures particulières, ce qui provoquait bien évidemment nombre d'embaras : roues, essieux, avant ou arrière-trains construits à Metz devaient nécessairement être retouchés pour s'adapter à un matériel issu de Strasbourg, Auxonne ou Douai. L'introduction de tables de construction déterminées au quart de ligne et de patrons assurant la régularité des principales formes de charronnage crée une parfaite interchangeabilité. Caissons, chariots et affûts de canons de 4 disposeront d'un modèle unique d'essieu, tandis que l'obusier de 6 et les canons de 8 et de 12 auront des roues de même hauteur. S'ajoute à cela un seul pas de vis pour les boulons et écrous ayant une fonction identique. Au final, la production en série devient possible.

pour la platine du fusil, avait, on l'a vu, été utilisé par un certain nombre de puissances économiques au fait des innovations constantes de la Révolution industrielle, notamment les Etats-Unis. En 1855 intervient un événement déterminant. Le Royaume-Uni, qui se penche sur la question de la fabrication mécanique des armes de guerre, envoie une commission d'officiers étudier le système américain. Finalement, Londres achète machines et procédés en usage dans l'Union, afin de créer la première manufacture d'Etat anglaise susceptible de produire annuellement 120 000 armes¹. Tout à fait logiquement, dans ce contexte, les responsables français sont nécessairement amenés à réfléchir sur la question de la mécanisation au sein des manufactures impériales. C'est alors que surgit l'élément déclencheur, Frédéric-Guillaume Kreutzberger.

Né en 1822 à Guebwiller, ce dernier a commencé son apprentissage au sein de l'entreprise Schlumberger et Cie. Il s'y familiarise avec l'ajustage, le montage mais également le calque et le dessin de détail des machines, double formation qui lui rendra ultérieurement les plus grands services. Soucieux de valoriser au mieux ses compétences, il émigre en septembre 1848 aux Etats-Unis. Engagé comme manoeuvre par la firme (d'armes) Remington, il connaît une ascension professionnelle extrêmement rapide : chef d'équipe deux mois après son arrivée, il occupe un poste de directeur technique à partir de 1852. Son credo est simple : prenant exemple sur le système américain, il entend mécaniser le travail afin d'assurer la parfaite interchangeabilité des pièces (tant pour ce qui concerne les éléments d'un assemblage que pour des ensembles complets), ce qui nécessite le respect des cotes et des tolérances, et donc requiert des usinages précis sur machines-outils. Une telle rationalisation de la fabrication, jointe à la standardisation des pièces, suppose une logique de production en série ainsi qu'une organisation du travail autour du principe de spécialisation. Frappé par l'exemple du gouvernement britannique, qui vient d'acheter son usine d'Enfield « clé en main » aux Américains, il offre ses services au ministre de la Guerre de Napoléon III dès septembre 1855. Les termes de sa missive présentent d'ailleurs fort explicitement toutes les données du problème :

« Il est inutile a vous détailler les grands avantages, pour échanger universellement les différentes pièces composant l'arme a feu ; le seul résultat de pouvoir ramasser, sur le champ de bataille, les débris, de rejeter les pièces

¹Archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

défectives, et avec les outils les plus simples (tournevis et marteau) d'assembler une arme parfaite, un Système pareille se recommande de soi-même.

Le génie américain a taché de résoudre ce problème aux plus minutieux détails, d'autres circonstances ont aidé, et ont fait naître une manière de construire, différente et plus avantageuse que toute autre employé jusqu'ici ; et ont ainsi permis aux Américains de fournir un Article supérieur en qualité et meilleur marché malgré les fortes journées qu'ils paient à leurs ouvriers (qui sont de 7 à 12 francs par jour) et la différence de prix des matières première.

Le gouvernement anglais, probablement convaincu de la supériorité des résultats américains, vient d'introduire ce système avec des très grands frais ; la commande de leurs machines et outils, pour la construction d'un model donné, s'élève a plus d'un million et demi de francs.

Supposant que le Gouvernement français serait favorable a un pareil changement, j'offre humblement mes services pour leur introduction. Ayant été employé pendant les 7 années de mon séjour en Amérique, successivement dans cet branche, et étant parvenu à diriger l'établissement des Mr. Remington & Sons a Ilion NY. Je ferais de toutes mes forces de mener a bon fin ce qui me manquera en capacité par persévérance loyauté et fidélité (...).

Je prends la liberté d'attirer votre attention, principalement sur un point ; que mon Expérience de l'Usage de ces machines, mes propres créations pendant le temps de ma direction, me rendent capable de fournir et faire exécuter les machines et Outils selon mes plans, en France même sous ma propres surveillance. »

Sa proposition¹ reçoit en novembre une réponse favorable. Kreutzberger rédige alors un projet visant à obtenir une production annuelle de 25 000 armes². Prudemment, le ministère ne donne pas suite mais l'invite à étudier les procédés en usage à Châtellerault, proche de Paris et dont les ateliers s'avèrent relativement concentrés sur le site, contrairement aux autres établissements. Son rapport, examiné par le Comité d'artillerie en mars 1856³, tout en reconnaissant l'extrême habileté des ouvriers, révèle les faiblesses structurelles évoquées plus haut :

¹L'ensemble des renseignements concernant la démarche de F-G. Kreutzberger est tiré des archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

²Ce projet, en date du 18 janvier 1856, prévoit d'installer, dans un espace de 900 m², 115 machines de 34 types différents, mues par une force de 35 chevaux-vapeur. Le volume de main-d'œuvre nécessaire oscille entre 250 et 260 ouvriers.

³Archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

certaines pièces pourraient par exemple être profilées plus simplement, ce qui autoriserait une fabrication mécanisée¹ : « *en appliquant les procédés mécaniques à la fabrication des armes, je crois devoir déclarer qu'il sera nécessaire de créer de nouveaux modèles d'armes pour faciliter l'application des machines à la confection de certaines pièces : par exemple la plaque de couche présente en dessous une courbure différente à la partie antérieure et à la partie postérieure. Si les deux courbures étaient égales on pourrait les fraiser dans toute la longueur puis ensuite achever la pièce. La forme actuelle rend cette opération impossible avec un appareil ordinaire. En Amérique toutes les formes des pièces d'armes ont été arrêtées en vue de l'application des procédés mécaniques et étudiées avec le plus grand soin* ».

La principale difficulté résulte néanmoins de l'absence, au sein des manufactures françaises, de conception globale quant à la production mécanique, si bien que les rares machines utilisées permettent seulement de réaliser des opérations particulières et partielles, sans réellement accroître la productivité ni diminuer les coûts ou, surtout, permettre une véritable standardisation. D'où ce jugement sans concession² : « *j'ai remarqué avec plaisir que l'on s'occupait d'améliorer les procédés en usage, mais comme les machines premières manquent complètement, il est à craindre que ces machines isolées, sans atteindre le but que l'on se propose, ne rendent le travail d'ensemble incomplet et coûteux*. » Fait typique, en 1859, la manufacture de Châtellerault, au sein de laquelle est menée depuis 1857 une expérience de mécanisation partielle de la production, ne possède toujours pas de machine à fileter les vis, alors qu'une confection standardisée de ces dernières serait fondamentale³. L'inexistence d'une culture « mécanicienne » se marque d'ailleurs par le peu de souci porté au réglage et à l'entretien⁴ : « *j'attribue les résultats médiocres de l'ébauchage et des opérations premières au mauvais état des machines existantes qui pour la plupart sont entièrement disloquées et d'une malpropreté impardonnable, et à l'absence de machines convenablement montées et entretenues*. »

¹Rapport Kreutzberger, mars 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

²Rapport Kreutzberger, mars 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

³ « Note sur les machines », décembre 1859, archives de la manufacture d'armes de Châtellerault, citée par P. Marder, « *L'arrivée de la guerre industrialisée : la guerre de Crimée, étape critique dans l'histoire politique et militaire de l'Europe* », p. 239.

⁴Rapport Kreutzberger, mars 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

Si bien que les conclusions de Kreutzberger s'avèrent extrêmement claires. Compte tenu de la configuration des ateliers, essentiellement organisés pour un travail manuel, et de la nécessité de former le personnel et l'encadrement au nouveau mode de production, la meilleure solution réside dans une introduction progressive de la mécanisation. Le Comité d'artillerie, de son côté, a clairement conscience de la situation déplorable de l'armement militaire, ainsi que le révèle son rapport du 16 mars 1856¹ : « *on ne peut dissimuler que nos établissements se trouvent fort en arrière du progrès général ; ils sont restés stationnaires et routiniers, tandis que l'industrie privée prenait un essor qui l'a complètement transformée. À l'heure qu'il est, nos ouvriers travaillent encore comme on travaillait il y a soixante ans. Les machines sont peu nombreuses et d'un modèle qui n'est pas toujours le meilleur ni le plus nouveau.* » Persuadés de la pertinence des propositions de Kreutzberger, les responsables décident alors d'introduire à petite échelle (toujours à Châtellerauld) les procédés mécaniques² sur une opération particulière, le garnissage des canons³. L'organisation de ce premier atelier expérimental (de 50 m² !) offre une vision claire des débuts de la mécanisation : huit machines, mues par une force de 4 chevaux-vapeur transmise par un arbre unique, sont implantées les unes à la suite des autres conformément à la logique de production, l'ensemble étant complété par un banc à étaux destiné notamment au taraudage⁴. Frédéric-Guillaume Kreutzberger⁵ a d'ailleurs laissé un plan relativement précis de cette première réalisation qui, en dépit de sa modestie, représente une véritable

¹Rapport du Comité d'artillerie, 16 mars 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

²Lettre du président du Comité d'artillerie au ministre de la Guerre, 25 mars 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472. Le rapport du 14 mars 1856 du président du Comité d'artillerie est explicite : « il est sage de tenir compte de ce qui existe, et de faire d'abord un essai sur une petite échelle, de manière à ne causer aucune perturbation dans nos établissements, et à n'engager qu'une somme relativement modique, puisqu'après tout, et telles qu'elles sont, nos Manufactures font de bonnes armes et en tel nombre que les besoins l'exigent » (archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472).

³Le garnissage des canons consiste notamment à assembler la culasse, la hausse et le guidon.

⁴Descriptif de l'atelier réalisé par Kreutzberger en 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

⁵Plan d'implantation de l'atelier réalisé par Kreutzberger en 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

révolution conceptuelle et matérielle. Il suffit, pour s'en convaincre, de rappeler qu'en 1862, la manufacture de Saint-Etienne abritait au maximum cinq machines¹.

4. De l'expérimentation à l'application généralisée

L'atelier expérimental entre en fonctionnement au début de l'année 1857² et donne immédiatement toute satisfaction. Bien que le résumé d'inspection de 1858³ se contente d'indiquer fort sobrement que « *l'installation des usines a reçu diverses modifications et devra en subir de nouvelles par suite de l'application des moyens mécaniques à la fabrication* », son succès explique vraisemblablement la démarche effectuée par le gouvernement impérial en janvier 1858. Désireux de mécaniser la production de fusils et de pistolets de guerre sur une grande échelle, les responsables du ministère prennent contact avec un constructeur américain, James T. Ames, de Chicopee (Massachusetts), pour négocier l'achat de l'ensemble des machines nécessaires au fonctionnement d'une usine susceptible de produire annuellement 50 000 armes. Ils suivent d'ailleurs en cela les recommandations de Kreutzberger, qui estimait « *mauvais en principe d'acheter ou de faire construire des machines de côté et d'autre*⁴ » et recommandait de s'en tenir à un seul fournisseur, respectant un cahier des charges extrêmement précis.

