

Conclusion -

La pratique de la CAO impose-t-elle une rupture radicale ?

Contenu de la conclusion

Comment naît la conception.

La nouveauté de la CAO en question.

Nous n'avons pas parlé de la coopération.

Une ultime formulation de la posture de ce mémoire.

Rappel du contenu du mémoire

I. la fabrication en filigrane

I.1 Décrire ce que l'on sait faire.

I.2 Transmettre les savoirs par les objets.

II. De la fabrication à la conception

II.1 Ordonner sans contraindre, ou l'invention d'une forme de prescription.

II.2 Créer des instruments, ou matérialiser la conception.

II.3 Concevoir, c'est aussi coordonner la fabrication.

III. D'une intégration à une autre

III.1 Instrumenter explicitement la coordination.

III.2 Mettre en forme l'information technique.

Nous disions, dans l'introduction, que la thèse était exploratoire. Au terme de notre parcours, il convient de préciser ce point.

C'est partiellement inexact car les deux premières parties ne se sont pas cantonnées à construire des hypothèses. L'une comme l'autre ont voulu établir quelques idées originales, du moins lorsqu'elles sont mises en perspective avec le graphisme technique : il s'agissait de comprendre *cette activité particulière de la conception*.

Mais c'est également partiellement juste car nous ne nous sommes pas permis d'échafauder une explication d'envergure, dans la troisième partie, sur la nature du bouleversement amené par l'émergence de l'introduction de la CAO et, plus généralement, par le développement des ordinateurs

Pour conclure ce mémoire, nous allons reprendre ces deux volets de la thèse, inégaux en taille mais corrélés dans l'analyse : la fabrication d'une part, la CAO d'autre part. Nous avons annoncé que la posture de ce mémoire était proche de celle défendue par de Terssac *et al.* dans l'ouvrage collectif *Coopération et Conception*¹. Nous préciserons dans quelle mesure nous nous en sommes démarqués et comment nous pouvons répondre à la question posée, dans l'introduction, sur la nouveauté de la CAO en termes de coordination. Enfin, dans un souci de réflexivité, nous formulerons différemment la posture qui aura été la nôtre dans l'ensemble de ce mémoire.

1. Comment naît la conception

En débutant notre étude avant le XIXe siècle, nous avons voulu exposer une perspective différente des approches classiques sur le moment de la naissance du « *dessin industriel* », ou graphisme technique de fabrication. Les études sur le contenu d'ouvrages comme l'*Encyclopédie*² et la création du Conservatoire des Arts et Métiers³ tendent à montrer que la fabrication est déjà un sujet central dans le graphisme technique du XVIIIe siècle.

¹ DE TERSSAC (Gilbert), FRIEDBERG (Erhard) (dir.), *Coopération et Conception*, Toulouse : Octares Editions, Collection Travail, 1994.

² Chapitre I.1.

³ Chapitre I.2.

Par conséquent, il est difficile de ne voir dans les graphismes de Vrégille que des œuvres d'un ingénieur-artiste, si l'on se fonde uniquement sur un aspect esthétique (couleurs, ombres, etc.)⁴. Nous avons signalé, dans la partie I, que les études concernant ce personnage peu connu de l'histoire des techniques sont encore à faire : l'ambition aura été, finalement, de déplacer la problématique de la représentation esthétisante vers celle de la coordination de fabrication.

Au XVIII^e siècle, le graphisme technique peut d'ores et déjà être qualifié d'instrument de fabrication : il renvoie à la fabrication d'un objet souvent existant pour former des acteurs à une fabrication à venir. Le titre *La fabrication en filigrane* —au second degré en quelque sorte— suggère justement que quelque chose évolue. Du point de vue de la coordination technique, le graphisme technique n'est pas directement relié à la fabrication, mais participe au développement des conditions favorables : objet intermédiaire pour les produits à fabriquer, il l'est aussi pour la constitution d'une nouvelle activité qui va apparaître : la conception. En ce sens, il pose les bases de ce qui suit.

