

Chapitre II.3 -

Concevoir, c'est aussi coordonner la fabrication

Contenu du chapitre II.3

Où il sera question de filetages, d'uniformisation, de circulation d'informations.

Où nous nous demanderons en quoi la prescription (chapitre II.1) et l'instrumentation (chapitre II.2) se complètent avec d'autres aspects de la coordination.

Où nous verrons finalement que la conception pose un nouveau rapport à la fabrication.

Plan du chapitre II.3

Uniformiser et faire savoir.

Le graphisme technique ne se réduit pas aux images.

La question de la conception.

De la fabrication à la conception.

Annexes correspondantes

II.3-1 : *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, Histoire de la Société.

II.3-2 : *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, Uniformisation des filetages.

II.3-3 : Codes de couleurs & hachures.

La question de la conception

Les deux précédents chapitres de cette partie II ont, en fait, posé les bases d'une réflexion sur l'émergence d'une nouvelle forme de coordination, s'appuyant sur une nouvelle activité, la conception. *Prescription* et *instrumentation* sont les deux aspects qui nous ont intéressés.

Au XVIII^e siècle, il y avait bien évidemment des instruments, il était également question de standardisation¹. Pour autant, le propos de ce chapitre est de défendre l'idée selon laquelle la conjonction de ces facteurs est nouvelle. Il s'agit en fait d'un nouveau *rapport à la fabrication* : c'est l'existence d'une *activité qui la prépare, l'anticipe, la dirige, la contraint*. Telle est la *conception*, qui émerge au cours du XIX^e siècle.

Nous verrons tout d'abord que l'« *uniformisation* », ou standardisation dirons-nous plus loin, est une forme de coordination particulière. Pour cela, nous examinerons des documents de la fin du XIX^e siècle sur la standardisation des filetages. Nous verrons ensuite que les graphismes, seuls, sont peu ou prou inutilisables. Des indications marginales comme des formules, des règles semblent être des compléments utiles, même nécessaires, aux auteurs et utilisateurs des représentations graphiques. Enfin, nous utiliserons ces dernières pistes, de concert avec les deux précédents chapitres, pour établir que la circulation de l'information permet, au XIX^e siècle, l'émergence de ce que nous avons nommé la *conception*.

Le propre de ce chapitre est de s'appuyer sur une investigation portant sur une revue en vogue au XIX^e siècle, le *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale* (BSEIN). C'est ainsi que nous opterons pour une étude bibliographique succincte, focalisée sur les travaux qui ont directement fourni des clés de lecture à cette investigation.

1. Uniformiser & faire savoir

Nous nous appuyons sur un article paru en avril 1893 dans le BSEIN. Écrit par Edmond Sauvage, membre de la commission des filetages pour lequel il rédige ce rapport publié dans le Bulletin, le thème en est l'« *uniformisation des filetages* ».

¹ Voir le chapitre I.2, et principalement ALDER (Ken), *Engineering the Revolution (Arms and Enlightenment in France, 1763-1815)*, Princeton University Press, 1997.

Qu'est-ce qui, au juste, fait l'objet de l'uniformisation ? On trouve des filetages sur des vis, écrous, boulons, bref tout élément cylindrique qui sert à l'assemblage de deux pièces. Ces éléments ont pour fonction de bloquer le mouvement d'une pièce par rapport à une autre. Le filetage ressemble à une hélice qui court soit sur une tige, soit sur une paroi. Il peut être caractérisé de plusieurs manières, par le pas de l'hélice d'une part, par la forme de sa section, par le diamètre de l'élément cylindrique. Le pas peut être obtenu en consultant un tableau, en appliquant une formule —comme nous le verrons plus loin—. La forme est variable : triangulaire, trapézoïdale, etc. Le pas et la forme du filet sont donc deux critères, les plus communément utilisés aujourd'hui, qui émergent à la fin du XIXe siècle.

L'étude de Sauvage que nous exposerons ne tient pas compte de la représentation graphique des filetages. Notre position est que cet aspect n'est justement pas central dans l'évolution des pratiques que nous cherchons à comprendre.

Avant d'entrer plus avant dans les détails, précisons ce qu'est le BSEIN.

Le cas du Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, un forum tout au long du XIXe siècle

La *Société d'encouragement pour l'industrie nationale* (SEIN) est créée à Paris en 1801, sous le Consulat. Comme le rappelle un article postérieur datant de 1852, ses fondateurs s'inspirent des précédents anglais : il s'agit de fonder une institution favorisant le développement industriel.

« En l'an IX [1801] de la république, M. 'de Lasteyrie', qui revenait de Londres, se rendit chez M. 'Benjamin Delessert' ; plusieurs hommes amis de leur pays et éminents dans les sciences, l'industrie et l'administration se trouvaient en ce moment dans les salons de la rue Coq-Héron.