Le 20 mai suivant, le colonel Bertrand, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, soumet au ministre de la Guerre tous les éléments du dossier⁵. Les atouts de la mécanisation sont clairement énoncés : « *les avantages obtenus en Amérique pour l'emploi des machines peuvent se résumer ainsi :*

1. Identité dans les produits. *Des pièces d'armes quelconques, fabriquées à diverses époques, peuvent se remplacer l'une l'autre sans aucun ajustage nouveau.*

¹Outre la machine à rayer les canons déjà évoquée, une lettre du directeur de Saint-Etienne à l'inspecteur des manufactures, en date du 7 juin 1862, nous apprend qu'il n'existe aux Rives que quatre autres machines - à percer, à raboter, à aléser et à polir - (GIAT-MAI cote n°17).

²Le « résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour l'année 1857 (SHD/DAT 4 W 490) indique que l'on a installé à Châtellerault « des machines servant à faire des essais sur le garnissage du canon par les moyens mécaniques ».

³ « Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour l'année 1858, SHD/DAT 4 W 490.

⁴Rapport Kreutzberger, mars 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

⁵Rapport du 20 mai 1858, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

2° Economie, par arme, environ 25 francs. Avant l'application des machines un fusil semblable à celui d'Enfield aurait coûté 100 francs ; aujourd'hui on le livrerait au prix de 75 francs. En France, où la main-d'œuvre est moins chère, on peut estimer qu'on arriverait à une économie de 6 à 7 francs par arme.

3° Remplacement des pièces d'armes dans les corps rendu très facile.

4° Puissance productive presque indéfinie. Pour une fabrication de 50 000 armes, il ne faut que 1 200 ouvriers presque tous jeunes gens ou manœuvres. En France, pour obtenir le même produit, par le procédé ordinaire, il faut environ 1 800 ouvriers, presque tous hommes faits, ayant une instruction professionnelle longue à acquérir.

À ces avantages il faut en ajouter un autre, qui aurait en France une grande importance, c'est que l'emploi de ces machines se prête admirablement aux oscillations des commandes. Ainsi que le disait Monsieur le Colonel Guiod, dans le rapport qu'il a adressé à Votre Excellence le 10 mars 1857 : Les commandes sont-elles fortes, on met en jeu toutes les machines, on en multiplie le nombre au besoin ; sont-elles faibles, on renvoie une partie des enfants chez leurs parents sans avoir à se préoccuper des misères qu'entraîne le chômage pour des hommes faits réduits à l'inaction dès qu'ils n'exercent pas leur profession. »

La conclusion du rapport, prenant notamment en compte la question de la main-d'œuvre, se prononce toutefois nettement à l'encontre d'une mécanisation totale des manufactures : « en présence de ces résultats, que l'on ne saurait révoquer en doute, il y aurait évidemment un grand intérêt pour la France à fabriquer les armes à l'aide des machines américaines, et si, dans ce moment, nous n'avions pas dans nos manufactures 2 200 ouvriers engagés pour l'arme à feu, il serait rationnel d'y introduire, le plus tôt possible, ce mode de fabrication. Mais avec un personnel aussi considérable l'établissement immédiat de ces machines, dans les 4 manufactures, serait un grand embarras ; on ne pourrait pas d'ailleurs créer aussi brusquement un personnel de chefs d'atelier sachant les faire marcher convenablement. Je crois donc (...) qu'en principe on doit tendre à doter nos manufactures de toutes ces machines ; mais je crois aussi qu'il ne faut atteindre ce but qu'en commençant par les introduire, peu à peu, dans l'une d'elle. Déjà Votre Excellence est entrée dans cette voie, en autorisant l'établissement de machines américaines à Châtellerault, pour le garnissage du canon. Pour faire faire à ce mode de fabrication un pas de plus, j'ai eu l'honneur de soumettre le 11 mars dernier à Votre Excellence un nouveau projet pour forer, aléser et polir le canon. Plus tard, on pourrait étendre le changement de fabrication à la platine, à la sous-

garde, à la monture ; et si l'on a soin de réduire les engagements ouvriers, on parviendra ainsi à introduire, sans secousse et sans perturbation, le système complet de la fabrication de l'arme à Châtellerault.

En résumé, je suis d'avis qu'il n'y a pas lieu à traiter, pour le moment, avec Monsieur James T. Ames, pour la fourniture d'un système complet de machines américaines. »

De fait, le ministère se range à cette opinion. Entre-temps, le succès des premiers essais menés à Châtellerault conduit les décideurs à leur donner de l'ampleur. Dès 1857, Kreutzberger prépare une nouvelle série de plans pour le forage, l'alésage et le polissage des canons. Les machines correspondantes, construites à Paris, sont livrées fin 1858, toujours à Châtellerault, tandis que sont prises les dispositions nécessaires pour étendre les expérimentations à quelques ateliers de Tulle, comme le révèle l'inspection de 1859¹ : « à Châtellerault et à Tulle, on continue d'être satisfait des essais entrepris pour l'application des moyens mécaniques à quelques détails de la fabrication, tels que le garnissage et le polissage externe du canon ».

De son côté, F-G. Kreutzberger poursuit sa carrière au service de l'Etat, marquée (de 1856 à 1886) par des rapports parfois difficiles avec les officiers responsables du contrôle des fabrications d'armes, car tous ne considèrent pas cet employé civil comme un membre à part entière de l'institution militaire. Engagé à l'essai, chargé de superviser la modernisation de Châtellerault et de Tulle, il effectue une mission d'étude en Angleterre en 1857, qui lui permet de visiter Enfield², et construit de nouvelles machines, dont une à forer les canons de fusil en acier, en liaison avec l'entreprise Petin et Gaudet³. Devenu en 1859 « mécanicien » pour les Manufactures Impériales d'armes (titre remplacé en 1865 par celui d'ingénieur mécanicien), il joue en quelque sorte le rôle de conseiller technique au profit des quatre établissements français⁴. Ses fonctions l'amènent à se rendre sur les sites en

¹« Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour l'année 1859, SHD/DAT 4 W 490.

²GIAT-MAI cote n°48, « Rapport sur la fabrication des armes de guerre à Enfield en Angleterre par M. Kreutzberger ».

³L'entreprise stéphanoise Petin et Gaudet souhaitait substituer l'acier au fer pour fabriquer les canons de fusil. Kreutzberger construit en 1858 une machine permettant de forer les canons dans des barres d'acier à un prix acceptable, ce qui rend le procédé économiquement viable et permet pour la première fois en Europe son utilisation à l'échelle industrielle.

⁴Rien de plus explicite, par exemple, que ces deux missives de 1861 (GIAT-MAI cote n°17) : 10 janvier (lettre adressée à l'inspecteur des manufactures) : « Notre chaudière est prête à être installée. Merci à M. Kreutzberger de bien vouloir nous retourner les plans que nous lui avons adressés, en y indiquant la place qu'il destine à ses diverses machines, afin de prendre à l'avance les dispositions nécessaires. »

cas de nécessité¹, mais surtout à mettre au point (en les imaginant de toutes pièces ou plus simplement en modifiant des réalisations déjà existantes) un certain nombre de machines-outils spécifiques à l'armurerie : machines à forer les canons, à aléser, à raboter ou à fraiser. Mises en oeuvre dès 1860, elles servent notamment à la fabrication du fusil double de tirailleurs sénégalais², doté pour la première fois de canons en acier et non plus en fer.

Le colonel René résume en quelques paragraphes cette phase d'expérimentation, qui s'étend de 1857 à 1862, voire 1866, lorsqu'est arrêté le choix du Chassepot : *« par sa proximité de Paris, par la concentration de ses usines, Châtellerault se prêtait mieux que tout autre établissement aux essais sur les machines, ce fut donc cette manufacture qui fut choisie pour être transformée la première. Lorsque l'étude d'une machine était terminée, on la faisait construire et elle était dirigée sur Châtellerault où elle était montée et mise en train. C'est ainsi qu'on arriva de proche en proche à fabriquer l'outillage mécanique du canon et à l'installer à Châtellerault d'abord, puis à Tulle et à Saint-Etienne. La manufacture de Mutzig étant abandonnée en principe, on n'eut pas à s'occuper d'y introduire de changement dans les procédés de fabrication.*

Quelque restreint que fût cet outillage, c'était déjà un grand pas de fait. La routine était brisée et non sans grandes difficultés ; la machine à percer permettait d'adopter l'acier fondu pour la fabrication des canons ; les machines à aléser mécaniquement, les machines à raboter et les fraiseuses remplaçaient les anciens bancs de foreries et les meules ; mais en cherchant à obtenir ces résultats incomplets, on s'était heurté contre un obstacle bien grave, c'était le changement prévu dans le système des armes, changement qui paraissait imminent, malgré l'incertitude ou l'on était encore relativement au modèle qui serait adopté. On courait le risque de construire des machines qui pourraient ne pas se prêter parfaitement à la fabrication d'un modèle alors inconnu et d'établir des appareils qui devraient être forcément mis à la ferraille. Si l'on écoutait les conseils de la sagesse, il fallait attendre et cependant on pouvait facilement prévoir que si d'un jour à l'autre il se produisait une arme d'un modèle acceptable et accepté, il serait

24 janvier (lettre adressée à l'inspecteur des manufactures) : « L'entrepreneur désire faire faire à Paris les transmissions pour les machines qui doivent nous être envoyées, sous la surveillance de M. Kreutzberger afin qu'il conserve toute la responsabilité. »

¹GIAT-MAI cote n°17, lettre du 20 juin 1861 : « M. Kreutzberger est parti muni d'une pièce constatant son séjour à la manufacture du 11 au 20 juin inclus. »

²Le fusil double modèle 1861 dit « des tirailleurs sénégalais », destiné aux opérations outre-mer, possède deux canons juxtaposés. Pour la première fois dans l'histoire de l'armement réglementaire français, ces derniers sont en acier puddlé fondu et non plus en fer.

nécessaire d'en fabriquer immédiatement un nombre considérable ; tout ce que l'on aurait fait avant cette époque pour l'introduction du travail mécanique dans nos manufactures serait donc une avance peu importante en matériel, mais immense au point de vue de l'initiation qui aurait été imposée au personnel ; on posséderait un noyau qui permettrait de développer plus ou moins rapidement la fabrication mécanique. Ces considérations l'emportèrent et l'on décida à installer les machines pour les diverses pièces du fusil à l'Infanterie, Modèle 1857, au risque d'avoir fait un travail en partie inutile. »

En 1862 cependant, le gouvernement impérial modifie radicalement sa position. Délaisant les demi-mesures que représentait l'introduction restreinte de machines à Tulle et Châtellerault¹, il décide de créer de toutes pièces une manufacture susceptible de construire *mécaniquement* 120 000 armes par an², ce qui appelle deux remarques. Numériquement, le seuil retenu dépasse clairement celui de la production annuelle moyenne antérieure, qui s'établit entre 1851 et 1865 à 82 332 armes, le maximum étant atteint en 1863 avec 128 886³. Ce chiffre de 120 000, déjà évoqué lors d'un plan de reconstruction de l'usine stéphanoise en 1857, prend néanmoins toute sa signification par rapport au projet initial du maréchal Niel, qui visait à organiser l'armée française, en cas de mobilisation, sur un pied de 1 200 000 hommes⁴. D'autre part, à la volonté de modernisation et de standardisation, tant du produit fini que des procédés de fabrication, s'ajoute un souci de réduction des coûts, surtout si l'on envisage une production de masse. Cette préoccupation budgétaire est bien évidemment présente à un moment où l'on veut à la fois augmenter les effectifs susceptibles de combattre en cas de conflit, et doter les soldats d'un armement performant, qui ne les place pas en état d'infériorité face aux autres puissances européennes⁵. De fait, l'aspect économique

¹Ainsi, une lettre du 3 avril 1862 du ministère de la Guerre annonce au directeur de Châtellerault la décision d'acheter pour la manufacture 3 perceuses, 3 tours, une mortaiseuse et un limeur, soit 8 machines seulement (archives de la manufacture de Châtellerault citées par P. Marder, « *L'arrivée de la guerre industrialisée : la guerre de Crimée, étape critique dans l'histoire politique et militaire de l'Europe* », p. 241).

