

Chapitre II.1 -

Ordonner sans contraindre, ou l'invention d'une forme de prescription

Contenu du chapitre II.1

Où il sera question d'ordres, de contrôles, de tolérances, de procédés.

Où nous nous demanderons comment le graphisme technique traite de la fabrication, à partir de deux cas : *De l'art de fabriquer les canons* de Monge, et l'atelier de perfectionnement du Conservatoire des Arts et Métiers.

Où nous verrons finalement qu'une nouvelle forme de prescription apparaît : l'ordre sans contrainte.

Plan du chapitre II.1

Ordonner la fabrication

Contrôler la fabrication

Prescrire, ou ordonner sans contraindre

Prescrire, ou ordonner sans contraindre

L'objet de ce chapitre est de caractériser un nouveau type de coordination qui se développe dès la fin du XVIII^e siècle : la prescription de la fabrication.

Au moment où apparaît le Conservatoire des Arts et Métiers, Gaspard Monge (1746-1828) étudie de manière novatrice la fabrication des canons. Ce n'est pas par la nature des planches présentées que ce travail est original, mais par l'apparition d'une nouvelle approche : la définition de la fabrication par la prescription. En première analyse, il s'agit d'un ordre : *il faut, on doit...* Pour autant, les différentes étapes de la fabrication sont étudiées, détaillées, ordonnées : ce n'est pas un ordre simple mais un ordre motivé, expliqué.

Il ne s'agira pas, pour nous, de faire le tour de la notion de prescription mais d'en choisir un aspect qui s'appuie sur l'hypothèse suivante : après avoir permis la description (chapitre I.1) et la transmission du savoir (chapitre I.2), le graphisme technique se referme-t-il vraiment pour devenir un simple ordre ? L'apparent paradoxe est que, pour étudier cette prescription, nous parlerons davantage de textes que de graphismes¹.

Etat de l'art et position de cette étude

Pourquoi s'intéresser à Monge ? Qui est Monge, tout d'abord ? Après être passé à l'Ecole d'Artillerie de Mézières comme élève puis comme enseignant, Gaspard Monge devient un homme public avec la Révolution : ministre de la Marine du 11 août 1792, sous la Législative, au 11 avril 1793, sous la Convention, il est couvert d'honneurs sous le Consulat et l'Empire, étant nommé notamment sénateur le 24 décembre 1799 (3 nivôse an VIII²) et même président du Sénat en 1806-1807. Il est membre de l'Institut jusqu'à son exclusion en 1816 sous la Restauration. Comme enseignant, il est chargé de la géométrie descriptive et de l'analyse appliquée à la géométrie à l'Ecole Centrale des Travaux Publics —future Ecole Polytechnique— en janvier 1795 ; il est d'ailleurs nommé directeur de cette Ecole le 27

¹ Il s'ajoute à cela que je n'ai pas de reproduction disponible à présenter au lecteur. Je précise néanmoins que le graphisme coté 69.3.20 de VREGILLE (voir l'annexe I.2-3) a été repris tel quel par MONGE dans l'ouvrage que nous allons étudier, *De l'art de fabriquer les canons*.

² Selon le calendrier républicain.

octobre 1797 (6 brumaire an VI). Il participe également à l'expédition d'Égypte en 1798, vaste opération de conquête dont l'un des volets est scientifique³.

Monge est souvent présenté comme l'inventeur de la géométrie descriptive. S'inspirant de travaux antérieurs comme ceux de Marolois (datant du début du XVIIIe siècle⁴), il essaye de résoudre des questions de construction des fortifications militaires et développe alors une théorie mathématique⁵. Propagandiste d'une nouvelle forme de raisonnement fondé sur la géométrie, son ambition est de trouver des techniques rigoureuses pour

« représenter avec exactitude, sur des dessins qui n'ont que deux dimensions, les objets qui en ont trois »⁶.

Pour Joël Sakarovitch⁷, la géométrie descriptive n'a pas uniquement pour fonction de représenter un objet mais aussi de figurer les opérations géométriques qui permettent de définir, de construire, de tracer cet objet. En outre, la géométrie descriptive est

³ Note complémentaire : Pour aller plus loin sur l'Expédition d'Égypte :

- BRET (Patrice), «L'Égypte au temps de l'expédition de Bonaparte (1798-1801)», Paris : Hachette, 1998.
- BRET (Patrice) (dir.), «L'expédition d'Égypte, une entreprise des Lumières 1798-1801», Actes de colloques, Académie des Sciences, Ed. Tec&Doc, 1999.

⁴ Voir DEFORGE (Yves), *Le Graphisme Technique (son histoire et son enseignement)*, Seyssel : Champ Vallon, Coll. Milieux, 1981, 82 : Yves DEFROGE se réfère à BOOKER (Peter J.), *A History of industrial drawing*, London : Chatto & Windus, 1963, 31-33.

DEFORGE cite une source difficile à trouver (elle n'est pas conservée à la Bibliothèque Nationale de France) : MAROLOIS (Samuel), *La perspective contenant tant la théorie que la pratique et instruction fondamentale d'icelle*, Amsterdam, 1629.

⁵ Voici quelques études directement dévolues à Monge :

- BELHOSTE (Bruno), «L'école du génie de Mézières : l'alliance Théorie et Pratique. De l'enseignement de l'art des fortifications à la création de Polytechnique», *La Recherche*, juillet-août 1997 (300), 40-45.
- BELHOSTE (Bruno), «Du dessin d'ingénieur à la géométrie descriptive. L'enseignement de Chastillon à l'Ecole Royale du génie de Mézières», *In Extenso*, 1990 (13), 103-135.
- BELHOSTE (Bruno), PICON (Antoine), SAKAROVITCH (Joël), «Les exercices dans les écoles d'ingénieurs sous l'Ancien Régime et la Révolution», *Histoire de l'éducation*, 1990 (46), 53.
- BELHOSTE (Bruno), «Gaspard Monge», in *Les mathématiciens*, Pour la Science, Diffusion Belin, 1996, 50-61.
- BOOKER (Peter J.), *A History of industrial drawing*, London : Chatto & Windus, 1963.
- SAKAROVITCH (Joël), *Epures d'architecture. De la coupe des pierres à la géométrie descriptive*, Birkhäuser Verlag, 1998.
- TATON (René), *L'oeuvre scientifique de Gaspard Monge*, Paris : PUF, 1951.