« M. 'de Lasteyrie' parla de ce qu'il avait remarqué dans son voyage, et surtout de la Société fondée à Londres en 1754 sous le titre, 'Société pour l'encouragement des arts, des manufactures et du commerce'. Il fit ressortir tous les services qu'elle avait rendu à l'industrie anglaise. A cette époque, il existait à

Paris un grand nombre de Sociétés savantes ; mais celles qui s'occupaient spécialement de l'industrie étaient mal organisées et fonctionnaient mal. Après avoir causé quelque temps sur ce sujet, on reconnut la nécessité de fonder à Paris une Société d'encouragement à l'instar de celle de Londres et les premières bases de cette création furent immédiatement posées. On fit circuler une liste d'adhésion, et, le 12 vendémiaire an X [4 octobre 1801], une réunion préparatoire eut lieu. (...) »²

L'enjeu est de faire circuler les idées par différents moyens possibles comme des publications périodiques, la diffusion des brevets, des prix, etc. :

« Cette Société, fondée en 1801, a pour but l'amélioration de toutes les branches de l'industrie française ; voici les principaux moyens dont elle fait usage :

« 1° Distribution de prix et de médailles pour des inventions et des perfectionnements dans les arts utiles ;

« 2° Expériences et essais pour apprécier les nouvelles méthodes ou pour résoudre des problèmes d'art ;

« 3° Publication d'un 'Bulletin' mensuel renfermant l'annonce raisonnée des découvertes, utiles à l'industrie, faites en France et à l'étranger ;

*« 4° Entretien des élèves dans des écoles et dans d'autres établissements ;
(...) »³*

Une seconde institution, créée à l'instar de la Société, joue un rôle important dans l'étude de cas sur les filetages qui suit : le *Franklin Institute*. Mouvement associatif industriel pour la collecte et la diffusion d'informations, il est créé en janvier 1826 en Pennsylvanie, aux Etats-Unis. Il finance entre autres des voyages d'études en Europe, distribue des prix, publie des

² «Histoire de la fondation de la Société», BSEIN, 1852. [Source: Académie François Bourdon, Le Creusot]

³ «Notice sur l'organisation de la Société», BSEIN, 1852, p.5. [Source: Académie François Bourdon, Le Creusot]

rapports et la liste des brevets. A l'instar de la SEIN, le Franklin Institute est organisé en comité regroupant des personnalités diverses, industrielles ou universitaires et publie un périodique, à l'origine nommé *The Franklin Journal and American Mechanics Magazine devoted to the useful arts*, (sous l'influence de l'influente publication anglaise *Mechanics Magazine*, précise Michel Cotte⁴) et qui devient, en 1828, le *Journal of the Franklin Institute*.

L'« unification » des filetages

Le terme utilisé dans l'article pour décrire le thème de l'étude que mène Sauvage est l'« unification » des filetages. Il s'agit, en fait, de réduire la diversité, afin qu'il y ait une substitution possible, une interchangeabilité des pièces utilisées dans les assemblages constitutifs de machines, objets manufacturés, etc. Selon l'auteur,

« [m]alheureusement la plus grande diversité existe parmi les vis de dimensions équivalentes. Certains constructeurs, la plupart des grandes Compagnies de chemins de fer, ont bien adapté des types spéciaux, mais des types différant les uns des autres, et il est fort rare de trouver deux vis de provenance

⁴ Voir :

- COTTE (Michel), «From Trade to Industry: the Independent Informative Networks of European Firms (Early Nineteenth Century)», *ICON*, ICOHTEC, 1999 (Vol.5), 167-187. [Le site d'ICOHTEC est www.icohtec.org]
- COTTE (Michel), «La création du 'Franklin Institute' et la circulation des idées techniques (1826-1838)», *Actes du Symposium ICOHTEC'99*, Belfort, [à paraître probablement en août 2000].

Pour en savoir plus, voir :

- COTTE (Michel), «La circulation de l'information technique, une donnée essentielle de l'initiative industrielle sous la restauration», in GUILLERME (André) (dir.), *De la diffusion des sciences à l'espionnage industriel*, Paris : SFHST et ENS Editions, 1999, 133-158.
- COTTE (Michel), «La circulation des idées techniques...», *Mémoire d'HDR*, Paris : CNAM, 1999.
- MORRIS (Stephanie A.), *The Franklin Institute and the Making of Industrial America*, CIS Academic Editions, 1987.
- SINCLAIR (Bruce), *Philadelphia's Philosopher Mechanics, A History of the Franklin Institute, 1824-1865*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1974.
- STAPLETON (Darwin H.), *Accounts of European Science, Technology and Medicine Written by American Travelers Abroad, 1735-1860*, Philadelphia: American Philosophical Society, 1985.

quelconque ayant même diamètre, même pas, même forme de filet, et pouvant se substituer l'une à l'autre. »⁵

Une observation rapportée par Sauvage montre que l'ouvrier, démontant un assemblage maintenu à l'aide de plusieurs ensembles écrou-goujon, doit souvent marquer les écrous afin de leur faire correspondre le bon goujon lors du remontage. Les goujons et les écrous ne sont, en effet, pas interchangeables. C'est à partir d'un tel constat que Sauvage se propose alors de faire le point sur la question. Pour lui, la raison de cette situation est que la fabrication des filetages n'est pas unifiée, ou tout au moins insuffisamment explicitée. Les utilisateurs (issus de la fabrication, de la maintenance, etc.) n'ont pas de documents suffisamment univoques pour éviter certaines ambiguïtés d'interprétation :