²Ce que rappellera explicitement le « Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour l'année 1866 (SHD/DAT 4 W 490) en précisant que « les procédés de fabrication par l'emploi des machines seront exclusivement suivis dans la nouvelle manufacture ».

³ « Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes (1836-1866) », SHD/DAT 4 W 490.

⁴En réalité, en août 1870, le gouvernement impérial ne pourra réunir sur le Rhin que 250 000 soldats.

⁵ Outre la Prusse, un certain nombre d'Etats européens ont en effet déjà modernisé leur armement : Royaume-Uni (1853), Autriche (1855), Russie (1857), Wurtemberg (1857), Hesse (1858), Bavière (1858), Espagne (1859).

n'avait pas échappé aux inspecteurs des manufactures, qui notaient déjà, en 1864¹, à propos de Tulle, que « *les innovations introduites pour l'usinage et le garnissage du canon donnent d'excellents résultats et permettent de réaliser une économie de 1 F 00 environ par canon* ». Le fusil de guerre ne constituant toutefois pas un produit marchand banalisé, on prend seulement en considération son prix de revient, sans se référer à un quelconque marché concurrentiel. Enfin, en filigrane, se pose toujours la question sociale du grand nombre d'ouvriers employés dans le cadre du mode de production traditionnel.

5. Mettre en Œuvre la Mécanisation

Mécaniser la fabrication des armes légères revient à construire des machines et à les installer dans les centres de production. Mais cette réalité, qui s'énonce si simplement, se décline en plusieurs champs d'action. Il s'agit d'abord de mettre au point des machines spécifiques à l'armurerie, sachant que le modèle d'arme réglementaire n'est fixé qu'en 1866, d'où un certain nombre d'essais, se traduisant par l'installation d'un nombre encore restreint de machines. Entre-temps, à Saint-Etienne, les machines-outils modernes des Rives et de Chavanelle ont été installées en mars 1866 dans la nouvelle manufacture. Cette dernière est ensuite inaugurée officiellement le 22 avril, lorsque les génératrices de vapeur commencent à fonctionner, permettant de mettre en oeuvre une petite chaîne de production, destinée à construire une arme expérimentale, la « carabine de Vincennes »², sachant que, dès l'année suivante, les machines utilisées à cette fin seront modifiées et feront l'objet de nouveaux réglages, afin d'être réemployées pour la production du Chassepot.

Une fois prise la décision de doter au plus vite (compte tenu de l'aggravation de la situation internationale) l'armée française du fusil modèle 1866 (le fameux Chassepot), les responsables gouvernementaux prévoient d'en commander plus d'un million d'exemplaires dans les années immédiatement à venir, ce qui représente un accroissement énorme de la production (volontairement réduite à

¹ « Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour l'année 1864, SHD/DAT 4 W 490. Les essais menés à Châtellerauld sur le garnissage du canon avaient déjà permis de réaliser une économie de 1,50 franc par arme. Puis, à partir de 1858, le remplacement du fer par l'acier doux pour les canons de fusil avait, grâce au procédé mis conjointement au point par Kreutzberger et Petin et Gaudet, permis une économie de 0,9 franc par arme.

²La carabine de Vincennes (dont Saint-Etienne construira 586 exemplaires) est une arme de conception ancienne, utilisée exclusivement pour réaliser des essais balistiques.

36 000 armes en 1866, compte tenu du changement prévu du modèle réglementaire de fusil)¹. Là encore, le rapport du colonel René résume parfaitement les choix et la démarche des responsables de l'armement : « *d'après les commandes faites par le Ministre aux quatre Manufactures, on fixa à 1 000 armes la production journalière minimum, ce qui supposait une fabrication d'environ 1 200 jeux de pièces, ainsi répartie : Saint-Etienne 600, Châtellerault 200, Tulle 200, Mutzig 200. L'outillage devait être calculé en conséquence et fourni aux établissements dans le plus court délai. La fabrication des fusils devait néanmoins commencer immédiatement par les procédés manuels pour les pièces qui n'exigeaient pas impérieusement l'emploi des procédés mécaniques et prendre une extension progressive au fur et à mesure de l'arrivée et de la mise en marche des machines.*

La détermination du nombre de machines nécessaires dépendant du rendement de chaque machine ne présentait pas d'autres difficultés, pour celles qui étaient déjà introduites dans les manufactures, que l'appréciation de la différence de rendement provenant de la différence du modèle d'armes, mais la plus grande partie des pièces n'avaient jamais été fabriquées mécaniquement et n'ayant pas le temps de faire une étude méthodique, on dut procéder par analogies. On arriva ainsi à fixer un premier chiffre de 1 500 machines comme minimum indispensable. Au point de vue de la régularité de la fabrication, de la facilité d'entretien et de réparations, il était d'une grande importance de ne pas multiplier les modèles de machines. Il n'existait chez aucun constructeur en France de modèles spéciaux pour la fabrication des armes. On aurait pu en trouver en Angleterre ou en Amérique, mais à la condition de fournir un type parfaitement arrêté de toutes les pièces de l'arme, ce qui était impossible à cause des améliorations que le modèle recevait encore de jour en jour et lors même que cette condition eût été acceptable, les constructeurs demandaient un délai considérable pour la livraison. Il fut donc décidé que l'on ferait construire ce matériel en France en employant toutes les ressources disponibles.

Dans ce but, les machines furent divisées en trois groupes :

¹ F. Crouzet (« Recherches sur la production d'armements en France (1815-1913) », *Revue historique*, Tome CCLI, p.54, note 4) apporte des chiffres précis : de 1866 à 1869, les quatre manufactures impériales d'armes ont fabriqué 845 720 Chassepot. Si l'on ajoute à cela la production du premier semestre 1870 et les Chassepot construits dans diverses manufactures étrangères ou par des entreprises civiles, on arrive à un total de 1 037 555 fusils modèle 1866 détenus par l'armée française au 1^{er} juillet 1870. L'on est proche de l'objectif initial poursuivi par le régime impérial de 1,2 million de Chassepots en 4 ans.

1^{er} groupe comprenant les machines qui, en raison de leur spécialité, exigent une fabrication soignée, telles que les machines à percer les canons, les machines à façonner, etc...

2^{ème} groupe renfermant les machines d'un usage général dans la fabrication des armes, dont les types principaux sont les aléseuses, les fraiseuses, etc...

3^{ème} groupe se composant des machines que l'on trouve dans l'industrie et qui peuvent être employées soit à la fabrication des armes, soit à la réparation des autres machines, comme les tours, les étaux-limeurs, etc...

En France, les constructeurs mécaniciens n'avaient pas encore eu l'occasion de confectionner des machines outils pour la fabrication des armes, il n'était donc pas prudent de leur abandonner la fourniture de celles qui sont comprises dans le premier groupe ; en outre, ils demandaient tous que l'Etat mît à leur disposition les modèles des machines qui leur seraient commandées. Il fut donc résolu que l'artillerie construirait les machines du premier groupe et les modèles de celles qui composent le second, que ces modèles seraient remis à divers constructeurs qui offriraient de fabriquer des lots de machines et qu'enfin les machines du 3^{ème} groupe seraient achetées dans l'industrie en faisant un choix judicieux parmi celles qu'elle construit d'une manière courante.

Pour les machines-outils spéciales et les modèles des machines d'un usage général, Monsieur le Maréchal Randon [le ministre de la Guerre de l'époque] autorisa l'établissement d'un atelier de construction et après bien des recherches on choisit pour l'installer une propriété industrielle située sur le bord de la Seine, à Puteaux. La prise de possession eut lieu le 15 juillet 1866 et les travaux d'appropriation furent poussés avec une telle activité que le premier septembre l'atelier était en marche. Cet atelier fut organisé ainsi qu'il suit :

Le Colonel Inspecteur des Manufactures d'armes (Colonel René), Directeur

L'Ingénieur mécanicien des Manufactures d'armes (Kreutzberger) chargé de la Direction des travaux.

Un Officier d'Artillerie (Roger) chargé de la comptabilité et de l'administration, et de la direction des travaux en cas d'absence de l'Ingénieur.

Un garde, un contrôleur d'armes, un ouvrier d'Etat. Le personnel d'ouvriers varie de 120 à 140. L'outillage comprend environ 200 machines de toutes sortes.

Les travaux de l'atelier de Puteaux ont porté principalement sur les forgeuses, machines à percer les canons, à polir, à façonner, à mortaiser, etc..., etc..., qui exigeaient une construction plus soignée que les autres.

La construction des machines-outils du deuxième groupe fut confiée à l'Industrie privée et fut exécutée par une dizaine de constructeurs choisis parmi les plus recommandables dans cette spécialité¹. Chacun d'eux prit en général une commande d'un certain nombre de machines de même modèle et reçut de l'atelier de Puteaux une machine type entièrement terminée, les modèles en bois pour le moulage des pièces en fonte et tous les dessins et renseignements nécessaires à l'exécution du travail ; 749 machines furent construites de cette manière.

Enfin les machines du troisième groupe, c'est-à-dire celles qui étaient déjà en usage dans l'industrie, furent achetées chez les divers constructeurs qui s'étaient acquis dans chaque spécialité une réputation de supériorité bien établie.

Toutes les machines comprises dans les 3 groupes précédents étaient destinées à la fabrication de l'arme à feu, sauf quelques-unes qui devaient être employées à la réparation des autres machines, mais l'introduction du sabre baïonnette dans toute l'armée nécessita aussi la création d'un outillage pour la confection de cette arme dans toutes les Manufactures. Deux branches de cette fabrication menaçaient d'entraver l'essor qu'elle devait prendre : l'aiguisage des lames et la confection des fourreaux. On assura l'aiguisage par la construction de deux grandes usines à Châtellerauld et à Saint-Etienne ; quant au fourreau, on fit pour sa fabrication une ingénieuse application des procédés mécaniques de l'étampage, employés dans l'industrie privée. Des jeux de machines pour cette fabrication ont été installés dans les Manufactures de Saint-Etienne, Châtellerauld et Tulle et peuvent suffire à une production journalière de plus de 1 200 fourreaux.