Ensuite, le propos de la partie II, intitulée justement *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 fabriqué⁵.

A cette époque, le graphisme technique est accompagné d'une quantité d'informations non graphiques présentées sous différents avatars : tableaux, formules, textes, etc. De vecteurs 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 cas étudiés dans la partie II (outre l'analyse de la fabrication des canons

⁴ Chapitre I.2.

⁵ Chapitre II.1.

par Monge, principalement les salles à tracer des chantiers navals⁶ et le problème de l'uniformisation à travers le cas des filetages dans le *Bulletin de Société d'encouragement pour l'industrie nationale*⁷), nous dirons que la conception ne peut se comprendre sans tenir compte de ces quatre volets : 1) la prescription définie comme un ordre sans contrainte ; 2) l'instrumentation de l'action opérant des remises en forme successives des représentations et de la matière ; 3) la circulation d'informations portant sur des critères de fabrication et 4) la standardisation du langage graphique.

Nous avons établi pour finir que le *graphisme technique est étroitement lié à la fabrication, dès la naissance de l'industrie* : il est à la fois extérieur et ramené toujours à elle.

Dans notre enquête, nous avons pris le risque d'opérer des sauts temporels car le graphisme technique n'a pas de continuité temporelle : plusieurs formes coexistent en même temps (comme, par exemple, les planches de Vrégille et celles de Monge), ou apparaissent avec des soubresauts (le cas du filetage suggère que l'uniformisation ne semble pas concerner immédiatement le graphisme et, pourtant, le texte de l'article étudié fait de nombreux appels à la mémorisation, la contextualisation, la diffusion —autant d'aspects dans lesquels le graphisme technique joue un rôle—).

2. La nouveauté de la CAO en question

Les exemples de passage à la CAO que nous avons abordés ne semblent pas correspondre à une rupture totale avec le passé, ni à une simple continuité avec les pratiques en cours. Dans les diverses observations que nous avons rapportées, c'est plutôt la coexistence d'instruments variés qui surgit⁸. Nous avons établi dans la partie III qu'il est réducteur de ne voir dans la CAO qu'un instrument permettant de travailler en « 3D ». Tout d'abord, le graphisme en deux dimensions, parfois appelé « *plan* », est toujours la seule référence contractuelle légale, entre un donneur d'ordres et un sous-traitant par exemple : ils conservent parfois une place

⁶ Chapitre II.2.

⁷ Chapitre II.3.

importante dans l'activité de conception (comme par exemple chez Creusot-Loire Industries⁹). Les instruments de CAO doivent permettre aux concepteurs, si l'on écoute leurs doléances, de prendre en compte des informations non géométriques, traitant de la manière de fabriquer (par exemple les points de départ d'usinage).

Des études sont encore à faire sur la matérialité du développement de ce que l'on nomme sommairement la CAO (i.e. des ordinateurs, écrans, souris, imprimantes, etc.). Quoi qu'il en soit, nous avons souligné que c'est le versant *gestion technique* qui complète la *visualisation*, la *fabrication* et le *calcul*. L'histoire de la CAO nous aura appris qu'il faut déplacer le point de vue exprimé par l'adage dans le milieu des concepteurs d'instruments de conception : « *il faut que la conception tienne compte —intègre— la fabrication* ». Verrouiller les solutions trop tôt, figer les options et créer ainsi des irréversibilités risquent de réduire la CAO uniquement à une logique géométrique et de calcul. La notion de prescription dans la partie II nous a été utile pour suggérer, au contraire, que la coordination entre la conception et la fabrication ne peut se faire que s'il se crée suffisamment de marges de manœuvre. Nous faisons l'hypothèse qu'ici aussi, l'enjeu est de ne pas être trop directif.