⁶ Cité par SAKAROVITCH (Joël), *op.cit.*, 353.

« le lieu d'articulation, de rencontre, de confrontation, de la géométrie avec un matériau ».

Par *fabrication*, nous entendrons, nous, autre chose que la *construction géométrique* de l'objet : nous n'avons pas affaire uniquement à l'objet représenté et à sa représentation. Nous verrons dans les deux chapitres suivants, en quoi la question de la représentation des formes n'est qu'un aspect parmi d'autres de l'usage du graphisme technique. Le Monge qui nous intéresse ici est l'auteur de l'ouvrage *De l'Art de Fabriquer les Canons* (an II, soit 1794)⁸, et non pas le spécialiste de géométrie. Il participe à l'effort de guerre jusqu'à l'explosion le 31 août 1794 (2 fructidor an II) de la poudrerie de Grenelle dont il s'occupe. Les conflits militaires et politiques sont indissociables des enjeux liés à la fabrication des armes tels que le bon approvisionnement des usines, la qualité des produits. Nous verrons que l'étude de ce document de deux cent vingt pages, sans compter les graphismes proprement dit, permet de mettre en perspective de *fabrication*, de *prescription*, les *tolérances*, le *contrôle* et le *rapport entre le texte et le graphisme*.

Lors de la création du Conservatoire des Arts et Métiers, contemporaine de cette étude de Monge, émerge une entité particulière, l'« *atelier de perfectionnement* », qui répond à un autre enjeu : il s'agit d'un lieu dans lequel sont produits quelques uns des premiers exemples de graphisme de fabrication, i.e. qui fournissent explicitement les informations nécessaires à la fabrication. C'est en ce sens que Monge appartient à la seconde période de l'histoire du graphisme technique. Il n'est pas tant en avance sur son temps que l'un des porteurs d'un nouveau type de graphisme technique —qui est un instrument en usage et non une simple application de la géométrie descriptive—. Comme nous l'avons détaillé dans l'introduction de

⁷ SAKAROVITCH (Joël), *op.cit.*, 353-354.

⁸ «DESCRIPTION DE L'ART DE FABRIQUER LES CANONS, FAITE en exécution de l'arrêté du Comité de Salut public, du 18 pluviôse de l'an 2 [6 février 1794] de la République française, une et indivisible, PAR GASPARD MONGE. IMPRIMEE PAR ORDRE DU COMITE DE SALUT PUBLIC. A PARIS, DE L'IMPRIMERIE DU COMITE DU SALUT PUBLIC; AN 2 DE LA REPUBLIQUE FRANCAISE». Ex-Libris de Mgr Bonnin, précepteur des enfants Schneider. Source : Académie François Bourdon (AFB), Le Creusot, 15B 0795.

ce mémoire, la définition d'une période ne se fait pas à partir d'une date définissant un avant et un après, mais d'une clé de lecture qui rend intelligible la réalité historique.

Le tournant des XVIII^e et XIX^e siècles est bien une rupture, au moment même de l'apogée de la question de la transmission du savoir-faire⁹. Vrégille, qui a retenu notre attention dans la partie précédente, était certes en prise avec la fabrication mais il se trouve que cette rupture porte plutôt sur la place de cette fabrication, qui devient ici centrale. Monge n'est pas le seul artisan de cette mutation, mais il en est un exemple patent par son poids institutionnel, par la gloire qui est la sienne dans l'histoire géométrique du graphisme technique : indépendamment de la contemporanéité de la création du Conservatoire des Arts et Métiers, Monge est une figure qui appartient d'ores et déjà à la seconde période dans la mesure où son problème est directement la fabrication. Comment instrumenter cette fabrication pour faire en sorte que la fabrication soit réalisée *efficacement* ? Sur quoi s'appuie cette efficacité ?

Trois étapes pour étudier la prescription

Pour répondre à ces précédentes questions, nous raisonnerons en trois étapes. L'ordre de fabrication est un premier aspect : il repose sur certaines informations particulières. Mais nous verrons que cela ne suffit pas : il faut aussi contrôler cette fabrication, à partir de références extérieures. C'est ainsi que nous définirons une nouvelle forme de prescription comme un ordre sans contrainte, i.e. un ordre qui laisse une marge de manœuvre.

1. Ordonner la fabrication

De l'art de fabriquer les canons *de Monge*

L'ouvrage de Monge se compose, dans l'ordre, d'un texte, d'explications de planches, de planches et de deux tableaux.

La partie textuelle de l'ouvrage compte cent pages. Elle est organisée en deux parties elles-mêmes formées de chapitres¹⁰. La première partie (environ soixante pages) traite des

⁹ Voir le chapitre précédent I.2 : «Se focaliser sur les objets pour transmettre les savoir-faire».

¹⁰ « *Table des matières* »

« *Première partie : Des matières que l'on a coutume d'employer à la fabrication des bouches-à-feu* p.2

matériaux utilisés pour la fabrication des canons (fer et bronze), la seconde (environ quarante pages) « [d]es procédés de fabrication » : confection des moules (terre ou sable), fourneaux et calage des pièces, forage des canons, forage des lumières, visites et épreuves. Les soixante planches sont ensuite décrites une par une¹¹. Et l'ouvrage s'achève sur le commentaire des