Indépendamment de toutes les machines qui précèdent, les directeurs en ont fait faire un certain nombre dans les ateliers des Manufactures ou chez des constructeurs résidant dans le voisinage des établissements. Ce sont particulièrement des machines qui, en raison de leur simplicité, pouvaient être faites sur place. Le nombre s'élève à 350 environ. »

La politique de mécanisation ne saurait toutefois se concevoir sans une adaptation des sites aux nouveaux procédés, ce qui revient à passer du système de

¹On peut noter à cette occasion que la plupart des machines utilisées lors de la phase d'expérimentation puis une partie des machines installées à la manufacture de Saint-Etienne ont été fabriquées par l'entreprise parisienne De Coster.

manufacture dispersée, utilisant des méthodes artisanales ou semi-artisanales, à un système moderne, dans lequel ouvriers et machines sont regroupés dans des unités de production organisées rationnellement. Les documents donnent une image précise des conditions traditionnelles de travail dans le secteur de l'armurerie. Si l'on prend le cas de Saint-Etienne, la manufacture proprement dite se compose d'un bâtiment de réception des pièces installé à Chavanelle, l'une des principales places de la ville, et d'un centre de production dans les faubourgs sud, l'usine des Rives, ainsi dénommée car elle borde un cours d'eau fournissant initialement l'énergie hydraulique. Mais un certain nombre d'ateliers, répartis en ville ou aux environs, complètent les Rives et approvisionnent la manufacture en pièces diverses. Un rapport de 1861 estime ainsi « *que la fabrication (...) est morcelée sur une étendue de plus de 10 km de long et 6 de large, sans compter l'annexe de Saint Héand ; que les ouvriers travaillant chez eux ne peuvent être surveillés suffisamment ; qu'ils trouvent dans le commerce libre des armes un appât considérable qui distrait les bons ; que les contrôleurs sont en nombre insuffisant pour cette surveillance, surtout si l'on tient compte de leur emploi nécessaire à des fabrications accessoires* »¹. La situation s'avère identique dans les autres établissements : à Mutzig, en 1864², « *la plupart des ouvriers travaillent à domicile. Il n'existe d'atelier que pour les parties de la fabrication qui nécessitent de grands mouvements ou l'emploi de moteurs mécaniques* ». De même, à Tulle³, « *les cheminées, les calibres et instruments vérificateurs sont fabriqués au chef-lieu. À l'Estabournie et à Souillac, on forge les canons, une partie des baïonnettes, des baguettes, des chiens et des culasses. Toutes les autres pièces de l'arme se confectionnent dans des ateliers particuliers ou boutiques appartenant aux ouvriers, en ville et en dehors de Tulle. Les centres de fabrication, au nombre de 8, existent dans des localités qui pour la plupart sont à 40 et même 60 km de Tulle. Le plus important, Treignac, où l'on fabrique les platines, est à 40 km de Tulle et nécessite la présence constante d'un contrôleur pour les recettes et la surveillance. Les pièces confectionnées dans les autres centres de fabrication sont apportées et reçues au chef-lieu. Cette dispersion des ateliers à des distances aussi grandes que 50 ou 60 km rend toute surveillance des ouvriers complètement impossible et cependant ne paraît pas nuire à la bonne qualité des produits* ». Il est évident qu'à l'occasion de l'assemblage, réalisé à Tulle, les différences entre les pièces de même

¹ GIAT-MAI cote n°17, lettre du 1^{er} août 1861 à l'inspecteur des manufactures.

² « Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour 1864, SHD/DAT 4 W 490.

³ « Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour 1864, SHD/DAT 4 W 490.

type se révèlent, ralentissant la production et amenant des ajustements arme par arme qui rendent nécessairement plus difficile l'interchangeabilité, et donc à terme la réparation. Mais cette situation est fort logiquement identique à celle des autres manufactures, puisque tous les modes de production sont comparables.

Il convient donc de créer des usines modernes, afin d'abriter machines et chaînes de montage. Ce qui revient, en pratique, à adapter les bâtiments existants ou à en construire de nouveaux. En réalité, les deux solutions vont être utilisées : « aussitôt qu'on eut pu se rendre compte approximativement du nombre des machines-outils que recevraient les Manufactures, les Directeurs furent invités à adresser des projets de construction ou d'amélioration des usines, ateliers et magasins. On ne peut entrer ici dans le détail de tous les travaux qui furent exécutés dans les Manufactures. En voici les principaux.

À Châtellerault, on construisit une nouvelle usine de mille mètres de superficie, pouvant recevoir 71 machines-outils et mue soit par une turbine de 50 chevaux, soit par une machine à vapeur de même force suivant l'état des eaux de la Vienne. On acheva en même temps une aiguiserie de 30 meules. L'éclairage au gaz fut introduit. (...)

À Tulle, on transforma des bâtiments en ateliers mécaniques et pour remédier à l'insuffisance du cours d'eau, on disposa des locomobiles sur les points où la force motrice manquait. »¹

Mutzig posait de son côté un problème particulier, lié aux contraintes du mode d'exploitation² : « le traité qui lie l'Etat aux entrepreneurs actuels de Mutzig expire le 1^{er} septembre 1869, et à cette époque, cette manufacture qui appartient en entier à M. Coulaux, Sütterlin et Cie, doit être abandonnée, conformément à une décision de principe prise lorsque la construction de la nouvelle manufacture de Saint-Etienne a été ordonnée [en 1862]. Il en résultait une position toute particulière pour les entrepreneurs de Mutzig, car l'Etat ne voulait y faire aucune dépense et eux, de leur côté, ne trouvaient pas dans les commandes ordinaires un bénéfice assez considérable pour leur permettre d'améliorer leurs usines qui tombaient presque en ruines. Néanmoins, comme on ne pouvait, dans les circonstances actuelles, négliger ce moyen certain d'accroître la production rapide des armes nouvelles, le Ministre conclut avec la société Coulaux, Sütterlin et Cie

¹Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

² Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

un nouveau traité par lequel cette société s'engagea, moyennant une commande de 180 000 armes livrables avant la fin de 1869, à faire à ses frais tous les travaux et à installer tout l'outillage nécessaire à ce développement de la fabrication.

Il y avait beaucoup à faire pour mettre la manufacture en état de suffire à une pareille fabrication. Les usines étaient en mauvais état, les moteurs délabrés, les transmissions détestables, les locaux et la force motrice insuffisantes. Développer la fabrication à Mutzig seul était difficile. L'entreprise se décida à acheter en totalité les établissements de la Bruschwerck et de Framont qui comprenaient, outre les usines, de vastes bâtiments pouvant servir de magasins, de salle de contrôles et de logement.

Les plus grands travaux auxquels donna lieu la nouvelle installation furent les travaux hydrauliques nécessités par l'établissement de nouveaux moteurs (...).

L'effort essentiel de construction porte cependant sur le site de Saint-Etienne¹, où les autorités gouvernementales ont décidé d'édifier la fameuse usine, susceptible de fournir 120 000 armes par an, selon des normes rationnelles, ce qui permet à la fois de résoudre la question de la très grande vétusté des Rives² et de bénéficier des ressources du bassin stéphanois, qui constitue à l'époque une zone majeure dans le secteur métallurgique, tant au point de vue de l'innovation qu'en ce qui concerne la production.

Le cas stéphanois apparaît ainsi tout à fait emblématique de cette volonté de mettre en place de nouveaux procédés. De fait, au-delà d'un simple regroupement des ouvriers, une réorganisation totale du travail est envisagée. Initialement, les concepteurs des divers projets, présentés en 1854, 1857 et même 1862, songeaient simplement à améliorer les conditions techniques antérieures, notamment par le biais d'une mécanisation partielle et d'une production d'énergie plus performante

¹Cl. Lombard résume en quelques mots les travaux menés à Châtellerault après 1866 : « Afin d'exécuter les commandes de fusils Chassepot, il fallut construire une nouvelle usine en amont de C1 et reconstruire [un] vieux bâtiment » (*La manufacture nationale d'armes de Châtellerault*, p. 20). L'étude du plan montre bien qu'il s'agit là seulement d'adaptations au sein de l'usine existante, et non, comme dans le cas stéphanois, d'une recréation totale destinée à répondre aux nouvelles normes conceptuelles.

²Le « Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour l'année 1862 (SHD/DAT 4 W 490) indique explicitement que « le mauvais état des mécanismes de l'usine des Rives, qui empire constamment, peut faire craindre un chômage inopiné, dont les conséquences auraient une extrême gravité ».

(où le recours à la force hydraulique demeure incontournable¹). Au regard des essais menés à Châtellerault par Kreutzberger, l'on envisage à partir de 1862 une véritable modification des procédés de fabrication grâce à l'utilisation systématique de machines-outils mues exclusivement par la vapeur. Le nouvel établissement stéphanois doit en fait s'avérer très fonctionnel. Fort de son expérience et de ses observations aux Etats-Unis ou au Royaume-Uni², Kreutzberger est au cœur de sa conception, trouvant là l'occasion de mettre en œuvre les idées qu'il exposait déjà dans ses rapports d'expertise de Châtellerault en 1856 et d'Enfield en 1857³ : « *il est très important dans un grand établissement de ce genre d'avoir toutes les conditions réunies pour assurer une parfaite et régulière marche des travaux, avec le moins de perte de temps possible, qu'occasionnent des transports inutiles, une bonne distribution de la transmission, un bon emplacement des machines, le tout bien éclairé, une surveillance facile; telles sont à peu près les conditions essentielles d'un établissement bien installé* ». En relation dans un premier temps avec le capitaine Bouchard, chargé de l'implantation des bâtiments⁴, il imagine ensuite un projet d'organisation intérieure de l'usine, qui est retenu en 1863-1864, et répond en fait aux critères de rationalité et d'économie dans le déplacement des pièces. L'étude des plans et les indications portées dans la notice rédigée par le capitaine Bouchard⁵ révèlent que la logique de production règne sans partage. Les ateliers sont disposés à l'intérieur de deux bâtiments en H entre lesquels sont

¹ En 1862 encore, les projets de reconstruction des Rives évoquaient la possibilité d'utiliser l'énergie hydraulique pour faire fonctionner la nouvelle usine (GIAT-MAI cote n°337, lettre du directeur à l'inspecteur des manufactures, 8 février 1862).

² Kreutzberger a visité Enfield en 1857 et rédigé à son retour un rapport détaillé, enrichi de croquis. En 1862-1863, il effectue un second voyage d'étude au Royaume-Uni et aux Etats-Unis, donnant lieu à l'élaboration d'un nouveau document (GIAT-MAI cote n°48, « Rapport sur la disposition des bâtiments et l'installation des machines dans les manufactures d'armes en Amérique et en Angleterre par M. Kreutzberger »).

³ Rapport Kreutzberger, mars 1856 (archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472) et « Rapport sur la fabrication des armes de guerre à Enfield en Angleterre par Mr Kreutzberger » (GIAT-MAI cote n°48).

⁴ Le capitaine d'artillerie Bouchard est l'officier chargé des bâtiments et des machines de 1862 à 1870 au sein de la manufacture de Saint-Etienne. Responsable de la construction, il dirige un véritable bureau d'architectes, composé du capitaine Maguin et du lieutenant Bernard, auxquels se joint, à partir de 1866, le sous-lieutenant Kreyder. La surveillance des travaux est quant à elle assurée par des sous-officiers et des employés d'Etat. D'autre part, une lettre du ministère, du 20 février 1864, l'autorise à adjoindre à son personnel, jusqu'au 31 décembre de cette même année, trois dessinateurs civils « afin de hâter la rédaction des projets de manière à entreprendre les travaux aussitôt que possible dans le courant de cette année » (GIAT-MAI cote n°19).