Finalement, les différents cas que nous avons exposés dans la partie III (genèses d'OI3C¹⁰, de CATIA, d'EUCLID, apparition de la CAO au CERN, conservation de plans du début du siècle chez Creusot-Loire Industries¹¹) tendent à montrer la manière de définir les nouveaux instruments, de synthétiser et de cristalliser des points de vue particuliers, de configurer les différents pôles du tripode analytique (acteurs, instruments, savoirs). Ce qui semble être en jeu est l'*explicitation des méthodes*. L'intégration produit-process (i.e. concevoir en même temps l'objet et la manière de le réaliser) était déjà présente dans les graphismes techniques sous les formes antérieures ; la prise en compte de la fabrication ne date pas de l'émergence de la CAO. En revanche, des moyens financiers, de nouveaux acteurs apparaissent dont les

⁸ Voir le cas de Creusot-Loire Industries, ou de la genèse d'OI3C chez Schneider-Electric.

⁹ Chapitre III.2.

¹⁰ Voir le chapitre III.1 ainsi que la réflexion sur la gestion technique dans le chapitre III.2.

¹¹ Chapitre III.2.

missions sont d'expliciter des formes de coordination, par la création d'un nouvel instrument par exemple.

En définitive, nous pouvons affirmer que le développement de la CAO n'est pas celui d'un rapprochement sans précédent entre la conception et la fabrication : en fait, la CAO n'est pas plus intégrative que les précédents avatars du graphisme technique. Pour autant, ce n'est peut-être que le point de départ, dans notre optique, d'une étude sur *ce qui fait réellement la nouveauté de la CAO*. C'est là que notre thèse est plus exploratoire. Nous avons surtout voulu poser les termes du débat à l'aide d'une assertion méthodologique : si la CAO est bien consubstantiellement liée au *calcul*, à la *fabrication* et à la *visualisation*, les possibilités mais aussi les contraintes en terme de gestion de l'information sont tout aussi importantes pour tenter de comprendre les nouvelles situations de coordination, décrites de manière moins complètes que dans les parties précédentes. Il nous aura fallu un détour par une étude de cas¹² pour permettre de caractériser la CAO sous les quatre aspects précédents.

3. Nous n'avons pas parlé de coopération

La *coopération* n'est pas une notion que nous avons utilisée. D'une certaine manière, la coopération —le fait de faire ensemble— est plus vieille que la coordination, liée à la division du travail (pour coordonner, il faut deux entités qui se partagent une partie du travail). Telle est *notre* approche de la révolution industrielle¹³ : ce qui est en jeu, n'est pas l'apparition de la fabrication à grand volume (la construction navale n'en est pas une, par exemple) ni même la fabrication mécanisée (il existe des machines autrement plus vieilles : le moulin à vent, etc.¹⁴) mais bien le fait que celui qui conçoit n'est plus celui qui fabrique. L'industrie, dans notre optique, n'apparaît pas à un moment précis mais, selon les domaines d'activité, lorsque que la fabrication ne se suffit plus à elle-même, lorsqu'il faut inventer des formes d'échanges, donc

¹² Chapitre III.1.

¹³ L'un des articles de synthèse sur la question de la Révolution industrielle : VERLEY (Patrick), «La Révolution industrielle anglaise : une révision (note critique)», *Annales (Économies, Sociétés, Civilisations)*, mai-juin 1991 (3), 735-755.

¹⁴ Voir des exemples dans l'ouvrage pédagogique de JACOMY (Bruno), *Une histoire des techniques*, Seuil, Sciences, 1990.

des *objets intermédiaires*¹⁵. La coordination peut se définir, *in fine*, comme une mise en commun pour construire quelque chose (une conception, par exemple), à partir d'éléments épars (savoirs, instruments, acteurs). La coopération, elle, ne se réduit pas forcément à l'ajustement mutuel de Mintzberg¹⁶ : il s'agit plutôt d'une confrontation autour d'un objet, d'un projet commun ; ce que permet le graphisme technique.