« Chap.Ier : Du fer	p.2
« ART.Ier : De la mine de fer	p.3
« ART.II : Du fer coulé	p.11
« ART.III : Du fer forgé	p.20
« ART.IV : De l'acier	p.30
« Chap.II : Du bronze	p.42
« ART.Ier : Du cuivre	p.44
« ART.II : De l'étain	p.48
« ART.III : De l'alliage de cuivre et de l'étain, pour la composition du bronze	p.53
« ART.IV : Séparation du cuivre du métal des cloches	p.54
« Seconde partie : Des procédés de fabrication	p.59
« Chap.Ier : De la confection des moules	p.59
« ART.Ier : Du moulage en terre	p.61
« ART.II : Du moulage en sable	p.67
« Chap.II : Des fourneaux et coulage des pièces	p.78
« Chap.III : Du forage des canons	p.86
« Chap.IV : Du forage des lumières	p.97
« Chap.V : Des visites et épreuves	p.100 »
¹¹ « Hauts-fourneaux et machines pour connaître comparativement la force de la fonte de fer [Pl.I-III]	p.103
« Moulage en terre, selon la méthode ordinaire [Pl.IV-VII]	p.110
« Moulage en terre, selon la nouvelle méthode appliquée à l'arsenal de Paris [Pl.VIII-IX]	p.116
« Moulage en sable [Pl.X-XIII]	p.119
« Grues de différens [sic] genres [Pl.XIV-XV]	p.136
« Fourneaux à réverbères [Pl.XVI-XXV]	p.139
« Marmite pour l'usage des fonderies [Pl.XXVI]	p.148
« Eglises transformées en fonderies de canons [Pl.XXVII-XXIX]	p.151
« Foreries verticales et horizontales [Pl.XXX-XXXVII]	p.155
« Forets et alézoirs pour les canons et obus [Pl.XXXVIII-XLV]	p.179
« Chariot-treuil pour le service des foreries [Pl.XLVI-XLV : problèmes de cohérence dans la numérotation des planches, probablement dus à une erreur de prises de notes de ma part]	p.184
« Forerie adaptée à une forge [Pl.XLVI-XLVII]	p.186
« Tour et outils de tour pour les pièces en bronze [Pl.XLVIII-XLIX]	p.188
« Machine pour tourner les tourillons des pièces en bronze [Pl.L-LI]	p.191
« Forage des lumières [Pl.LII-LIII]	p.193
« Machine pour la pose des grains [Pl.LIV-LV]	p.198
« Instruments pour la vérification des canons [Pl.LVI-LVIII]	p.202
« Canons en fer et en bronze pour l'artillerie de mer et de terre [Pl.LIX-LX]	p.212 »

deux tableaux dont les thèmes sont les tests pour décider des tolérances de fabrication à accepter, des procédures (« *règlement[s]* ») à suivre lorsque le canon est livré à l'Artillerie¹².

A première vue, ces documents ne sont pas foncièrement différents de ceux que nous avons évoqués dans la partie I. On retrouve des ressemblances dans l'organisation des planches (même présentation spatiale, même recours à l'échelle) et dans la nature des dessins (même mise en contexte de la technique décrite par la mise en scène de personnages). L'une des raisons est que l'une des planches de *De l'art de fabriquer les canons* a été dessinée par Vrégille¹³ —nous y reviendrons—.

Cependant, ces similitudes d'ordre graphique ne doivent pas occulter la différence de point de vue sur la fabrication.

Ordre de guerre, ordre de fabrication

Durant la décennie 1790, les armes parlent, les mutations politiques et institutionnelles sont importantes. La « *Patrie est [déclarée] en danger* » par l'Assemblée Législative le 11 juillet 1792. Louis XVI est exécuté le 21 janvier 1793. En guerre depuis avril 1792, la Législative puis la Convention se battent ainsi aux frontières contre une partie de l'Europe et, depuis l'exécution du roi, contre les insurrections royalistes, principalement vendéennes à partir de mars 1793. Alors que trois cents mille hommes sont mobilisés le 24 février 1793, que la levée en masse est décrétée le 23 août 1793, l'effort de guerre est difficile à soutenir, notamment parce que le salpêtre n'arrive plus d'Angleterre.

Instance véritablement décisionnelle sous la Terreur instituée le 6 avril 1793, le comité de Salut Public, sous la férule de Robespierre, passe commande à Monge dans un arrêté du 6 février 1794 (18 pluviôse an II) d'une étude sur la fabrication des canons afin, comme le

¹² Trois titres :

- «Règlement pour la visite, l'épreuve et la réception des Canons de fer, pour l'Artillerie de mer, extrait des Ordonnances de 1786. (Vieux Style)», MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 217-225.
- «Défauts tolérés dans les Canons de fer, pour l'Artillerie de mer», MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 226.
- «Règlement. Pour la visite, l'épreuve et la réception des canons de bronze pour l'Artillerie de terre, extrait des Ordonnances de 1791. (Vieux Style)», MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 228-231.

¹³ Voir le chapitre I.2.

précise la commande officielle, d'assurer la *circulation* des informations, l'*explicitation* des savoir-faire nécessaires à la fabrication et d'intimer des *ordres* de fabrication (sans pour autant donner d'objectifs quantitatifs)¹⁴. Selon les termes exacts, il s'agit de

« *donner les moyens de* »

fabriquer, et non pas uniquement de décrire : la question est bien d'*orienter la fabrication*.

Dans l'introduction de son ouvrage, Monge évoque bien ce contexte politico-militaire. Il fait lui-même un « *exposé historique des circonstances qui ont donné lieu à la composition de cet ouvrage* » : la guerre contre « *la coalition impie des principaux tyrans de l'Europe* », le problème du manque de poudre, le décret du 14 frimaire ainsi que l'arrêté du 18 pluviôse. Les termes sont, là encore, volontaristes : il s'agit, dans le décret, de « *lessiver toutes les terres salpêtrées dans leurs habitations* ». L'arrêté précise que

« *le comité de Salut public appelle[r?] à Paris, de chaque district de la République, des citoyens choisis parmi les canoniers de la Garde nationale, pour y apprendre, dans des cours révolutionnaires, l'art d'extraire le salpêtre, le procédé nouveau du raffinage de cette substance, la nouvelle manière de fabriquer la poudre : enfin, la fabrication des canons de bronze, pour le service de nos armées de terre, et de fer coulé, pour l'armement de nos vaisseaux.* »¹⁵.