⁵ « Notice sur la construction de la Manufacture d'armes de Saint-Etienne », rédigée par le capitaine Bouchard le 18 février 1869 (ADL 4 ETP, archives GIAT Industrie, article n°5, « construction de la manufacture d'armes impériale »).

installés machines à vapeur et générateurs, selon un principe de distribution de la force motrice qui suppose une vision préalable de l'aménagement intérieur desdits bâtiments : « *les machines outils dans les ateliers sont groupées par nature de pièces à fabriquer* »¹. L'implantation de l'ensemble des constructions est conçue « *de manière à diminuer autant que possible les transports* »². Parallèlement, un système de récupération de l'eau précédemment employée permet de réutiliser cette dernière, après décantation, pour l'alimentation des meules. Le choix des matériaux confirme également un réel souci de modernité : les charpentes de bois sont remplacées par des charpentes mixtes bois-métal tandis que l'emploi de planchers et persiennes entièrement métalliques permet de minimiser les risques d'incendie dans les magasins où sont conservés les bois de fusils. La véritable innovation, toutefois, ne réside pas dans les bâtiments eux-mêmes (inspirés des constructions contemporaines les plus modernes, notamment des usines britanniques, quant à la hauteur, à l'éclairage au gaz ou à l'aspect général) mais dans le remplacement systématique des procédés manuels de fabrication des armes par la fabrication mécanique. Enfin, la volonté de regrouper l'ensemble de la production sur un seul site³ marque théoriquement la fin de la manufacture dispersée, qui semble effectivement réalisée peu avant la déclaration de guerre à la Prusse, en 1870⁴.

L'édification de l'usine couvre une période de six ans, de 1863 à 1869, mais les premières chaînes de production commencent à fonctionner à partir d'avril 1867.

¹ « Notice sur la construction de la Manufacture d'armes de Saint-Etienne », rédigée par le capitaine Bouchard (ADL 4 ETP, archives GIAT Industrie, article n°5, « construction de la manufacture d'armes impériale »).

² « Notice sur la construction de la Manufacture d'armes de Saint-Etienne », rédigée par le capitaine Bouchard (ADL 4 ETP, archives GIAT Industrie, article n°5, « construction de la manufacture d'armes impériale »).

³La notice du capitaine Bouchard est tout à fait explicite : « la construction des divers bâtiments dont nous venons de parler permettait d'abandonner les anciennes usines ; dès qu'ils furent approuvés, on s'occupa des autres bâtiments qui avaient pour but de concentrer dans l'intérieur de la Manufacture des services qui étaient répartis soit en ville chez les ouvriers, soit dans divers ateliers loués par l'Etat ou l'entrepreneur. Ces bâtiments sont la forge, les magasins et l'atelier de réparation ». Fin novembre 1866, les bureaux et la caisse de l'entreprise quittent l'ancienne manufacture, place Chavanelle, pour l'usine du Champ-de-Mars (GIAT-MAI cote n°13, lettre n°75 du 13 novembre 1866). Néanmoins, les ateliers de Chavanelle et surtout des Rives demeurent à la disposition de la manufacture (voir lettre de l'inspecteur des manufactures du 13 juillet 1866, GIAT-MAI cote n°20) et conservent une activité résiduelle jusqu'au début de 1870. Le rapport du colonel René est particulièrement explicite à ce sujet. Réactivé pendant la guerre de 1870-1871, le site des Rives regroupe encore plusieurs dizaines d'ouvriers en 1873.

⁴Il ne s'agit cependant pas là du premier exemple de concentration dans le domaine de l'armement militaire. En effet, dès 1860 avait été prise la décision de réunir les ateliers de construction d'artillerie à Bourges (alors qu'ils représentaient 5 sites dépendant de l'arsenal de Strasbourg).

Globalement, à la fin de 1867, les principales constructions sont livrées et réceptionnées, l'emprise totale de la nouvelle manufacture (11 hectares 87 ares très exactement) représentant un peu plus de cinq fois celles des Rives et de Chavanelle réunies.

6. Réussite et Limites de la Mécanisation

Les chiffres avancés par le colonel René dans son rapport¹ montrent de façon éloquente la réussite du plan de mécanisation : « *au moment où le nouveau modèle d'armes fut adopté [1866], les quatre manufactures présentaient une superficie d'usines et d'ateliers de 19 820 m². Elles disposaient d'une force motrice de 367 chevaux.*

217 machines d'une valeur de 520 000 francs représentaient la portion mécanique de la fabrication. Une partie seulement était des machines-outils de nouvelle construction. Le personnel se composait de 14 officiers chargés de la fabrication, 100 contrôleurs, 2 817 ouvriers. Il y avait en outre 56 capitaines en second attachés aux manufactures pour y faire leur instruction.

(...) Les développements accomplis dans les manufactures pour l'exécution des grandes commandes d'armes Modèle 1866 peuvent se résumer en quelques lignes. La superficie des usines et ateliers a été portée de 20 000 m² à 60 000 m². La force motrice a été portée de 367 chevaux à 1 500 chevaux. Le nombre des machines-outils de 200 à 2 000. Le personnel des contrôleurs de 100 à 180, celui des ouvriers de 2 800 à 15 000. La production journalière de 100 à 1 400 armes. »

Quoique ne couvrant pas entièrement les besoins gouvernementaux, toujours croissants par rapport aux prévisions initiales, le rythme de production parvient néanmoins à répondre à la majeure partie des demandes. Les chiffres avancés par F. Crouzet² s'avèrent éloquents : 845 720 Chassepot ont été fabriqués dans les quatre manufactures de 1866 à 1869 ce qui, compte tenu des délais d'organisation et de mise en route des chaînes, révèle à l'évidence le succès, en terme de volume de production, du plan de mécanisation, lorsque l'on se réfère aux quantités évoquées à propos de la période 1851-1865³.

¹Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

²Voir note n°52.

³Voir note n°47.

Néanmoins, il convient de nuancer cette approche, dans la mesure où un certain nombre de faiblesses, structurelles ou conjoncturelles, ont malgré tout marqué ce processus de mécanisation. L'urgence du moment, le souci de produire immédiatement à tout prix ont parfois empêché d'utiliser les nouvelles machines de façon optimale¹ : « *au fur et à mesure de l'achèvement des machines on les expédiait sur les Manufactures, autant que possible dans la proportion de 1 à Châtellerault, 1 à Tulle, 3 à Saint-Etienne, (Mutzig étant outillé directement par les entrepreneurs) c'est-à-dire dans la proportion des chiffres de la production exigée. Les travaux de construction ou d'aménagement n'étant pas terminés au moment de l'arrivée des premières machines, il fallut pour ne pas les laisser, même quelques jours sans emploi, les installer où il y avait de la place. Il en résulta des déménagements fréquents, des pertes de temps forcées, et des difficultés de surveillance qui n'eussent pas existé si l'on eût pu procéder méthodiquement.*

Cette difficulté d'installation que faisait naître la précipitation avec laquelle on était obligé d'opérer se présenta également dans l'installation de la fabrication. Dès que dans une manufacture il arrivait des machines, on cherchait à les utiliser de suite pour le travail d'une pièce. L'opération mécanique que l'on faisait n'était pas toujours la meilleure, parce que la machine convenable n'était pas encore terminée. Mais les appareils étant faits et mis en place et les ouvriers habitués à un genre de travail, on produisait et une fois en marche on n'osait plus, de peur de ralentir momentanément la fabrication, changer le procédé lorsqu'on avait reçu la machine convenable. La construction et l'ajustage des appareils, la mise en marche d'une machine, exigent de 15 jours à un mois ; on ne pouvait se permettre une semblable interruption et l'on remit à une époque plus calme la répartition méthodique du travail. »

De même, le concept d'interchangeabilité n'a pas été entièrement respecté. En ce qui concerne le fusil proprement dit (sans son sabre-baïonnette), les modèles de pièces arrivaient de Châtellerault et étaient distribués aux trois autres manufactures. Mais le rapport René révèle l'absence d'identité parfaite, en pratique, entre les productions des quatre établissements : « *les pièces du fusil Mle 1866 fabriquées en ce moment dans nos manufactures, ne sont pas échangeables ; tandis que les pièces des armes anglaises et américaines jouissent de cette propriété. Ceci tient à deux causes : la première, c'est que dans ces deux pays on a imposé aux pièces les formes exigées par les mécaniciens pour le travail des machines, tandis qu'en*

¹Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

France les manufactures ont dû accepter et fabriquer tel quel le type de l'arme parce qu'on voulait une production immédiate et que la nouvelle étude qu'il aurait fallu faire au point de vue des machines aurait exigé un temps assez long ; la seconde, c'est que dans l'impossibilité où l'on s'est trouvé d'employer dès le début les machines les plus convenables pour chaque opération et dans l'obligation où l'on était de produire à tout prix, on a dû se contenter souvent de dégrossir à la machine. Ces deux causes réunies ont entraîné l'emploi d'une grande quantité de limeurs ; or, pour qu'une fabrication produise des pièces identiques, une des premières conditions est qu'elle soit entièrement mécanique. Ce résultat sera obtenu lorsqu'on n'aura plus à répondre aux exigences d'une production forcée. »

Le choix d'un sabre-baïonnette, avec une lame yatagan, remplaçant pour le Chassepot la traditionnelle baïonnette à lame droite, constitue également un frein à l'interchangeabilité. La complexité du montage exige en effet un certain nombre d'interventions manuelles, qui mettent à mal la volonté de mécanisation totale et génèrent inévitablement de légères inexactitudes dans les cotes.

En fait, sans même prendre en compte l'urgence de la situation qui nécessite la réalisation d'un certain nombre de Chassepot par des firmes étrangères (ce qui accroît la difficulté à respecter strictement les normes de construction), il semble bien que la notion d'interchangeabilité ait connu des limitations dépassant le strict domaine technique pour toucher au facteur psychologique. La mécanisation des opérations se heurte en effet à des barrières mentales qui en limitent la portée dans un premier temps, jusqu'à ce que le remplacement des générations et l'accoutumance aux procédés aient fait leur oeuvre. Le *Dictionnaire militaire*, dans l'article « Fabrication des armes portatives »¹, exprime clairement ces pesanteurs, devinées de façon ténue au fil des rapports et des correspondances : « *en définitive, ce progrès resta fort incomplet : les machines étaient introduites, mais on n'était pas parvenu à utiliser complètement leurs ressources. Quoiqu'elles fussent généralement bien conçues et bien construites, on n'admettait pas, en principe, qu'une pièce d'armes pût être finie mécaniquement ; les grosses pièces seules étaient forgées et dégrossies à la machine et on les finissait à la lime ou même au burin ; quant aux petites pièces, elles étaient faites complètement à la main. Or, les procédés mécaniques de forge étaient alors imparfaits et livraient des pièces difformes, auxquelles il fallait par conséquent donner un excédent considérable de matière. Les machines étaient employées principalement à enlever cet excédent et l'on semblait n'avoir rien gagné, puisque le travail du limeur n'était pas*

¹ *Dictionnaire militaire*, T. I, p. 1 206.

diminué ». Si bien que c'est seulement à partir de 1883 que l'on peut « voir les pièces pour armes à feu arriver dans l'atelier de montage sans qu'aucune d'elle eût passé par les mains d'un seul limeur, et se réunir en l'espace de quelques minutes pour composer une arme d'un fonctionnement irréprochable. » Ce qui corrobore en quelque sorte l'affirmation selon laquelle le fusil Lebel, construit à partir de 1886, est le premier à bénéficier intégralement du concept d'interchangeabilité.