En somme, la *coordination explicitée*, mise en avant, investie dans des instruments et immergée dans des modes d'organisations particuliers (groupes projets, par exemple¹⁷), *mise en forme* dirons-nous au sens d'« *investissement de forme* » de Thévenot, ressemble à ce que Jeantet évoque sous le terme de coopération¹⁸. Quoi qu'il en soit, la coopération est une forme de coordination : la coopération n'est pas nouvelle —c'est la différence majeure avec de Terssac *et al.*— mais elle est regardée autrement. Bien plus, aucun des éléments que nous tentons ici de décrire n'est nouveau : cependant leur combinaison, ainsi que la suprématie de certains d'entre eux (comme la gestion technique), le sont.

Considérons Taylor, figure majeure d'une approche prescriptive dans laquelle il n'y a pas de place pour la coopération —inutile—. De nombreuses études soulignent qu'il y a forcément

¹⁵ Voir, sur cette notion :

- VINCK (Dominique), JEANTET (Alain), «Mediating and commissioning objects in the sociotechnical process of product design: a conceptual approach», in MACLEAN (Donald), SAVIOTTI (Paolo), VINCK (Dominique) (eds.), *Management and new technology: design, networks and strategies*, Bruxelles : Cost A3, 1995 (Vol.2), 111-129.
- JEANTET (Alain), «Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une sociologie des processus de conception», *Sociologie du Travail*, 1998 (3/98), 291-316.
- VINCK (Dominique), «Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales», *Revue Française de Sociologie*, 1999 (XL (2)), 385-414.

¹⁶ MINTZBERG (Henry), *Le Management. Voyage au cœur des organisations*, Editions d'Organisation, 1990.

¹⁷ A partir d'une étude de cas, une réflexion sur le mode d'organisation des groupes projet : MIDLER (Christophe), *L'auto qui n'existait pas, Management des projets et transformations de l'entreprise*, InterEditions, 1994. Voir aussi : BOBROFF (J.), CARO (C.), DIVRY (C.), MIDLER (C.), «Les formes d'organisation des projets», in GIARD (V.), MIDLER (C.) (dir.), *Pilotage de projet et entreprises*, Paris : Economica, 1993.

¹⁸ A lire notamment : JEANTET (Alain), *op.cit.*, 1998.

des adaptations, des traductions locales¹⁹ : nous dirons, nous, que le système taylorien-fordien ne fonctionne pas parce qu'il évacue les questions de coopération, d'ajustements, mais parce que niées dans la théorie, elles réapparaissent dans la pénombre des pratiques.

Au final, nous serions prétentieux de répondre de manière définitive à la question liminaire : sommes-nous en train de changer de paradigme industriel ? A la place du terme « *rationalisation de la conception* », selon Sardas²⁰, nous avons préféré, dans la partie III, celui d'« *explicitation de la coordination* » pour deux raisons : la première est que nous préférons ne pas employer le terme de *rationalité* par simple analogie à « *rationalisation de la fabrication* » car, si nous suivons Piore, il y a probablement un changement dans la nature même de rationalité²¹ ; la seconde est que notre objet n'est pas la conception, mais les

¹⁹ La liste bibliographique serait énorme pour montrer que les systèmes dits « *taylorien-fordien* » fonctionnent différemment en théorie (i.e. dans les textes de Taylor lui-même : TAYLOR (Frederic W.), *La direction scientifique des entreprises, I.- Les principes de direction scientifique, II.- Témoignage de Taylor devant une commission de la Chambre des Représentants (janvier 1912)*, Paris : Dunod, 1971) et les pratiques effectives des ateliers et des services des méthodes. Voir, par exemple :

- COHEN (Yves), «Le système de la pratique : un organisateur-directeur, les automobiles Peugeot, 1917-1939», *Actes du GERPISA n°2, Travail et automatisation dans l'industrie automobile*, Grenoble : IREP-Développement, 1986, 61-70.
- MOUTET (Aimée), *Les logiques de l'entreprise (La rationalisation dans l'industrie française dans l'entre-deux-guerres)*, Paris : Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1997. [Voir Note critique dans COHEN (Yves), «Industrie, despotisme et rationalisation. L'URSS et la France entre l'entre-deux-guerres (note critique)», *Annales*, 1998 (4-5, «Histoire des techniques»), 915-936.]