¹⁴ « *Du 18 Pluviôse, an second de la République une et indivisible*

« *Arrête :*

« *Le comité de salut public, considérant, qu'il est nécessaire de faire la description de la fabrication des canons, afin de donner à toutes les usines que l'on met en activité en ce moment, les moyens de mouler, fondre et forer promptement les canons dont la République a besoin.*

« *Arrête :*

« *Qu'il sera fait une description des procédés employés dans la fabrication des canons, et que cette description sera accompagnée des gravures qui représentent les plans et les détails de toutes les parties de la fabrication.*

« *Que Gaspard Monge sera chargé de cette description.*

« *Que les dépenses que ce travail occasionnera, seront payés sur les sommes mises à la disposition de la commission des armes et poudres.*

« *Signés, les membres du comité* »

¹⁵ Les personnes chargées de ce travail sont Fourcroy, Pluvinet, Dufourmy pour le salpêtre ; Guyton, Carny, Berthollet pour la poudre ; Hassenfratz, Monge et Perrier pour les canons.

Monge oriente dès le début son discours sur la question de l'approvisionnement des matières et sur la qualité —« *bonté* » dans la formulation originale— des pièces à produire : nous détaillerons cet aspect plus avant dans ce chapitre. Monge se concentre, très vite, sur un thème très précis au travers du texte, des explications des planches et des planches elles-mêmes dans son ouvrage dont il expose sommairement le plan en première page :

« Dans la première, nous traiterons des matières qu'on a coutume d'employer à la fabrication des bouches à feu, et des moyens de donner à ces matières les qualités convenables. Dans la deuxième, nous détaillerons les procédés les plus avantageux, sur-tout pour une grande fabrication ».

Bref, il s'agit de voir comment fabriquer les canons. Ainsi l'auteur s'attache notamment à décrire les gestes à faire mais s'intéresse également à d'autres aspects tout aussi nécessaires pour assurer la fabrication : la santé des ouvriers, par exemple, qui peut être mise en danger si le fabricant ne fait suffisamment attention à certaines étapes délicates¹⁶. Ce qui est épisodique dans l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert devient central dans cette *Description* faite par Monge : les conditions de fabrication sont véritablement mises en exergue.

Monge donne parfois des définitions à partir desquelles lecteur peut déduire des indications sur le procédé de fabrication. Prenons l'exemple de l'échantillon :

« [par échantillon] on nomme ainsi une planche découpée suivant le profil de la pièce, et qui, étant présentée à la distance convenable, enlève toute la terre molle qui excède le profil »¹⁷.

Pour autant, il ne fait pas de glossaire mais utilise fréquemment un vocabulaire spécialisé, utilisé par les gens de l'art et donc peu susceptible d'être compris par quelqu'un d'extérieur aux métiers. Est-ce pour tenir secret des éléments d'une fabrication stratégique en situation de guerre ? Peut-être. La seconde explication est que les savoir-faire sont pour une part

¹⁶ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 65 : à propos des vapeurs d'eau malsaine provenant de l'arrosage d'eau de refroidissement.

¹⁷ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 61-62.

implicites. Une partie des connaissances nécessaires à la fabrication des canons n'a pas besoin d'être formalisée dans l'esprit des artisans du XVIIIe siècle.

Le terme de *fabrication* recouvre au moins deux aspects, les instruments et les processus, que nous allons aborder à partir de deux exemples particuliers : l'usage de la grue dans l'atelier et l'opération de forage des canons. Ils sont tous les deux traités dans la partie « *procédés de fabrication* » de l'ouvrage de Monge.

Un instrument de fabrication : la grue¹⁸

Le cas de la grue est particulièrement intéressant, car il suppose d'appréhender le procédé de fabrication dans son ensemble. La fabrication d'un canon requiert, outre les gestes de l'ouvrier, un dispositif productif complet : la force hydraulique (ou thermique, avec les premières machines à vapeur¹⁹) pour actionner le foret destiné à percer le canon —nous y reviendrons—, du crottin (donc des chevaux) lors de la confection des moules, de la terre en quantité, du bois pour porter la matière en fusion, des engins de transport comme la grue. Pour reprendre les propos de Bertrand Gille, un système technique entier se déploie²⁰.

Dans le premier paragraphe, Monge explique l'utilisation de la grue par référence aux contraintes de fabrication : les pièces sont lourdes.

« De la grue. *Les tronçons du modèle d'un canon, et les parties d'étui qui leur correspondent, sont des pièces assez pesantes ; il faut qu'elles soient placées les unes sur les autres, avec précaution et sans choc. Il est donc indispensable dans une fonderie d'établir une grue tournante pour faciliter le travail et économiser le*

¹⁸ Thème traité dans le chapitre «Des fourneaux et coulage des pièces» (in seconde partie : «Des procédés de fabrication»), MONGE (Gaspard), *op.cit.*

¹⁹ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 88 : « *dans cette fonderie [de Chaillot], le moteur est une machine à feu* », « *la machine à feu fait tourner quatre canons à la fois* ».

²⁰ Voir sur la notion de système technique :

- GILLE (Bertrand), «Prolégomènes pour une histoire des techniques», in GILLE (Bertrand) (dir.), *Histoire des techniques*, NRF, Encyclopédie de la Pléiade, 1978, 3-118.
- GILLE (Bertrand), «La notion de 'système technique' (essai d'épistémologie technique)», *Technique et Culture*, octobre 1979 (1 [*Culture technique* à partir du n°2]), 8-18.
- JACOMY (Bruno), *Une histoire des techniques*, Seuil, Sciences, 1990 [, Introduction].

nombre de bras dont sans cela on auroit besoin pendant quelques instants, et qui n'auroit pas d'emploi dans le reste du temps. »²¹

Il montre que l'organisation du travail en est directement influencée : gains de temps et réduction du nombre d'ouvriers nécessaires, donc une productivité accrue.