7. Les Inévitables Mutations de la Main - D'œuvre

Le passage à une production mécanisée et l'utilisation systématique de machines-outils entraîne nécessairement une modification des méthodes de travail, et donc des compétences requises. Tant que règne le mode artisanal (ou semi-artisanal), les ouvriers sont formés selon les traditions de l'armurerie, dans laquelle travaux de lime et de forge jouent un rôle prépondérant. La période d'expérimentation, de l'installation de l'atelier de Châtellerauld à la mise en place du parc de machines à partir de 1866, représente l'occasion de former une partie du personnel des manufactures aux nouvelles techniques de production.

Le résumé d'inspection de l'établissement de Saint-Etienne révèle cet état de choses sans ambiguïté¹ : « *les procédés de fabrication par l'emploi des machines seront exclusivement suivis dans la nouvelle manufacture : mais, afin d'éviter l'à-coup qui pourrait résulter d'une transition brusque des anciens procédés aux nouveaux, on a dû introduire un certain nombre de machines-outils dans la fabrication actuelle, afin de familiariser les ouvriers et chefs d'ateliers avec leur emploi. La fabrication des canons en acier fondu se fait tout entière par les nouveaux procédés ; les machines, quoi qu'installées à titre provisoire, fonctionnent bien et donnent de bons résultats* ». Ce souci d'acculturation touche d'ailleurs aussi bien les ateliers des Rives² que ceux, plus modestes, de Chavanelle³. Parallèlement, quelques ouvriers partent temporairement à Paris

¹Résumé des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes » pour l'année 1864, SHD/DAT 4 W 490.

²Lettre de l'inspection des manufactures au directeur de Saint-Etienne, 29 novembre 1864 (GIAT-MAI cote n°29).

³ GIAT-MAI cote n°19, lettre du 8 janvier 1864.

s'initier à l'utilisation des nouvelles machines, chez le constructeur De Coster, sous la direction de Kreutzberger lui-même¹.

Le colonel René confirme cet état de fait, qui résulte d'un choix raisonné des responsables gouvernementaux, confrontés par ailleurs à la nécessité de changer à brève échéance l'armement réglementaire français : « *quelque restreint que fût cet outillage, c'était déjà un grand pas de fait. La routine était brisée et non sans grandes difficultés ; la machine à percer permettait d'adopter l'acier fondu pour la fabrication des canons ; les machines à aléser mécaniquement, les machines à raboter et les fraiseuses remplaçaient les anciens bancs de foreries et les meules ; mais en cherchant à obtenir ces résultats incomplets, on s'était heurté contre un obstacle bien grave, c'était le changement prévu dans le système des armes, changement qui paraissait imminent, malgré l'incertitude ou l'on était encore relativement au modèle qui serait adopté. On courait le risque de construire des machines qui pourraient ne pas se prêter parfaitement à la fabrication d'un modèle alors inconnu et d'établir des appareils qui devraient être forcément mis à la ferraille. Si l'on écoutait les conseils de la sagesse, il fallait attendre et cependant on pouvait facilement prévoir que si d'un jour à l'autre il se produisait une arme d'un modèle acceptable et accepté, il serait nécessaire d'en fabriquer immédiatement un nombre considérable ; tout ce que l'on aurait fait avant cette époque pour l'introduction du travail mécanique dans nos manufactures serait donc une avance peu importante en matériel, mais immense au point de vue de l'initiation qui aurait été imposée au personnel ; on posséderait un noyau qui permettrait de développer plus ou moins rapidement la fabrication mécanique. Ces considérations l'emportèrent et l'on décida à installer les machines pour les diverses pièces du fusil à l'Infanterie, Modèle 1857, au risque d'avoir fait un travail en partie inutile. »*

Cela ne semble toutefois pas avoir été réalisé sans peine. Parlant de l'année 1866, le rapport René² révèle une situation en demi-teinte : « *la production, d'après la commande, était de 36 000 armes pour l'armée. La fabrication mécanique n'était encore appliquée qu'au canon. Le personnel était bon, mais les ouvriers étaient attachés à la routine, hostiles à tout changement et souvent malveillants lorsqu'on*

¹Lettres des 23 juin 1864, 25 et 29 novembre 1864 de l'inspection des manufactures au directeur de Saint-Etienne (GIAT-MAI cote n°29). De même, une fois l'installation réalisée, Kreutzberger continue de superviser la mise en route de l'usine. Un courrier du 11 octobre 1867 annonce ainsi sa venue à Saint-Etienne, le 21 suivant, durant une semaine, afin d'étudier le fonctionnement des machines-outils (GIAT-MAI cote n°29).

²Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

introduisait une nouvelle machine. Néanmoins, grâce au zèle et au dévouement de quelques contrôleurs intelligents, les directeurs venaient à bout de surmonter ces difficultés que la faiblesse de la commande rendait moins inquiétantes. »

À partir des années 1866-1867, lorsque les chaînes de montage sont réellement opérationnelles, les critères de recrutement deviennent obligatoirement différents. L'avancée technologique suppose désormais la présence d'ouvriers tels que tourneurs ou fraiseurs, les armuriers, moins nombreux, étant quant à eux appelés à tenir des postes extrêmement spécialisés ou des fonctions d'encadrement¹. Frédéric-Guillaume Kreutzberger avait parfaitement conscience de cette évolution inéluctable, qu'il évoquait en ces termes dans son rapport de 1856² : « *cette nouvelle manière de travailler changera bien les habitudes des ouvriers et aussi leurs dénominations ; ainsi il n'y aurait plus de platineurs, de sous-gardiens et de monteurs (ceux-ci travaillant le bois), mais des forgerons et des aides, des mécaniciens et soigneurs de machines (appelés garçons), des limeurs de corps et de platine, de noix, de brides, d'écusson, etc... et des monteurs chargés d'assembler des pièces détachées complètement achevées.* » De même, le projet Ames³ soulignait qu'au lieu de 1 800 armuriers qualifiés, la fabrication annuelle de 50 000 armes requerrait seulement « *1 200 ouvriers (presque tous jeunes gens ou manœuvres), dirigés par 20 contremaîtres, le tout contrôlé par 10 vérificateurs* ». Le rapport René⁴, qui s'appuie sur les évolutions réellement constatées, va dans le même sens : « *si l'on tient compte des diverses professions que l'ancienne fabrication exigeait, on n'y trouve aucun mécanicien, aucun ouilleur, très peu d'ajusteurs, tandis que dans la nouvelle ce sont les ouvriers les plus nécessaires. Les dresseurs de canon étaient peu nombreux et leur profession comptait parmi les plus difficiles et les plus longues à apprendre. Aujourd'hui, il faut autant de dresseurs qu'il y a de machines à percer et à aléser, c'est-à-dire plus de 250 [pour l'ensemble des manufactures françaises]. Les ouvriers d'un certain âge furent très difficiles à mettre à la nouvelle fabrication et ce fut parmi les plus jeunes que l'on recruta les meilleurs conducteurs de machines. Dans chaque manufacture, on*

¹R. Dubessy (*Historique de la Manufacture d'armes de guerre de Saint-Etienne*, p.558) donne une grille de salaires qui permet de cerner précisément cette hiérarchie : un employé aux machines gagne quotidiennement 2,5 F à 3,5 F, un limeur-ébaucheur 4 à 5 F, un limeur-ajusteur ou un monteur de fusil 5 à 6 F, et enfin un perceur ou un dresseur de canon 6 à 7 francs.

²Rapport Kreutzberger, mars 1856, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

³Rapport du colonel Bertrand, 20 mai 1858, archives de l'artillerie, « Commission des armes à feu portatives – Fabrication, machines et instruments », dossier 9 437, SHD/DAT 4 W 472.

⁴Rapport du colonel d'artillerie René, inspecteur des Manufactures Impériales d'armes, 31 décembre 1868, SHD/DAT 4 W 488.

commença par donner de l'ouvrage à pleins bras aux ouvriers inscrits ; on recruta ensuite, dans la localité et dans les environs, des jeunes gens que l'on forma comme élèves, enfin on eut recours aux soldats qui avaient travaillé en manufacture et, en dernier lieu, le Ministre fit désigner par les Chefs de Corps des soldats dont la profession première permettait d'utiliser le travail dans les manufactures. »

La mécanisation entraîne également une modification de l'encadrement : *« les officiers dirigeants, (je laisse de côté les Officiers envoyés en manufacture pour leur instruction) étaient au nombre de 3 à Châtellerault, à Tullés, à Mutzig et de 5 à Saint-Etienne ; on adjoignit un lieutenant d'ouvriers à chacun des Capitaines chargés des bâtiments à Châtellerault, Saint-Etienne et Mutzig, ce qui donna un total de 17 officiers. C'est l'existant actuel. Le nombre des contrôleurs dût être considérablement accru et comme on ne pouvait augmenter les cadres, on eut recours à des contrôleurs provisoires recrutés de diverses manières. On prit tous les contrôleurs en retraite qui demandèrent ou consentirent à rentrer ; on employa comme contrôleurs provisoires tous les candidats au grade de contrôleurs admis par le Comité, puis ceux qui avaient été proposés par les Directeurs et ajournés soit par le comité, soit par les Inspecteurs généraux ; enfin les ouvriers que les directeurs jugèrent aptes à remplir ces fonctions. Après avoir épuisé toutes ces catégories, on manquait encore de contrôleurs. Monsieur le Ministre de la Marine a bien voulu, sur la demande du Ministre de la Guerre, mettre à la disposition du directeur de Saint-Etienne 15 employés de son département. »*

Un certain nombre d'habitudes de travail, d'autre part, ont disparu, remplacées par d'autres, beaucoup plus contraignantes. L'exemple stéphanois s'avère là encore très parlant. Traditionnellement, les ouvriers armuriers jouissaient d'une liberté certaine. Il suffit, pour s'en convaincre, de citer une lettre de 1861 du directeur de la manufacture¹ qui révèle la position officielle des autorités par rapport à trois interrogations. À la question *« des ouvriers des manufactures peuvent-ils être autorisés à établir une fabrique d'armes tout en continuant à travailler à la manufacture ? »*, le directeur affirme *« qu'il faut admettre en principe la liberté pour les ouvriers de fabriquer des armes tout en laissant aux directeurs l'autorité nécessaire pour arrêter l'abus s'il vient à se produire. »* À la question *« les ouvriers peuvent-ils vendre à un fabricant autorisé les pièces de rebut de leur fabrication ? »*, la position est claire : *« il faut conserver pour l'entrepreneur les*

¹ : Lettre du directeur de Saint-Etienne à l'inspecteur des manufactures, 9 novembre 1861, GIAT-MAI cote n°337.

pièces rebutées entre les mains des ouvriers, mais régler le prix de la cession de manière que les ouvriers ne soient pas lésés et l'entrepreneur favorisé au préjudice des fabricants. » Enfin, à la question « les contrôleurs peuvent-ils être autorisés à coopérer à une fabrication par l'entrepreneur ou par le fabricant », la réponse « est affirmative pour les deux cas, toutefois avec réserve des circonstances particulières où un concours extraordinaire sera réclamé pour le service de la manufacture. »

Une telle latitude d'action s'avère impossible à partir du moment où la production mécanisée entraîne nécessairement la fin de la manufacture dispersée et le regroupement dans des ateliers marqués par une discipline de travail beaucoup plus stricte. De ce point de vue, la description que fait le capitaine Dubessy¹ de la nouvelle manufacture d'armes de Saint-Etienne met en valeur ce caractère d'unité de production industrielle close sur elle-même qu'a désormais acquis l'usine : « une ceinture complète de murs entoure la Manufacture et, pour l'isoler au nord et au sud des immeubles voisins, on a inséré dans le traité avec la ville une clause par laquelle l'administration municipale s'est engagée à établir et à entretenir en bon état de service, sur tout le développement des limites nord et sud, deux rues de dix mètres de largeur, chacune prise sur le terrain de la Manufacture. Ces rues dont l'Etat est propriétaire assurent complètement la sécurité à l'extérieur de l'établissement. » La trop grande imbrication de la future manufacture avec le tissu urbain adjacent avait d'ailleurs constitué l'un des éléments négatifs qui avaient amené à rejeter le site de la plaine de Champagne au profit de celui du Champ de Manœuvre en 1863, compte tenu des préoccupations sécuritaires touchant des installations sensibles relevant de la défense nationale.