²⁰ SARDAS (Jean-Claude), «Ingénierie intégrée et mutation des métiers de la conception», *Annales des Mines (Réalités industrielles)*, février 1997, 41-48.

²¹ Il y a également de nombreux travaux d'études sur la rationalisation de la fabrication : ceux d'Yves COHEN, de Ken ALDER entre autres que nous avons cités dans le mémoire et que l'on retrouvera dans la bibliographie, en fin de ce volume 1.

Note complémentaire (je remercie Alain JEANTET pour les échanges à ce propos): Voici quelques pistes concernant la notion de *rationalité*. Sur l'invitation d'une note de lecture des *Annales* datée de 1998 (*Annales*, «Le choix des Annales», 1998 (1), I, à propos de REYNAUD (Bénédicte) (dir.), *Les limites de la rationalité*, Paris : La Découverte, 1997) : ce sont autant de réflexions que « *l'historien doit méditer absolument* ». D'une certaine manière, ce mémoire se trouve engagé dans ces questions : comment penser l'action collective sans recourir à des entités globalisantes comme la raison, l'efficacité, le progrès, etc. ? comment un collectif forme-t-il un tout cohérent, peut agir ensemble ? A ce sujet, PIORE s'attache à la question des actions individuelles, sur les processus d'émergence de la coordination des actions individuelles ou d'apprentissage collectif, sur le « *rôle de l'objet technique dans la création de liens interindividuels* ». Dans notre thèse, l'objet choisi est le graphisme technique, mais il n'est pas seulement un objet fabriqué, un objet matériel, un artefact en somme. Il est un

relations incessantes entre la conception et la fabrication (i.e. la *coordination industrielle*, pour nous).

4. Une ultime formulation de la posture de ce mémoire

Aurions-nous été plus ethnologues, ce mémoire aurait plus insisté encore sur la construction même des connaissances exposées, il se serait montré plus réflexif, il m'aurait mis plus encore en situation, dans une *recherche-en-train-de-se-faire*²² ou une *recherche-en-*

« *investissement de forme* » en ce sens qu'il est à la fois créateur de liens mais aussi tient un rôle dans la définition même des acteurs, des savoirs et des autres instruments.

Bref, il faudrait étudier les notions de *rationalité* : *rationalité substantielle* et *rationalité procédurale*. La première concerne, en première analyse, le raisonnement analytique et déductif : dans une logique de division du travail, il s'agit de décomposer et recomposer. La critique principale de cette forme de rationalité a été faite par SIMON pour qui la rationalité n'est que « *limitée* », à savoir; précise PIORE, que « *le problème d'optimisation est souvent trop complexe pour qu'un être humain puisse le résoudre dans le cadre dans lequel il opère. (...) Nous n'optimisons pas, selon Simon, nous nous arrêtons à ce qui nous «satisfait»* ».

Pour ce qui concerne la conception, nous dirons à propos de la rationalité substantielle que « *le processus de développement de produit [ou de conception, précise ailleurs PIORE] est le résultat d'un processus de résolution de problèmes différents.* ». Dans la seconde approche —la rationalité procédurale—, « *les produits peuvent être vus comme les rejetons d'un processus continu* ». La rationalité procédurale souligne en quelque sorte que ce qui compte est la mise en œuvre, la procédure de mise à l'épreuve, de justification (selon BOLTANSKI & THEVENOT), le cours de l'action comme nous l'avons précisé dans l'introduction.