Dans le second paragraphe, il précise quelque peu les ordres de grandeur de l'outil : la grue « doit avoir dix pieds de bras », et les caractéristiques requises : « il est même nécessaire d'ajuster ». En somme, il justifie et surtout détaille les utilisations précises de la grue :

« Cette grue doit avoir au moins dix pieds de bras, et environ quinze ou seize pieds d'élévation. Elle doit porter à l'extrémité de son bras une moufle dont la corde vienne s'envelopper autour d'un treuil horizontal, fixé à l'arbre vertical de la grue. Il est même nécessaire d'ajuster une roue dentée sur l'axe de ce treuil, et un pignon sur la manivelle qui la fera mouvoir.

« La grue devra servir non-seulement à manœuvrer les tronçons des modèles et les caisses pour l'opération du moulage, mais encore à assembler les parties du moule dans la fosse, et à retirer la pièce de canon coulée. Il faut que son arbre vertical soit placé de manière que l'extrémité du bras, en tournant, puisse se placer sur la fosse, et sur tous les points de halle où on sera forcé d'opérer. »²²

Par ailleurs, les différents discours (textes, descriptions des planches et planches elles-mêmes) utilisés par Monge construisent un espace de fabrication dans lequel les grues n'existent pas seules. Plus généralement, les objets décrits sont définis au sein des procédés de fabrication comme nous allons le voir avec le forage des canons.

A ce stade de l'ouvrage, il n'y a pas de graphismes. Ou plutôt, les graphismes qui se trouvent en fin de l'ouvrage sous la forme de soixante planches n'ont de sens que si l'on tente de les relier avec le texte, qui occupent une centaine de pages.

²¹ MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 77-78.

²² Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 78.

Le forage des canons, un processus de fabrication en discussion

Le cas du forage des canons est traité par Monge dans un chapitre à part. Le canon est d'abord moulé puis foré en deux étapes : « *les opérations de la forerie ont deux objets ; le premier est de couper la masselotte [excroissance issue du moulage], le second est de percer l'ame* »²³ (l'« *ame* » est le trou par lequel est éjecté l'obus).

Cette dernière étape sous-entend en fait que le canon est plein à la sortie du moule. Or, comme Monge le détaille dans son premier paragraphe : « *on a d'abord commencé par couler les canons creux* », l'étape suivante étant alors de polir l'âme de la pièce avec un « *allésoir* »²⁴. Ce nouveau choix, résultat d'essais, de tentatives —juste évoqués— permet à l'auteur de soulever d'autres difficultés techniques : l'une des questions centrales du forage est le risque de décentrage de l'axe le long duquel est percé le trou où devront passer les boulets.

Il existe deux possibilités pour percer le canon : dans le premier cas, le canon en position horizontale tourne sur lui-même alors que le foret avance ; à l'inverse, dans le second cas, le canon, placé verticalement avance tandis que le foret est en rotation. Ces différents cas rencontrés n'étant pas équivalents du point de vue des procédés de fabrication.

L'auteur ouvre alors la discussion sur le choix et la justification du processus de fabrication le plus adapté²⁵. La première option est plus précise, selon lui : « *Morits [Marits ?] est le premier qui ait imaginé de* » faire un forage horizontal, avec le canon qui bouge (i.e. tourne sur lui-même). Ensuite l'alésage (i.e. le travail de finition du trou formant l'« *ame* ») est fait avec l'« *allésoir* » après le passage du foret une ou plusieurs fois²⁶.

Monge ne se contente pas uniquement d'arbitrer à chaque phase de la fabrication, mais relie les différentes étapes, en soulignant, par exemple, l'utilisation répétée de l'outil, la grue, pour déplacer les pièces²⁷. Il présente la fabrication comme formant un « *procédé* ».

²³ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 95-96.

²⁴ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 86.

²⁵ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 87.

²⁶ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 87 : « *dans les fonderies nouvelles, on n'emploie qu'un seul fore[t]* ».

²⁷ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 95-96.

Par ailleurs, dans le second paragraphe notamment, Monge détaille, quantifie, justifie par des chiffres et il présente des planches :

*« Pour forer une pièce de trente-six, il ne faut pas donner plus de quatre tours et demi ou cinq tours par minute et pour une pièce de quatre, il n'en faut pas donner plus de sept. En général, il est plus avantageux de faire tourner lentement, et d'augmenter la pression du foret, que faire tourner vite, et d'être obligé de diminuer cette pression. (...) Si le canon tourne trop vite, le forage avance moins, les taillants juste avant s'échauffent, se détrempent et se détruisent promptement ».*²⁸

Par la présentation de chiffres, il compare plusieurs procédés de fabrication et apporte des arguments pour défendre certains par rapport à d'autres : voilà l'un des enjeux de *De l'art de fabriquer les canons*.

2. Contrôler la fabrication

La « bonté » d'une pièce

La tolérance de fabrication est une notion particulièrement intéressante pour comprendre les évolutions des pratiques de fabrication. Le terme même de « *tolérance* » est utilisé dans *De l'art de fabriquer les canons*²⁹. *Tolérer* signifie en quelque sorte accepter dans telles ou

²⁸ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 92-93.

²⁹ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 226-227 : tableau portant le titre « DEFECTS tolérés pour les canons de fer, pour l'Artillerie de mer ». Comme l'écrit MONGE, « [l]es canons ne sont pas [acceptés ?], si leurs dimensions sont plus ou moins fortes que les tolérances comprises dans cette table »

Le tableau suivant est reproduit avec les termes d'époque, un peu simplifié. Les grandeurs ne sont pas reproduites dans le tableau qui suit : ce qui nous intéresse est l'intitulé.

« *Ligne* » et « *Points* » sont des unités de longueur, variables d'une région à l'autre. Pour donner un ordre de grandeur, néanmoins, de ce que représentent ces deux unités, considérons un « *pied* », environ 30cm. L'information que l'on trouve actuellement dans le Musée Saint-Roch d'Issoudun (dans le département de l'Indre, autrefois partie du Berry), en guise de commentaire d'un document daté de 1715, est la suivante : 1 pied fait 12 pouces ; 1 pouce fait 12 lignes et 1 ligne fait 6 points. En d'autres termes, grosso modo, 1 ligne correspond à 2mm et 1 point à 0,03mm.