8. Conclusion

De cette étude naissent plusieurs réflexions. La mécanisation des manufactures d'armes représente d'abord, dans un secteur d'activité précis, le passage à une véritable civilisation technologique. L'étude détaillée de sa réalisation révèle le rôle prépondérant de l'Etat, dans la lignée de la tradition colbertiste, mais également conformément aux liens étroits noués entre science, armée et instances gouvernementales, de la fin du XVIIIe siècle à la Restauration². Néanmoins, les officiers d'artillerie responsables du Comité qui préside aux choix techniques dans

¹ : R. Dubessy, *Historique de la Manufacture d'armes de guerre de Saint-Etienne*, p. 564.

² : Voir à ce propos les analyses développées par Patrice Bret dans *L'État, l'armée, la science. L'invention de la recherche publique en France, 1763-1830*.

le domaine de l'armement, selon un strict rationalisme technocratique, sont ici obligés de composer avec l'empirisme d'un praticien, Kreutzberger, dépourvu des qualifications scientifiques et universitaires qui fondent leur propre culture¹. D'où peut-être les difficultés à admettre pleinement ce dernier en leur sein, tandis que l'action personnelle de Napoléon III et de son entourage immédiat semble à l'évidence peser dans le choix vers l'innovation.

L'on s'aperçoit ensuite que la mise en place de machines-outils de première génération (spécialisées dans une seule opération) garantit un usinage suffisamment précis pour permettre en théorie l'interchangeabilité des pièces. Néanmoins, cette dernière n'est généralisée en pratique qu'une quinzaine d'années plus tard, lorsque les erreurs de conception et d'utilisation des machines sont dépassées, que la fiabilité des outils a été améliorée par des progrès techniques constants et enfin que les dernières barrières psychologiques sont tombées. De plus, bien que le processus de mécanisation entraîne dès ses débuts une production à haut rendement et un abaissement des coûts, il faut attendre les travaux de Gustave Ply², dans la décennie 1880, pour voir le respect des cotes (et des tolérances) devenir la fonction névralgique permettant d'aboutir réellement à la fabrication de pièces interchangeables.

Enfin, on ne saurait nier l'impact qu'a eu sur les industries privées le processus de mécanisation réalisé dans les manufactures d'armes. Le cas du bassin stéphanois, qui s'appuie sur la réalisation la plus aboutie à cet égard, semble exemplaire. La nouvelle usine construite spécialement pour répondre aux normes de la mécanisation représente en effet un exemple d'innovation organisationnelle pour de nombreuses entreprises de la filière mécanique (Dombret, Manufrance) ou textile (et l'on pense ici à l'entreprise Giron), jouant le rôle d'un facteur de modernisation qui s'inscrit pleinement dans le dessein économique du Second Empire, tandis que le passage dans le privé d'un certain nombre d'ouvriers de la manufacture constitue une autre forme de retombées positives.

¹ : Voir à ce propos les analyses développées par Bruno Belhoste dans son article « La culture technocratique des armes savantes », in *Deux siècles d'histoire de l'armement en France*, sous la direction de D. Pestre, pp. 47 à 55.

² : Gustave Ply, directeur de l'atelier de Puteaux à partir de 1886, a notamment publié *Étude sur l'organisation du service technique dans les manufactures d'armes*. Voir à son propos l'article de Frédérique Barnier, « Aux origines du taylorisme à la française : Gustave Ply », in « *Entreprises et Histoire* », pp. 95 à 105.

Sources bibliographiques

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, Paris, Imprimerie nationale, 1890.

Dictionnaire militaire, Encyclopédie des sciences militaires rédigée par un comité d'officiers de toutes armes, Paris-Nancy, Berger-Levrault, 3 tomes, 1898-1911.

Alder (K.), *Engineering the Revolution*, Princeton, Princeton University Press, 1997.

Alder (K.), « Innovation and Amnesia : Engineering Rationality and the Fate of Interchangeable Parts Manufacturing in France », *Technology and Culture*, vol. 38, n°2, Avril 1997, pages 273 à 311.

Bacher (B.), Brun (J.-F.), Perrin (E.), *La manufacture d'armes de Saint-Etienne – La révolution des machines 1850-1870*, Clermont-Ferrand, ed. Un, Deux, Quatre..., 2007.

Barnier (F.), « Aux origines du taylorisme à la française : Gustave Ply », *Entreprises et Histoire*, n°18, 1998, pages 95 à 105.

Boudriot (J.), Marquiset (R.) et Lorain (P.), *Armes à feu françaises modèles réglementaires 1833-1918*, T. III et T. IV, coll. J. Boudriot, Paris, 1981.

Bret (P.), *L'État, l'armée, la science. L'invention de la recherche publique en France, 1763-1830*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2002.

Cardwell (D.S.L.), *Turning Points in Western Technology, A study of Technology, Science and History*, New York, Neale Watson Academic Publications, 1974.

Crouzet (F.), « Recherches sur la production d'armements en France (1815-1913) », *Revue historique*, Tome CCLI, 1974, pp. 45 à 84.

Crouzet (F.), « Remarques sur l'industrie des armements en France (du milieu du XIX^e siècle à 1914) », *Revue historique*, Tome CCLI, 1974, pp. 409 à 422.

Dubessy (R.), *Historique de la Manufacture d'armes de guerre de Saint-Etienne*, 1900 (les mentions d'éditeur et de lieu d'édition sont absentes).

Fournial (E.), *Saint Etienne, histoire de la ville et de ses habitants*, Roanne, Horvath, 1984.

Gaier (Cl.), « Aux origines du processus industriel : l'interchangeabilité dans les manufactures d'armes, en particulier celle de Liège », *Les Amis de la Grive*, n°167, Association des Amis de la Grive, Charleville-Mézières, décembre 2002, pages 32 à 38.

Gousty (Y.), *Le génie industriel*, Paris, PUF « Que-sais-je ? » n°3312, 1998.

Hounshell (D.A.), *From the American System to Mass Production 1800-1932*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1984.

Kreutzberger (lieutenant-colonel Ch-A.), *Histoire d'un Enfant de Guebwiller, F-G. Kreutzberger*, Rennes, Chez l'auteur, 1930.

Lombard (Cl.), *La manufacture nationale d'armes de Châtellerault*, Poitiers, Brissaud, 1987.

Lorain (P.), « Le Chassepot », *Gazette des Armes*, n°8, Paris, septembre 1973, pages 10 à 27.

Lorain (P.), « Le 4^e Chassepot, le système réglementaire de 1866 », *Gazette des Armes*, n°90, Paris, février 1981, pages 29 à 33.

Marder (P.), « L'arrivée de la guerre industrialisée : la guerre de Crimée, étape critique dans l'histoire politique et militaire de l'Europe », thèse de doctorat dactylographiée, soutenue sous la direction du professeur N. Pietri, Université Robert Schuman, Strasbourg III, juillet 2003.

Marquiset (R.) et Lorain (P.), *Armes à feu françaises modèles réglementaires*, T. VI « Armement d'essai », coll. J. Boudriot, Paris, 1971.

Peaucelle (J.-L.), « Du concept d'interchangeabilité à sa réalisation, le fusil des XVIII^e et XIX^e siècles », *Annales des Mines, Gérer et comprendre*, n° 80, juin 2005, pages 58 à 75.

Pestre (D.) (dir.), *Deux siècles d'histoire de l'armement en France. De Gribeauval à la force de frappe*, Paris, CNRS Editions, 2005.

Ply (capitaine G.), *Étude sur l'organisation du service technique dans les manufactures d'armes*, Paris, Berger-Levrault, 1888.

Trebilcock (Cl.), « Spin-Off in British Economic History : Armaments and Industry, 1760-1914 », *Economic History Review*, 2^e série, XXII, n°3, décembre 1969.

Trebilcock (Cl.), *The Industrialization of the Continental Powers 1780-1914*, London/New York, Longman, 1981.

Sources d'archives

Service historique de la Défense, département de l'armée de terre (SHD/DAT) :

Série 4 W, carton 472 (dossier 9 437), carton 488, carton 490.

Archives départementales de la Loire (ADL) :

Série M, sous-série 9 M, carton 34 « Situations industrielles ».

Fonds 4 ETP, archives GIAT Industrie, article n°5, « construction de la manufacture d'armes impériale ».

Archives municipales de Saint-Etienne (AMSE) :

2H2.

Archives GIAT Industries, dépôt au musée d'art et d'industrie de Saint-Etienne (GIAT-MAI) :

GIAT-MAI cotes n°13, n°15, n°19, n°20, n°29, n°48, n°53, n°337.

Annexe n°1 : Chronologie sommaire

1815	Les Etats-Unis décident de standardiser leurs armes portatives
1840	La France adopte le système de mise à feu par percussion pour ses armes réglementaires
1842	Aux Etats-Unis, le fusil modèle 1842 réalise une totale interchangeabilité des pièces
1853-1856	Guerre de Crimée
1855	Le Royaume-Uni entreprend la construction de la manufacture d'Enfield Frédéric-Guillaume Kreutzberger offre ses services au gouvernement français
1856	À l'issue du rapport d'expertise de F. G. Kreutzberger, un essai de mécanisation partielle est lancé à Châtelleraut
1857	La France adopte la rayure du canon pour ses fusils réglementaires L'expérience de mécanisation de certaines opérations de fabrication se poursuit à Châtelleraut
1858	Le projet Ames est étudié mais n'est pas retenu
1859	Guerre franco-piémontaise contre l'Autriche Mécanisation partielle à Châtelleraut et Tulle
1861-1865	Guerre de Sécession
1862	Fabrication du fusil double modèle 1861 Le gouvernement impérial retient le projet d'une manufacture capable de produire mécaniquement 120 000 armes par an
1863	16 décembre : Approbation du projet d'ensemble de construction d'une nouvelle manufacture à Saint-Etienne (projet « Bouchard »)
1864	Guerre des Duchés 17 août : Début des travaux de la nouvelle manufacture de Saint-Etienne
1866	Guerre austro-prussienne 22 avril : Inauguration de la nouvelle manufacture de Saint-Etienne Production de la carabine de Vincennes 30 août : Adoption du fusil Chassepot comme arme réglementaire Achèvement de la 1 ^{ère} tranche de travaux de la manufacture de Saint-Etienne

RELATIONES INTERNATIONALES

1867	Achèvement de la 2 ^{ème} tranche de travaux de la manufacture de Saint-Etienne Travaux à Châtelleraut
1868	Achèvement de la 3 ^{ème} tranche de travaux de la manufacture de Saint-Etienne Travaux à Châtelleraut
1869	Achèvement de bâtiments annexes et des abords de la manufacture de Saint-Etienne
1870	Achèvement des derniers travaux du projet initial de la manufacture de Saint-Etienne 19 juillet : la France déclare la guerre à la Prusse

Annexe n°2 : Données chiffrées¹

Tableau n°1 : Dépenses d'armement de l'Etat (en millions de francs)

	Armements terrestres	Constructions navales	Total
1847	6,2	18,1	24,3
1848	10,1	18,2	28,3
1849	6,2	17,3	23,5
1850	3,5	12,8	16,3
1851	3,1	9,4	12,5
1852	3,3	19,4	22,7
1853	3,6	15,3	18,9
1854	5,6	31,5	37,1
1855	12,0	50,7	62,7

¹ : Le tableau n°1 reprend les chiffres de F. Crouzet, « Recherches sur la production d'armements en France (1815-1913) », pp. 82-83. Les tableaux suivants (n°2, n°3 et n°4) sont bâtis à partir des chiffres contenus dans les « résumés des livrets d'inspection générale des Manufactures d'Armes (1836-1866) », conservés au service historique de la Défense(département de l'armée de terre, série 4 W, carton 490). Le tableau n°5 s'appuie sur l'ouvrage de R. Dubessy, *Historique de la Manufacture d'armes de guerre de Saint-Etienne*, p. 558.