« Le désordre actuel des filetages a de graves inconvénients : il est difficile aux possesseurs d'un appareil d'en remplacer les boulons ou écrous, ou de substituer à une partie filetée une autre partie analogue ; si l'on veut assurer l'entretien d'un nombre un peu plus grand de machines ou d'instruments semblables, on est obligé de former des approvisionnements considérables de pièces filetées ; enfin la fabrication des boulons, écrous et organes de même genre est rendue plus difficile et plus coûteux par l'extrême diversité des types ; les outils nécessaires pour la fabrication et le contrôle, étant beaucoup trop multipliés, ne peuvent plus être construits et entretenus avec le soin et la précision désirables. »⁶

Les domaines concernés sont la fabrication mais aussi *les activités qui l'encadrent* : les approvisionnements, les contrôles, les opérations de maintenance.

Sauvage, pour la rédaction de cet article, étudie plusieurs systèmes de filetage, à la fois américains, anglais et français. Au début des années 1890, il existe déjà différents systèmes d'unification. Par exemple, le système anglais Whitworth apparaît vers 1840 ; le système

⁵ «Mémoire sur l'uniformisation des filetages, par Ed. Sauvage», *BSEIN*, avril 1893, pp.179-241.

[Source : Académie François Bourdon, Le Creusot]

⁶ «Mémoire sur l'uniformisation des filetages, par Ed. Sauvage», *BSEIN*, avril 1893, pp.179-241.

[Source : Académie François Bourdon, Le Creusot]

américain Sellers vers 1864, celui de la marine française à partir de 1857 notamment⁷. Sauvage met ainsi en scène une évolution historique pour légitimer, en quelque sorte, son intervention.

Sauvage se réfère principalement au cas américain, érigé en exemple : il l'utilise pour exposer un mode de diffusion d'un type d'uniformisation qui s'impose parce qu'il est initié par une instance reconnue, le *Franklin Institute*. En effet, l'existence d'un organisme reconnu tient un rôle clé, celui-ci permet de regrouper des acteurs en jouant notamment le rôle de forum : par exemple, l'armée, et notamment la marine, des entreprises comme les compagnies de chemins de fer : des experts reconnus en tant que tels comme des mécaniciens, etc. En 1864 l'industriel Sellers propose un système⁸ à cette institution, qui le recommande en janvier de l'année suivante⁹. Il est adopté par un grand nombre de constructeurs, par les arsenaux de l'Etat et par la plupart des compagnies de chemins de fer. En 1869 l'armée et la marine adoptent officiellement le système Sellers pour le matériel¹⁰. La diffusion de l'information ne se cantonne pas aux Etats-Unis puisque des industries allemandes l'utilisent, au moins à partir de la décennie 1880¹¹.

Uniformiser, ou passer du générique au local

Ce que Sauvage nomme un « système uniforme » est ceci :

« [...] '*Conditions à chercher pour un système uniforme*' — *Un nouveau système devra reposer sur une formule simple, facile à calculer : c'est le moyen le plus sûr d'éviter les erreurs dans les reproductions successives d'un tableau des*

⁷ Voir les circulaires des 17 septembre 1856, 14 mai 1861, 25 septembre 1863, 22 février 1867, etc. Pour une liste exhaustive, qui n'a pas d'intérêt ici, se reporter au texte original de l'article de 1893 reproduit en larges extraits dans l'annexe II.3-2 «Standardisation des filetages».

⁸ *Journal of the Franklin Institute*, 1864 (vol.47), p.344 [Cité par BSEIN, avril 1893, voir l'Annexe II.3-2 «Standardisation des filetages»].

⁹ *Journal of the Franklin Institute*, 1865 (vol.49), p.53 [Cité par BSEIN, avril 1893, voir l'Annexe II.3-2 «Standardisation des filetages»].

¹⁰ Voir le «Report of the board to recommend a standard gauge for bolts, nuts and screw-threads for the United States Navy» en 1868 [Cité par BSEIN, *op.cit.* ; voir l'Annexe II.3-2 «Standardisation des filetages»].

filetages : chacun peut vérifier le tableau qu'il a entre les mains ou l'établir au besoin. Avec une table sans loi reliant les valeurs successives des pas, les fautes sont plus probables, les interpolations peuvent se faire sans ordre ; enfin chacun résistera moins facilement à la tentation [sic] d'y apporter quelques changements ; or de tels changements, si minimes qu'ils paraissent, seraient la ruine complète du système. D'une part il convient de n'admettre qu'un petit nombre de diamètres fondamentaux, qu'on emploierait autant que possible ; d'autre part, si une administration spéciale, ne faisant que certaines constructions, peut se contenter de ces diamètres en petit nombre, il serait chimérique qu'ils suffiraient toujours à l'industrie entière. »¹²

Pour rédiger son article, Sauvage étudie d'autres systèmes en vigueur, nous l'avons dit. Dès le départ, il entend proposer un système universel s'appuyant sur le système métrique. Les systèmes Sellers et Whitworth, eux, utilisent les unités de mesures anglo-saxonnes. La proposition défendue par la SEIN « va dans le sens de l'histoire » car, pense-t-elle, le système métrique doit s'imposer à terme.