Calibre [...]	Tolérance	
	Ligne	Points
Diamètres extérieurs des canons	(...)	(...)

telles conditions qu'une pièce soit considérée comme « *bonne* ». Par exemple, une dimension donnée (un diamètre, une longueur) d'une pièce doit être comprise dans un intervalle de valeurs pour que cette pièce puisse fonctionner ou se monter avec une autre. Ce critère de « *bonté* » d'une pièce dépend du matériau utilisé mais aussi de la manière de la fabriquer et correspond à une dimension (diamètre, longueur), un positionnement relatif de pièces (« *emplacement* »), une forme (pour le foret) :

« La bonté d'une pièce dépend et de la nature du métal que l'on emploie à la fabrication, et des procédés que l'on a suivis dans son exécution. Aussi, pour donner à cette instruction toute l'utilité dont elle est susceptible, nous la diviserons en deux parties. »³⁰

Ni le graphisme ni le texte ne fournissent les indications nécessaires pour s'assurer de la « *bonté* » des pièces. Monge a recours, pour cela, à un mode de formalisation différente : une liste de chiffres, une nomenclature, un tableau.

Il s'agit en fait, par l'introduction de la tolérance, de définir les critères d'acceptation d'un canon. Le contrôle apparaît comme un processus de validation car il est réalisé *a posteriori*, après la fabrication. Pourtant les *artistes* (artisans) du XVIII^e siècle ne parlent pas de vérifier leur travail, il est nécessairement bon dans la mesure où ils savent comment s'y prendre et

Diamètre du bouton et de son collet	(...)	(...)
Longueur totale	(...)	(...)
Longueurs particulières	(...)	(...)
Emplacements et dimensions des tourillons	(...)	(...)
Embases	(...)	(...)
Chambres dans l'intérieur	(...)	(...)
Chambres sur l'extérieur	(...)	(...)
Chambres sur le tranchant de la bouche	(...)	(...)
Les ondes de foret	(...)	(...)
Lumière	(...)	(...)

³⁰ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 1.

maîtrisent leur art³¹. C'est pourquoi, il suffit, dans l'esprit des auteurs du XVIIIe siècle de décrire la manière de faire pour que cela soit bon. Or le cas des canons de Monge est différent : le travail n'est bon que par rapport à une référence extérieure qui fournit, en quelque sorte, la définition d'un canon : c'est une pièce à placer d'une certaine manière, d'un calibre donné et dont certains éléments sont effectués suivant des critères prédéfinis.

En outre les visites, les tests sont des opérations de manipulation de la matière et des instruments effectuées par les ouvriers³². Ces tests peuvent être de natures différentes. Prenons l'exemple de la vérification des trous (« *lumières* »), qui servent à l'allumage de la mèche qui enflamme la poudre. Outre la vérification du respect des dimensions, le canon est testé dans l'usage (tirs) et dans des situations paroxystiques (dans l'eau pour tester l'étanchéité).

*« Les lumières étant percées, on fait d'abord une visite provisoire des pièces. Cette visite a pour objet de vérifier si elles ont les dimensions exactes fixées par les ordonnances, et à rechercher s'il n'y a pas quelques défauts d'exécution provenant soit de la coulée, soit des opérations d'art. Toutes celles qui ont des défauts condamnés par les règlements, doivent être rebutées et laissées au compte du fournisseur, et on conduit à l'épreuve de la poudre celles qui sont sans défaut, ou qui n'ont rien qui excède les tolérances accordées. (...) »*³³

³¹ Pour approfondir, néanmoins, voir ALDER (Ken), «Making Things the Same: Representation, Tolerance and the End of the Ancien Régime in France», *Social Studies of Science*, august 1998 (vol. 28 (4)), 499-545.

³² Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 228-231 : «REGLEMENT. Pour la visite, l'épreuve et la réception des canons de bronze, pour l'Artillerie de terre, extrait des ordonnances de 1791 (Vieux Style)». Monge nomme ainsi les différentes étapes : première visite des canons, épreuve, seconde visite, troisième visite.

³³ Voir MONGE (Gaspard), *op.cit.*, 100-101. Il s'agit du chapitre.V intitulé «Des visites et épreuves».

Voici la suite du texte cité dans le corps de page :

« (...) »

« *Les pièces étant conduites au champ d'épreuve on les place sur des affûts faits en traîneaux et destinés à cet objet. On leur fait subir deux décharges, pour chacune desquelles le poids de la poudre est la moitié de celui de boulet. On met un valet sur la poudre, puis deux boulets, enfin un second volet, le tout fortement refoulé, et on tire.* »

Contrôler, ou redéfinir normativement la fabrication

De l'art de fabriquer les canons ne présente pas la fabrication de manière autonome. Il fait appel à des références extérieures : non seulement, on peut y trouver les grandeurs chiffrées, mais également la description des procédures pour vérifier que ces dernières sont respectées. Le procédé de fabrication prévoit très clairement ce qui sera contrôlé.

En quelque sorte, il s'agit d'un cahier des charges à rebours : la fabrication est vérifiée une fois qu'elle est réalisée. Mais cet ouvrage sous-entend également l'engagement de responsabilités : une pièce reconnue défectueuse, « *non reçue* » est à la charge du fournisseur (i.e. du fabricant). La question n'est donc pas uniquement de respecter la bonne manière de faire mais de fabriquer conformément à une manière reconnue et annoncée comme telle.

Monge n'est pas le premier à définir des critères de fabrication. Nous avons évoqué, dans le chapitre précédent, que le système développé par Gribeauval en parle également : les pièces doivent être standardisées et interchangeables. Néanmoins le graphisme technique n'est pas dans ce cas un instrument de définition de la fabrication. *De l'art de fabriquer les canons* ne cherche pas tant à uniformiser les méthodes de fabrication qu'à donner des procédés particuliers, complets et associés à des tests d'acceptation. Ce qui est nouveau est que le graphisme technique traite directement de la fabrication.