1856	9,5	48,5	58,0
1857	3,4	24,8	28,2
1858	3,5	26,4	29,9
1859	14,6	45,7	60,3
1860	4,9	41,3	46,2
1861	5,3	42,8	48,1
1862	4,1	39,4	43,5
1863	3,7	36,7	40,4
1864	3,7	40,0	43,7
1865	3,7	29,2	32,9
1866	5,4	32,6	38,0
1867	27,6	54,6	82,2
1868	39,0	34,5	73,5
1869	25,8	31,6	57,4
1870	166,7	34,6	201,3
1871	114,4	17,3	131,7
1872	35,8	15,3	51,1

Tableau n°2 : Les divers types d'armes créés de 1853 à 1865

Type d'arme	Début de la production dans les manufactures
Fusil d'infanterie modèle 1853	1853
Fusil de voltigeur modèle 1853	1853
Fusil de dragon modèle 1853	1853
Mousqueton de gendarmerie modèle 1853	1853
Carabine modèle 1853	1853
Fusil de grenadier ou de voltigeur de la Garde Impériale	1854
Fusil d'infanterie ou de voltigeur transformé	1854
Pistolet de cavalerie modèle 1822 transformé neuf	1854
Mousqueton d'artillerie modèle 1829 transformé à tige	1855
Fusil d'infanterie modèle 1822 transformé	1856
Fusil d'infanterie modèle 1857 avec tire-balle	1857
Fusil d'infanterie modèle 1842 transformé	1857
Fusil de voltigeur modèle 1822 transformé réparé	1857
Mousqueton de gendarmerie modèle 1842 transformé	1858
Pistolet-révolver pour la Marine (Lefauchaux)	1858
Mousqueton de gendarmerie modèle 1857	1858
Fusil d'infanterie transformé bis réparé	1859
Carabine 1853 transformée neuve	1860
Carabine modèle 1846 ou 1853 transformé réparé	1860
Pistolet de cavalerie modèle 1822 transformé bis	1860
Carabine 1859	1861
Mousqueton d'artillerie modèle 1829 transformé bis neuf	1861
Pistolet de cavalerie modèle 1822 transformé bis neuf	1861

Fusil d'infanterie modèle 1822 transformé bis réparé	1861
Fusil d'infanterie modèle 1816 ou 1822 transformé bis ou réparé	1863
Fusil de dragon (système Chassepot)	1865

Tableau n°3 : Production totale des 4 manufactures d'armes françaises

	Armes neuves	Armes transformés	Armes réparées	Armes modifiées rayées	Armes modifiées à tige	Armes à percussion modifiées	Armes à silex transformés
1851	75 030	46 769	290				
1852	53 668	42 914	1 421				
1853	66 178	32 634	5 458				
1854	78 458	19 769	8 055	7 678	5 750		
1855	92 216	15 129	8 859	4 845	1 844		
1856	84 375	15 063	14 995				
1857	69 532		34 889			112 504	10 530
1858 (A)	48 853		33 906			274 945	2 900
1859	60 663		27 938			304 005	19 862
1860	85 896		44 055			313 647	27 296
1861	94 331		66 196			216 248	99 084
1862	110 000	89 709	84 505				
1863 (B)	128 886	106 811	104 643				
1864	104 078	99 918	111 452				
1865	82 815	76 802	90 777				

(A) *Pistolets révolvers Lefauchaux fabriqués à Saint-Etienne.*

(B) *Sur 16 340 armes neuves construites pour le département de la Guerre par la manufacture de Saint-Etienne, 156 sont du système Chassepot.*

RELATIONES INTERNATIONALES

**Tableau n°4 : Budgets (en francs-or) alloués aux bâtiments et aux machines
(1863-1866)**

		Châtellerault	Mutzig	Saint-Etienne	Tulle	Total des 4 manufactures
1863	Investissement	17 200,60				17 200,60
	Entretien	4 144,97	32,02	2 714,59	1 304,44	8 196,02
	Total	21 345,57	32,02	2 714,59	1 304,44	25 396,62
1864	Investissement	103 604,56				103 604,56
	Entretien	9 444,81	32,02	2 765,57	1 803,84	14 046,24
	Total	113 049,37	32,02	2 765,57	1 803,84	117 650,80
1865	Investissement	96 387,06		417 992,05		514 379,11
	Entretien	10 873,93	32,02	10 699,41	3 586,63	25 191,99
	Total	107 260,99	32,02	428 691,46	3 586,63	539 571,10
1866	Investissement	340 725,26		1 199 391,29		1 540 116,40
	Entretien	12 417,40	32,02	3 373,08	9 259,82	25 082,32
	Total	353 142,66	32,02	1 202 764,37	9 259,82	1 565 198,72

Légende :

Investissement = construction de bâtiments et achat de machines.

Entretien = entretien et réparation des bâtiments et des machines.

Tableau n°5 : Prix de revient du fusil d'infanterie modèle 1866 (A)

	Fusil modèle 1866	Sabre-baïonnette	Coût total
Avril-mai 1867	118,17 F	19,85 F	138,02 F
Juin 1867	79,75 F	17,46 F	97,21 F
Juillet 1867	63,60 F	16,25 F	79,85 F
Août-septembre 1867	61,25 F	15,10 F	76,35 F
Octobre 1867	58,60 F	15,10 F	73,70 F

(A) Non compris le bénéfice de l'entrepreneur.

**Annexe n°3 : Biographie succincte de Frédéric-Guillaume Kreutzberger
(1822-1912)**



Né le 12 mai 1822 à Guebwiller, Frédéric-Guillaume Kreutzberger apparaît rapidement comme un surdoué de la mécanique (son frère Charles, peintre et graveur, devenant de son côté directeur de la Manufacture nationale de Sèvres). Fils d'un contremaître de l'usine Schlumberger et Cie (qui construit des machines pour l'industrie textile), il suit l'enseignement du cours secondaire local puis entre en apprentissage dans cette même entreprise. Là, pendant 18 mois, l'alternance des travaux en atelier et au bureau de dessin lui permet d'acquérir une double

formation qu'il mettra à profit durant toute sa carrière. D'abord dessinateur, Kreutzberger devient rapidement monteur qualifié, installant chez les clients les machines produites par Schlumberger. Bien décidé à tenter sa chance aux Etats-Unis, il embarque avec sa jeune épouse pour New-York en septembre 1848. Engagé comme manoeuvre par la manufacture d'armes Remington, à Ilion (dans l'Etat de New York), il connaît une ascension extrêmement rapide : chef d'équipe deux mois son embauche, contremaître au bout de six mois, il occupe le poste de directeur technique dès 1852 ! Ses conceptions, progressivement forgées à partir de son expérience professionnelle, peuvent se résumer ainsi : *assurer, grâce aux usinages précis obtenus par l'emploi de machines-outils, l'interchangeabilité des pièces produites, tant des éléments d'assemblage que d'ensembles complets*. Inspiré par la visite d'une commission d'étude britannique (qui songe à acheter la technologie de Remington pour la future manufacture nationale d'Enfield), il décide en 1855 de revenir en France offrir ses services au gouvernement, pour le compte duquel il travaillera de 1856 à 1886¹. Sa formation et ses fonctions antérieures lui permettent de maîtriser l'ensemble du domaine mécanique : machines, organisation intérieure d'un atelier mais également implantation des divers ateliers au sein d'une unité de production. D'où la diversité des tâches qui lui sont confiées durant ces trente années : expertises, amélioration et réalisation de machines-outils, organisation d'un atelier moderne lors des essais expérimentaux de Châtellerault, participation à la conception d'ensemble de la manufacture de Saint-Etienne. Devenu, à partir de 1866, directeur technique de fait de l'atelier de Puteaux (spécialisé dans « la confection des machines destinées à la fabrication mécanique des armes et de certaines parties du matériel d'artillerie »), il travaille essentiellement à la mise au point de nouvelles machines, dont une à affûter les fraises en 1877 et une seconde à désenrocher² les cartouches en 1883 (ce qui permet de traiter les 500 millions de « cartouches de mobilisation » du fusil Gras). Son contrat n'ayant pas été reconduit en 1886, Kreutzberger, qui ne peut prétendre à une quelconque pension de retraite, connaît alors des difficultés financières, ce

¹Frédéric Guillaume Kreutzberger est engagé pour une période d'essai allant du 24 janvier 1856 au 30 juin 1859. Il bénéficie ensuite successivement de quatre contrats à durée déterminée (1^{er} juillet 1859-30 juin 1865 ; 1^{er} juillet 1865-30 juin 1877 ; 1^{er} juillet 1877-30 juin 1883 ; 1^{er} juillet 1883-30 juin 1886).

²Par suite d'un oubli, la face intérieure des étuis de cartouche n'avait pas été vernie, si bien que la poudre se transformait en un conglomérat provoquant un effet brisant sur la douille au moment du tir. Afin de remédier à ce phénomène, qui rendait le stock national de munitions inutilisable (compromettant une éventuelle mobilisation), il fallait décharger chaque cartouche, la nettoyer, la vernir intérieurement puis la recharger. L'opération, d'abord manuelle en 1880, s'était avérée fort lente et surtout extrêmement dangereuse, jusqu'à l'invention de Kreutzberger.

qui ne l'empêche pas de poursuivre ses recherches, récompensées par un « grand prix de mécanique » à l'exposition universelle de 1900. Officier de la Légion d'honneur depuis 1886, ruiné en 1904, il reçoit à la fin de sa vie une aide matérielle de l'Etat qui n'avait pas respecté l'intégralité de ses engagements financiers à son égard mais lui octroie, maigre compensation, un bureau de tabac en 1906¹, complété par une allocation annuelle de 1 000 francs en 1911. L'année suivante, le 9 décembre 1912, Frédéric-Guillaume Kreutzberger décède à Puteaux.

¹Le bureau de tabac octroyé en 1906 procurait un revenu annuel de 1 000 francs. Il sera remplacé par un second en 1909, assurant 1 400 francs annuels.