Sauvage ne se cantonne pas à comparer des formules mais il traite, dans les cinquante huit paragraphes de l'article, de questions d'usage, d'état des lieux, d'optimisation, d'amélioration¹³.

¹¹ Voir *Journal of the Franklin Institute*, 1888 (vol.93), p.261 [Repris par BSEIN, avril 1893 ; voir l'Annexe II.3-2 «Standardisation des filetages»].

¹² «Mémoire sur l'uniformisation des filetages, par Ed. Sauvage», *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, avril 1893, pp.179-241. [Source : Académie François Bourdon, Le Creusot]

¹³ Voici le plan de l'article de 1893, partiellement reproduit dans l'Annexe II.3-2 «Standardisation des filetages» :

«1. Importance de l'unification», «2. Propositions antérieures de systèmes uniformes», «3. Indication de systèmes uniformes adoptés à l'Etranger», «4. Définition générale d'une vis», «5. Classification générale des vis», «6. Objet spécial de cette étude», «7. Eléments caractéristiques d'une vis», «8. Qualités à rechercher dans les vis mécaniques», «9. Résistance du boulon en place», «10. Résistance pendant le serrage», «11. Résistance au desserage [sic] spontané», «12. Protection contre les chocs», «13. Facilité de l'exécution», «14. Précision de l'exécution», «15. Du jeu dans les pièces de machines», «16 Résumé des conditions principales à remplir», «17. Types généralement adoptés», «18. Rapport des pas aux diamètres», «19. Principaux systèmes de filetages», «20. Système Whitworth», «21. Système Sollers», «22. Marine française», «23. Matériel de l'Artillerie française», «24. Chemin de fer du Nord», «25. Chemins de fer de l'Etat et de l'Ouest (voie)», «26. Chemin de fer du Midi», «27. Chemin de fer de l'Ouest», «28. Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée»,

Très clairement, il ne cherche pas la meilleure solution, mais celle dépendant de certains critères qu'il cherche à caractériser. Il prône une forme de rationalisation : c'est « *rationnel* » d'adopter, à ce moment-là, une formule simple et « *universelle* », pour les différentes situations d'usage mais aussi avec un système de mesures (le système métrique, qui n'est pas encore en usage dans le monde anglo-saxon) commun aux différents pays qui échangent des biens, des pièces détachées, etc.

La *rationalité* de la formule provient en quelque sorte, pour Sauvage, de sa simplicité¹⁴. Elle devient le garant de sa bonne diffusion : une formule simple, précise-t-il, permet d'être facilement mémorisable et, plus particulièrement, permet d'obtenir par un calcul les dimensions de boulons et d'écrous. L'uniformisation de la règle n'exclut pas pour autant des adaptations particulières, au contraire, mais procède alors d'un référentiel commun, d'une règle. Dans la perspective de l'article de 1893, c'est *parce que la règle est générale qu'elle est applicable*.

2. Le graphisme technique ne se réduit pas aux images

Un panorama des planches publiées dans le BSEIN, avec un recoupement d'autres observations¹⁵ montre que, en somme, à la fin du XIXe, tous les formalismes graphiques sont déjà présents sur les graphismes¹⁶, exceptés les schématisations de certains éléments comme

«29. Chemin de fer de l'Est», «30. Systèmes Delisle et Saarbrück», «31. Systèmes Reuleaux», «32. Système Armengaud», «33. Système D. Poulot», «34. Système Heilmann, Ducommun et Steinlen», «35. Système Bariquand et Marre», «36. Système Bodmer», «37. Système Polonceau», «38. Système Thury pour les vis horlogères», «39. Système Thury pour les vis mécaniques», «40. Système Gill», «41. Systèmes divers», «42. Systèmes usités en France», «43. Limites d'un système uniforme de vis mécaniques», «44. Forme du filet», «45. Définition du diamètre de vis», «46. Choix des diamètres et des pas», «47. Résumé des dimensions en usage», «48. Conditions à chercher pour un système uniforme», «49. Discussion des formules», «50. Formule proposée», «51. Condition absolue de l'uniformité», «52. Dimensions accessoires à déterminer», «53. Ecrous», «54. Boulons», «55. Vis mécaniques diverses», «56. Résumé du système proposé», «57. Vis non mécaniques», «58. Conclusion».

¹⁴ Soit p le pas, D le diamètre en mm, n un entier : $p=n/2+1$ et $D=(n+10)^2/5-14$.

¹⁵ Notamment au Musée du Papier à Angoulême.

¹⁶ Voir des exemples relevés au CERN (Genève), au Musée du Papier (Angoulême) : j'y reviendrai dans la partie III de ce mémoire.

les filetages¹⁷ : traits en pointillés pour les parties cachées¹⁸, coupes¹⁹, cotes pas toujours systématiquement présentes²⁰ (mais sans tolérance²¹), différentes vues (face, dessus, côté)²². D'une certaine manière, les graphismes tendent à s'affranchir des informations extérieures : il n'y a plus guère de lettres de repérage, renvoyant à une explication textuelle annexe comme c'était fréquemment le cas au XVIIIe siècle. Du moins, les références ne sont plus explicitées.