« *Les deux salves faites, si les pièces ont résisté, on les visite de nouveau, et on sonde l'ame avec des instruments propres à faire reconnaître la grandeur et la profondeur des chambres ; on reconnoît si les chambres qui pouvoient s'y trouver ont reçu de l'accroissement, et si les deux décharges en font naître de nouvelles. On rebute les pièces défectueuses ; celles qui ne présentent aucun défaut qui ne puisse être toléré, sont enfin soumises à l'épreuve à l'eau.*

« *Pour cela, on bouche d'abord la lumière, et on enlève assez la volée de la pièce pour pouvoir la remplir d'eau : on y laisse séjourner l'eau pendant quelques temps, pour lui donner la facilité de dissoudre les matières qui pourroient en être susceptibles ; puis on ferme la bouche du canon avec un écouvillon qui entre juste, et on refoule fortement cet écouvillon. Si la pièce a quelques petites ouvertures, l'eau, fortement comprimée, s'y insinue, et les dévoile en sortant au-dehors. S'il ne se manifeste aucun de ces défauts, la pièce est reçue.*

« *C'est alors seulement qu'il faut scier la tige quarrée [sic] qui, dans la coulée, a été aménagée à l'extrémité du bouton, parce que cette tige pouvoit servir à remettre la pièce sur le tour, soit pour y faire les petites réparations que les visites auroient fait juger nécessaires, soit pour couper la pièce en tronçons en cas de rebut, afin de pouvoir la reporter au fourneau à réverbère. Il faut avoir soin, en enlevant cette tige quarrée, de ne pas casser le bouton.*

« *Les épreuves faite, on pèse chaque pièce en particulier, et on grave son poids à l'extrémité d'un des tourillons. »*

Le contrôle est finalement une définition normative de la fabrication, il définit en quoi consiste *a posteriori* une bonne fabrication, par référence à des critères extérieurs explicités. A partir de tous les documents, y compris le graphisme technique, se constitue une base contractuelle³⁴.

3. Prescrire, ou ordonner sans contraindre

Prescrire : ordonner et contrôler réciproquement

En quoi Monge est-il prescriptif ? En somme, quel type de prescription entend-il ? Il ordonne, il précise et laisse simultanément une marge de manœuvre aux fabricants pour qu'il puisse adapter les ordres : c'est l'enjeu de l'*ordre de grandeur*, un ordre qui cadre davantage qu'il ne contraint.

Ordonner signifie ici *imposer*, mais aussi *justifier* et *donner les moyens de contrôler*. C'est tout cela *prescrire* : on *ordonne en invoquant quelque chose d'extérieur, un référent* (nombres, étapes d'un test, etc.).

Il ne suffit donc pas de présenter des situations —comme dans l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert— ou des gestes d'utilisation des outils, cela reste insuffisant. Prescrire la

³⁴ Note complémentaire: DEFORGE cite un cas devenu célèbre, l'un des tout premiers selon lui, d'une fabrication à distance par le truchement du graphisme : les frères Périer, vers 1780, veulent construire des machines à vapeur et se tournent vers la première entreprise historique, celle de Boulton et Watt. « *Après d'âpres tractations, un accord relativement favorable à la Compagnie des Eaux représentée par Périer est signé entre Boulton, Watt et Jacques-Constantin Périer le 12 février 1779. Il comprend 14 articles. L'article 11 stipule que Boulton et Watt s'engagent à fournir tous les plans, sections et dessins nécessaires aux maçons, charpentiers, fondeurs et forgerons qui auront à préparer les différentes parties de la machine, à faire fabriquer les parties qui ne peuvent être faites qu'en Angleterre et à fournir à Périer tous les renseignements dont celui-ci aura besoin pour le montage.* » Voir DEFORGE (Yves), *op.cit.*, 93.

Le texte original de l'article 11 est le suivant : « *article 11- James Watt and Matthew Boulton or one of them shall furnish to the said James Constantine Périer all necessary plans, sections and drawings for the masons, the carpenters, the founders and the smiths that shall be employed in preparing the several parts of the said intended machines or engines, and to direct the execution of such parts of the said machines or engines as shall be required to be executed in England, and to communicate in writing for the said James Constantine Périer such further informations and directions as may by be required for erecting and fixing together all the parts of the said engines and for using and working the same.* » Cité par DEFORGE (Yves), *op.cit.*, 97, note 19.

fabrication est fournir ce qui permet à l'outil de fabrication et au fabricant d'agir, et non pas seulement l'énoncer (la définir).

La notion de procédé de fabrication émerge : la prescription se nourrit d'une vision d'ensemble. Les différentes phases ne sont plus découpées mais liées. A ce stade de notre étude, il manque des éléments : acteurs, instruments, métiers. Qui contrôle ? Qui fixe les critères de contrôle ?³⁵ Quels sont les supports médiateurs de ces prescriptions ?

L'atelier de perfectionnement : un exemple de développement du graphisme de fabrication³⁶

Les travaux de Monge sont-ils mis en application ? Quelle que soit la réponse, la fabrication n'est plus simplement en filigrane mais constitue l'objet central. Nous avons déjà évoqué le Conservatoire des Arts et Métiers, dont la naissance est contemporaine de l'ouvrage de Monge *De l'art de fabriquer les canons*. Etudions plus précisément l'atelier de perfectionnement qui ne contente pas de se focaliser sur les objets pour transmettre les savoir-faire³⁷.

Lors de la création de l'atelier, le 3 mai 1794 (14 floréal an II) par le Comité de salut public, il s'agit de constituer un lieu d'essai pour l'examen « *des perfectionnements qu'il serait avantageux d'introduire dans la fabrication d'armes portatives (...)* »³⁸ Début 1795, le Comité précise la mission de l'atelier³⁹ qui est d'

³⁵ Pour une étude traitant plus du contexte historique, se reporter aux travaux de Ken ALDER :

- ALDER (Ken), *Engineering the Revolution (Arms and Enlightenment in France, 1763-1815)*, Princeton University Press, 1997. — Voir un article de résumé dans ALDER (Ken), *Engineering the Revolution (Arms and Enlightenment in France, 1763-1815)*, Princeton University Press, 1997. — On pourra également noter un débat entre Alder et Gillispie : GILLISPIE (Charles C.), ALDER (Ken), «Engineering the Revolution (Exchange)», *Technology and Culture*, october 1998 (vol.39 (4)), 733-754.
- ALDER (Ken), «Making Things the Same: Representation, Tolerance and the End of the Ancien Régime in France», *Social Studies of Science*, august 1998 (vol. 28 (n° 4)), 499-545.