En suivant de manière chronologique les planches présentées dans le *BSEIN*, il est possible de trouver par exemple des graphismes non cotés et sans échelle vers 1810-1811, un autre de 1834 avec une échelle indiquée sur le graphisme et des formules peut-être moins accessibles. En 1813, on peut trouver des graphismes avec des coupes. En 1855, un graphisme traite de l'électricité. En 1896, des photographies sont publiées. En 1898, on trouve la représentation avec des pointillés pour montrer des parties cachées.

En première analyse, il ne semble guère exister de différences formelles entre les documents respectivement de la seconde et de la dernière décennie du siècle²³. Elles semblent porter davantage sur les contextes d'utilisation (développement de nouveaux domaines comme l'électricité²⁴), les informations annexes comme les brevets, les graphiques, les courbes et les formules.

¹⁷ Voir par exemple le cas d'un «compresseur étagé de 'Fives-Lille'», *BSEIN*, 1900, p.159.

¹⁸ Voir par exemple dans *BSEIN*, 1810, pl.69 et, à la fin du siècle, *BSEIN*, 1885, pl.154 (p.8). Prenons le cas précis de *BSEIN*, pl.72 : la seule partie cachée est amorce de pas de vis (intérieure, donc), pour la fig.5 représentant la « poire à poudre du fusil de munition, en forme de canon ».

¹⁹ Exemple d'un graphisme dans *BSEIN*, 1813.

²⁰ Voir par exemple certains graphismes conservés au Musée du Papier, à Angoulême [archives non référencées] : un bleu de 1909 coté, un calque de 1904 non coté, un bleu de 1885 coté, un lavis de 1886 coté.

²¹ Exemple d'un graphisme dans *BSEIN*, 1894, p.862.

²² Voir par exemple *BSEIN*, 1852, pl.1232 (p.740) : on y trouve les 3 vues dites géométrales, un détail présenté dans une pièce dite extraite, des parties cachées, 1 échelle.

Note supplémentaire : A cette date, la disposition des vues ne respecte pas forcément la règle dite du 1^{er} dièdre, en cours en Europe (sauf l'Angleterre) ; à savoir la vue de droite à gauche de la vue de face et la vue de dessus en dessous de la vue de face. Pour aller plus loin, voir BOOKER (Peter J.), *A History of industrial drawing*, London : Chatto & Windus, 1963.

²³ Voir par exemple *BSEIN*, 1898, p.1174 ; 1894, p.862 ; etc.

²⁴ Exemple d'un circuit électrique (dans le domaine de la « *Physique* »). Il y a même parfois les trois vues plus une perspective : *BSEIN*, 1885, pl.168.

Prenons l'exemple de la représentation de la matière. La représentation ne fait sens pour l'utilisateur du graphisme que dans un rapport à la fabrication. Les hachures et les couleurs sont ainsi utilisées pour décrire la matière dans laquelle est fabriquée la pièce représentée. Selon Peter J. Booker²⁵, les hachures sont systématiquement utilisées au cours du XIXe siècle dans des impressions non polychromes réalisées par la technique de la gravure (sur cuivre ou sur pierre à lithographie²⁶). Le *BSEIN* en est un exemple.

Sur les graphismes non imprimés, il y a une correspondance entre la couleur et la matière, comme le Bleu de France pour le fer, le Jaune de Chrome pour le cuivre jaune, etc.²⁷ C'est le graphisme sur papier qui est en couleur, et non le calque (sauf exception²⁸). En fait, la couleur n'est jamais abandonnée : son usage est encore enseigné au début du XXe siècle dans certaines entreprises comme Schneider²⁹. En outre, il est possible de trouver des croquis colorés dans les années 1930³⁰.

Notre question n'est pas ici de savoir quand apparaît tel ou tel élément. Les questions suivantes sortent, en fait, de notre champ d'investigation : est-ce que la forme n'est pas stabilisée très rapidement ? quand apparaissent les hachures et les cotes ? comment évolue la représentation des parties cachées ? utilise-t-on dès le XIXe les différentes vues dites « géométrales » (de dessus, de dessous, etc.) ? Notre propos ne concerne effectivement pas la datation de tel ou tel de ces éléments graphiques mais de défendre l'idée selon laquelle l'histoire de la coordination n'est pas celle des traits, des couleurs et des lettres considérés indépendamment de leur contexte.

²⁵ Voir BOOKER (Peter J.), *A History of industrial drawing*, London : Chatto & Windus, 1963, 174-175.

²⁶ Le Musée du papier (Angoulême) conserve des cuivres et des pierres à lithographies dans sa réserve [archives non référencés].

²⁷ Voir une planche d'élève de 1910-11, reproduite dans l'Annexe II.2-3. [Source: Eco-Musée du Creusot, A-653/11]

²⁸ Exemple d'un calque de 1904 [Sources : Musée du Papier, Angoulême, archivea non cotées]. Pour une étude des calques, voir le chapitre précédent II.2 et particulièrement le paragraphe partie (1).

²⁹ Sources : Eco-musée du Creusot, dont les fonds proviennent en partie des Ecoles Schneider (voir le chapitre précédent II.2).

³⁰ Sources : Académie François Bourdon, Le Creusot.

3. La question de la conception

Nous l'avons rappelé dans le préambule de ce chapitre, nous avons étudié dans la partie II du mémoire, intitulée «*De la fabrication à la conception*», deux aspects centraux d'une nouvelle forme de coordination : dans le chapitre II.1, la *prescription* comprise comme un ordre sans contrainte et, dans le chapitre II.2, *l'instrumentation*.

En fait, ces notions ne suffisent pas à décrire ce qui se joue au tournant des XVIII^e et XIX^e siècles. Pour aborder la question de la conception, comme un nouveau moment dans l'histoire de la coordination, nous évoquerons également la *circulation de l'information* ainsi que l'« *uniformisation* » (une forme de ce que nous nommerions aujourd'hui *standardisation*).

Point bibliographique sur la coordination et la fabrication³¹

Trois auteurs ont fourni des clés de lecture pour nos études précédentes : Yves Cohen, David Hounshell et Yves Deforge.

Les notions de l'interchangeabilité et de la tolérance de fabrication sont posées dans les travaux d'Yves Cohen³². Pour lui, l'interchangeabilité revêt un double aspect : elle peut soit

³¹ Outre l'ouvrage de David A. HOUNSHELL (que nous citerons plus loin) et dans lequel on trouvera une bibliographie conséquente (non sans compter celle présentée dans les travaux d'Yves COHEN), voici une liste de monographies évidemment non exhaustive :

- MALLARD (Alexandre), «Compare, Standardize and Settle Agreement: On Some Usual Metrological Problems», *Social Studies of Science*, August 1998 (vol.28 (4)), 571-601.
- LUNDGREEN (Peter) (Universität Bielefeld, Allemagne), «Standardization as privileged means for regulatory politics in modern societies : the German case», *Séminaires du CRHST*, Paris : Cité des Sciences et de l'Industrie, La Villette, 19 novembre 1996. [Non publié, ou copie d'un article ou ouvrage]
- MARCHIS (Vittorio), «Military standardization in the XVIIIth Century Piemonte», *Séminaires du CRHST*, Paris : Cité des Sciences et de l'Industrie, La Villette, 10 juin 1997. [Non publié, ou copie d'un article ou ouvrage]
- NIETO-GALAN (Agusti), «The Standardization of Colours in XIXth Century Europe», *Séminaires du CRHST*, Paris : Cité des Sciences et de l'Industrie, La Villette, 6 mai 1997. [Non publié, ou copie d'un article ou ouvrage]
- VÉRIN (Hélène), «Standardisation des vaisseaux. Fin 17^e-fin18^e : une étude comparative», *Séminaires du CRHST*, Paris : Cité des Sciences et de l'Industrie, La Villette, 18 mars 1997. [Non publié, ou copie d'un article ou ouvrage]
- GARDEY (Delphine), «La standardisation d'une pratique technique : la dactylographie (1883-1930)», *Séminaires du CRHST*, Paris : Cité des Sciences et de l'Industrie, La Villette, 26 novembre 1996. [Non publié, ou copie d'un article ou ouvrage]

³² Citons :

relever d'une logique de réparation, soit d'une logique de fabrication, qui sous-tend une logique de coût, de productivité et de rendement. Ce présent chapitre aborde en quelque sorte un volet de ces travaux en ce sens qu'il traite de *l'apparition de la conception comme remise en forme de la fabrication*.

David Hounshell³³, lui, a étudié l'émergence de la production de masse, qu'il date de Ford au début du XXe siècle, même si certains entrepreneurs (Colt, Singer, etc.) traitent déjà des questions de la coordination de la fabrication, notamment à partir des graphismes³⁴. Il signale que les graphismes sont souvent utilisés entre autres pour définir des tolérances caractérisées par des précisions sur les dimensions des pièces à fabriquer³⁵. Pour autant, les graphismes techniques de la fin du XIXe siècle ne portent pas systématiquement mention de tolérances

-
- COHEN (Yves), «Inventivité organisationnelle et Compétitivité (L'interchangeabilité des pièces face à la crise de la machine-outil en France autour de 1900)», *Entreprises et Histoire*, 1994 (5), 53-72.
 - COHEN (Yves), «L'espace de l'organisateur : Ernest Mattern, 1906-1939», *Mouvement social*, octobre-décembre 1983 (125), 79-86.
 - COHEN (Yves), «Le respect, les machines et les hommes», *Annales*, 1998 (4-5, «Histoire des techniques»), 937-943.
 - COHEN (Yves), «Calibres, tolérances, hiérarchies et doigtés. L'art de l'interchangeabilité dans l'automobile à l'exemple de Peugeot (1910-1940)», in FONTANON (Claudine) (dir.), *Histoire de la mécanique appliquée (Enseignement, recherche et pratiques mécaniciennes en France après 1880, Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences*, 1998 (46), 161-189.