³⁶ Ce paragraphe doit beaucoup à MERCIER (Alain), *Le Portefeuille de Vaucanson (Chefs-d'oeuvre du dessin technique)*, CNAM, Musée National des Techniques, 1991, 8. Toutes les références du paragraphe traitant de l'Atelier de perfectionnement en sont issues.

³⁷ Voir le chapitre précédent I.2.(3).

³⁸ Voir AULARD, *Recueil (...)*, t.13, p.240. Source : Archives nationales, Paris, AF II, 215.

³⁹ Il se trouve rue [Saint-]Marc, « maison Montmorency ».

« avancer la perfection des instruments de la plupart des arts mécaniques (...). L'atelier dit de perfectionnement sera, à compter du 20 de ce mois [9 janvier 1795], sous la surveillance de la Commission d'agriculture et des arts, comme faisant partie du dépôt de machines et d'instruments tenant essentiellement à leurs progrès, établi sous le nom de Conservatoire des Arts et Métiers. »⁴⁰.

Il est intégré au Conservatoire mais, pour autant, il se distingue des autres entités par sa volonté de participer directement à la fabrication.

Le 4 juillet 1795, le fonctionnement de l'atelier est précisé :

« [i]l s'occupera pareillement [c'est-à-dire en plus de la fabrication des armes à feu] des moyens de perfection qui seraient présentés pour améliorer les instruments en usage dans les arts mécaniques, ainsi que la construction des modèles et machines destinés au Conservatoire des arts et métiers et de ceux existant dans ce dépôt dont il serait jugé utile de propager la connaissance par des envois dans les départements (...). La surveillance active et immédiate dudit atelier est confiée aux membres du Conservatoire des arts et métiers (...). Aucune construction en pourra être entreprise à l'atelier de perfection que sur des plans, descriptions ou modèles approuvés par la Commission d'agriculture et des arts, sur le rapport des membres du Conservatoire. »⁴¹.

En d'autres termes, les dessinateurs du Conservatoire interviennent directement sur la fabrication à partir de divers instruments de fabrication (plans, descriptions textuels ou modèles physiques). Le travail de vingt-deux ouvriers, comme les tourneurs, menuisiers, forgeurs, limeurs, graveurs ou horlogers, est très clairement lié à l'interprétation et à l'application de graphismes techniques. Comme le suggère Alain Mercier, il s'agit bel et bien de graphismes de fabrication.

⁴⁰ Voir AULARD, *Recueil (...)*, t.19, p.227. Source : Archives nationales, Paris, AF II, 78.

⁴¹ Voir AULARD, *Recueil (...)*, t.25, p.132. Source : Archives nationales, Paris, AF II, 217.

Le graphisme technique comme prescription de fabrication, une nouvelle forme de coordination en émergence

In fine, qu'il soit directement utilisé ou non pour fabriquer effectivement les canons, l'ouvrage de Monge est un exemple d'une nouvelle forme de coordination. A ce stade de notre exposé dans la partie II de ce mémoire, nous pouvons avancer que le graphisme technique et les éléments qui lui sont associés deviennent prescription de fabrication : *fabriquer* nécessite de *justifier* et de *contrôler*.

En même temps, un nouveau rapport entre le texte et le dessin surgit : l'apparent paradoxe sur lequel nous avons démarré le chapitre était que ce nouveau graphisme technique s'appuie sur du texte plus abondant, qui est lui-même en référence avec des grandeurs chiffrées. Apparemment marginalisé, le graphisme technique est associé à des tableaux, à des références extérieures de contrôle et à des chapitres entiers de texte qui occupent —dans le cas de Monge, du moins— plus de pages que les planches elles-mêmes.

En fait le graphisme technique est en passe désormais de *donner à faire* et non plus simplement de *donner à voir ce que l'on peut faire*. L'hypothèse que nous vérifierons plus loin dans ce mémoire est que le graphisme a besoin d'autres discours pour constituer une prescription de fabrication : le paradoxe n'est donc bien qu'apparent. En outre, d'autres aspects sont encore à prendre en compte : la matérialité (chapitre II.2) et la standardisation (chapitre II.3).

Monge peut reprendre une planche dessinée par Vrégille pour sa partie consacrée au forage des canons⁴² : ce graphisme ne correspond pas à la même situation de coordination, il est un *instrument de prescription*. Durant la période précédente de celle qui s'amorce, la coordination consistait à faire savoir, à permettre plutôt qu'à diriger.

De la même manière que Vrégille et les Encyclopédistes, Monge s'appuie beaucoup sur des observations réalisées sur les divers lieux de fabrication. Plus explicitement que ses

⁴² Voir d'une part le graphisme de VREGILLE coté 69.3.20 (source : Musée du Fer, Jarville), de l'autre la planche XXXI dans MONGE (Gaspard), «Foreries verticales et horizontales», *op.cit.*, 155-178 [pour l'explication des planches XXX à XXXVII correspondantes].

prédécesseurs, il en tire des enseignements de deux ordres : soit il ordonne, soit il conseille. Les verbes employés sont alors respectivement à l'indicatif ou au conditionnel. Son action est en fait différente. Il n'est pas, lui, un expert mais un prescripteur : il *encadre la fabrication*. Ce qu'il nous donne à voir est directement lié à la fabrication. Cette nouvelle histoire du graphisme technique ne fait que commencer : l'atelier de perfectionnement est l'un des premiers lieux de sa mise en œuvre.

* *

*