³³ HOUNSHELL (David A.), *From the American System to Mass Production, 1800-1932. The Development of Manufacturing Technology in the United States*, Baltimore : John Hopkins University Press, 1984.

³⁴ « *These drawings [of machine] also [have] served as the basis for construction of tools and jigs [from 1858 on].* », HOUNSHELL (David A.), *op.cit.*, 1984, 77.

³⁵ « *Probably the most impressive aspect of the 'bureaucratic' way in which the [Ford] company dealt with day-to-day aspects of production was its use of mechanical drawings. These were paramount in Ford's system of mass production. The company produced and maintained drawings of every part of the Model T, every special tool, jig, fixture, and gauge used on its production, and every master gauge used to check these special devices. Drawings served as the ultimate authority in Ford production, for they specified dimensions, tolerances, gauging points, materials (including shear strength and other metalurgical specifications) and finishes. Used by the design, toll, engineering, and inspection departments, superintendents (Martin, Sorensen, and their lieutenants), and foremen in each of the parts production departments, these drawings served as the medium for exchanging information and for maintaining common understanding. No changes could be made without a change in the drawings.* », HOUNSHELL (David A.), *op.cit.*, 1984, 272-273.

Voir aussi « *The [Ford] company's long-practiced method of using drawings as the medium for carrying design changes into production realities broke down largely because of the rush for design completion.* », HOUNSHELL (David A.), *op.cit.*, 1984, 286.

(comme le signale d'ailleurs Yves Cohen à propos des graphismes du début du XXe siècle, en France, dans l'industrie automobile). Pour reprendre l'analyse de Sauvage, dans son article de 1893 :

« 15 'Du jeu dans les pièces de machines' (...)

« Trop souvent les dessins ne portent pas de mention relative aux jeux et donnent la même cote pour les deux parties correspondantes ; on laisse aux ateliers le soin d'interpréter les dessins suivant leur habitudes [sic]. S'il s'agit d'un axe et d'une bague, certains ateliers exécutent l'axe à la cote indiquée et font la bague plus grande ; d'autres, au contraire, donnent à la bague le diamètre du dessin avec un axe plus petit. Il n'y a pas de motifs pour prendre une méthode plutôt qu'une autre ; c'est ce qui les condamne tous les deux.

« La seule méthode logique est de toujours appliquer la cote commune à une surface limite infranchissable pour l'une et pour l'autre pièce, qui s'en approcheront plus ou moins suivant leur destination et l'outillage employé à leur confection. Les dessins devraient toujours rappeler cette condition.

« Quant à la valeur du jeu qui doit exister entre chaque pièce et la surface limite, il est difficile de la fixer exactement, sauf pour des constructions exécutées avec des précautions minutieuses : ce jeu est ordinairement rendu nécessaire par l'irrégularité même des pièces construites, et varie d'un point à un autre. On peut fixer le maximum et le minimum des cotes admises. Il est bon d'indiquer au moins sur des dessins une valeur approximative des jeux, par exemple s'ils doivent se rapprocher de 1 — 0,5 — 0,1 — 0,05 — 0,01 mm. »³⁶

³⁶ «Mémoire sur l'uniformisation des filetages, par Ed. Sauvage», *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, avril 1893, pp.179-241 (pour l'extrait, p.192). [Source: Académie François Bourdon, Le Creusot)

Selon Yves Deforge³⁷ quant à lui, il est possible d'analyser l'évolution du graphisme comme le développement d'une toujours plus grande abstraction de la représentation, conjointement à l'apparition de nouveaux acteurs de la conception. Le terme d'abstraction correspond au fait que les graphismes, au fil de leur histoire, sont de moins en moins lisibles pour un non-spécialiste, quelqu'un qui n'est pas « *du métier* ».

Faire circuler l'information, ou construire des critères de fabrication

La SEIN est une instance qui tient lieu à la fois de *forum* et de *référence*. Il ne s'agit pas d'imposer directement quoi que ce soit, mais d'être suffisamment visible et crédible pour favoriser la conclusion d'accords. Dans le cas du filetage, la question n'est pas que quelqu'un trouve la meilleure formule pour donner le pas mais qu'elle soit connue le plus largement possible, adoptée clairement. Dans ce dessein, la SEIN cherche à convaincre et à étudier ce qui se fait ailleurs. Ensuite, seulement, une règle est édictée.

Par standardisation, entendons ici uniformisation de gestes, d'outils, de procédures à respecter, d'objets à fabriquer. Cela revient à réduire le nombre d'options possibles. Il peut s'agir également d'assurer une traçabilité, i.e. de se donner les moyens de suivre l'histoire de la fabrication d'une pièce achevée, ou d'un objet intermédiaire³⁸.

Standardisation n'est pas exactement synonyme de normalisation³⁹. Normaliser correspond à édicter des règles, normes, avec une instance qui valide, et se porte garant. Le cas que nous avons étudié correspond à une libre adhésion, volontaire.

On standardise, mais pour quoi ? Pour rendre les pièces substituables, interchangeables afin de pouvoir les remplacer par d'autres. En effet, le concepteur impose une reproduction du produit final suivant certains critères, même s'il ne les définit pas forcément lui-même. Il faut

³⁷ DEFORGE (Yves), *Le Graphisme Technique (son histoire et son enseignement)*, Seyssel : Champ Vallon, Coll. Milieux, 1981.

³⁸ Voir le chapitre précédent II.2.

³⁹ Une ambiguïté de termes entre l'anglais et le français est à signaler, car porteuse de nombreuses confusions. Le mot « *norme* » en français correspond à « *standard* » en anglais. De fait, la « *normalisation* » en français est une « *standardisation* » en anglais (ou « *standardization* » en américain).

établir des critères qui permettent de juger que la pièce est suffisamment semblable à une autre. A la fin du XIXe siècle, nous l'avons vu, les arguments avancés sont que le remplacement de boulons ou d'écrous se fait difficilement, sauf à constituer un stock très important. Le coût peut être important s'il faut multiplier les types de vis par exemple⁴⁰ : la justification économique est avancée du point de vue de la fabrication. Dans le domaine militaire tout aussi bien, le risque est patent pour les soldats qui doivent changer une pièce d'artillerie ou réparer leur fusil en pleine bataille : la rapidité et la facilité peuvent être une question de survie.

Le mode de diffusion de l'information est fondée sur la bonne volonté et l'acceptation d'une règle claire. Cette règle doit être suffisamment abstraite, pour ne pas trop dépendre des contingences particulières de chaque industrie. Pour cela, une formule générique permet de calculer les grandeurs caractéristiques du filetage.

Conception et coordination

La constitution des critères de fabrication résulte elle-même de débats et d'argumentations (ce qu'a montré l'étude de l'article de 1893 sur les filetages), autant d'occasions qu'ont les acteurs d'échanger et de confronter des informations et des points de vue.

L'un des points défendus dans ce chapitre est que la conception émerge en étant une entité (comportant des acteurs, des instruments, des savoirs) qui est *également organisatrice de la fabrication*. En ce sens, nous dirons, rejoignant ainsi Frédérique Barnier⁴¹, qu'il ne faut pas attendre les préceptes de Taylor au début du XXe siècle pour que la coordination technique soit au cœur des échanges entre les acteurs de la production, terme compris ici comme le regroupement de la fabrication et ce qui la rend possible.

⁴⁰ Exemple pris dans l'article de *BSEIN*, avril 1893 [Source: Académie François Bourdon, Le Creusot] : voir l'annexe II.3-2 pour plus de détails.

⁴¹ BARNIER (Frédérique), «Aux origines du 'taylorisme' à la française : Gustave Ply», *Entreprises et Histoire*, juin 1998 (18), 95-105.

En outre, la conception ne se réduit pas à projeter un objet futur par de la géométrie, de la couleur et des traits. Elle pose des bases pour la fabrication : prescription, tolérances, prééminence parfois de l'acteur du bureau d'études sur l'ouvrier dans certains choix, etc.

En somme, la conception est aussi une forme de standardisation des pratiques : uniformisation —ce que nous avons vu plus tôt dans ce chapitre—, différenciation dans d'autres cas et non pas seulement définition du produit à fabriquer.

En somme, la coordination dans la période qui nous concerne revient à ceci : *mieux fabriquer* mais aussi *mieux utiliser* (comme le montre le cas de l'interchangeabilité des pièces d'un fusil sur un champ de bataille). Au final, pour fabriquer des objets, faut-il avoir des critères communs ? La réponse de Sauvage, dans le cas de la standardisation des filetages, est clairement affirmative. Ce faisant, il raisonne ainsi : qui dit fabrication, dit construction de critères *ad hoc*, dit uniformisation (standardisation) et finalement circulation de l'information. En fait, c'est l'émergence d'une activité d'encadrement et de construction de contraintes.

4. De la fabrication à la conception

Le propre de cette partie II, intitulée précisément *De la fabrication à la conception*, aura été de décrypter l'émergence de la conception. Pour cela, nous sommes partis d'une figure marquante, Monge, au moment même de la fondation du Conservatoire des Arts et Métiers, pour découvrir que les enjeux portent désormais plutôt sur la manière de faire savoir ce qui doit être précisément fabriqué.

De vecteur d'informations, le graphisme technique devient plutôt vecteur de prescriptions, mais nous ne l'avons pas réduit à cela, ou plutôt nous avons cherché à en dévoiler de multiples aspects. A bien considérer les trois chapitres, nous dirons que la conception ne peut se comprendre sans tenir compte de ces quatre volets : la prescription comprise comme un ordre sans contrainte mais aussi, l'instrumentation de l'action opérant des mises et remises en forme successives des représentations et de la matière, la circulation d'information portant sur des critères de fabrication et la standardisation du langage graphique.

Avant même l'avènement de la CAO —sujet de la prochaine partie (III)—, la conception est liée à la fabrication qui l'a en quelque sorte générée, à partir, notamment d'une nouvelle forme de graphisme technique, plus explicite.

* *

*