C'est en ce sens que nous voyons qu'il y a bien un changement dans les pratiques de conception : pour reprendre les termes exacts de PIORE, nous passerions d'une « *perspective analytique* » à une « *perspective interprétative* ». Le graphisme technique, plus qu'un simple objet technique, ne semble pas se satisfaire d'un raisonnement analytique, d'une rationalité procédurale. C'est un support de coordination, immergé dans l'action. Il n'a de sens que dans la contexture des pratiques, i.e. dans la matérialité et le flux de l'action. Nous ne passons pas d'une rationalité substantielle (en première analyse, le raisonnement déductif et analytique) à une rationalité procédurale mais nous sommes en train de reconnaître la légitimité de cette dernière, elle devient —*explicitement*— une question centrale. En ce sens, elle entre dans le champ de la rationalité puisqu'elle devient l'objet de constructions théoriques (discours, manuels, etc.), d'évaluation et des formes d'organisation (donc, des moyens humains, financiers, techniques, etc.).

Tout cela demanderait approfondissement.

Voir :

- PIORE, LESTER, KOFMAN, MALEK, « L'organisation du développement des produits », in REYNAUD (Bénédicte) (dir.), *op.cit.I*
- SIMON (herbert), *The Sciences of Artificial*, Cambridge, MA : MIT Press, 1987 [2de Ed].
- BOLTANSKI (Luc), THEVENOT (Laurent), *De la justification. Les économies de la grandeur*, Paris : PUF, 1987.

²² Néanmoins, c'est la posture principale défendue dans le chapitre III.1, *Instrumenter explicitement la coordination*. Pour un plus ample développement méthodologique, se reporter à l'introduction et

*action*²³. La reconstruction didactique qui est le propre d'une recherche —sous la forme, ici, d'un mémoire de thèse— ne peut faire abstraction des moments d'enthousiasme, de joie et de fascination lorsqu'il a fallu traquer le bruissement d'humanité dans les ordinateurs, les plans et les tiroirs des bureaux d'études. Pour autant, nous avons bien suggéré l'odeur des vieux plans un peu gras, les poussières des réserves emplies d'objets intermédiaires en hibernation, les stigmates du temps scrutés au travers d'une loupe, les narrations volubiles d'anciens concepteurs revivant leurs pratiques par le truchement des objets ou les ronronnements des stations de travail.

Finalement, au fil des sept chapitres, nous n'aurons rien tenté d'autre que de comprendre un peu mieux le monde et d'écrire des choses que *je* n'avais pas vraiment lues ailleurs, en profitant de la mise à l'épreuve sans pareille que constitue la confrontation aux élèves et collègues.

Pourquoi ne pas l'écrire explicitement ? Derrière l'architecture conceptuelle d'une « *ingénierie de la fabrication* », d'une « *instrumentation de l'action collective* » et d'une « *histoire sociotechnique* », il y a aussi cette fascination de sentir, dans les frémissements de l'Histoire, que, comme l'ogre de la légende, là est notre gibier où nous sentons la chair fraîche des humains²⁴.

Tel est, d'une manière ou d'une autre, l'écho que nous (vous lecteur et moi-même) aurons essayé de renvoyer à l'aphorisme de Gilbert Simondon, qui a servi d'*incipit* à ce mémoire. Telle sera également la dernière manière de formuler la posture de ce mémoire :

« l'opposition dressée entre la culture et la technique, entre l'homme et la machine, est fausse et sans fondement ; elle ne recouvre qu'ignorance et ressentiment. Elle masque derrière un humanisme facile une réalité riche en efforts humains et en forces

surtout au chapitre final de VINCK (Dominique) (dir.), *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation*, Presses Universitaires de Grenoble, 1999.

²³ Libre improvisation sur le titre de LATOUR (Bruno), *La science en action*, Paris : La Découverte, 1989 [1ère Ed. en anglais, 1987].

²⁴ Adaptation libre de l'aphorisme célèbre de Marc BLOCH. Voir BLOCH (Marc), *Apologie pour le métier d'historien*, Paris : Armand Colin, 1960 [1ère éd. 1949].

*naturelles, et qui constitue le monde des objets techniques, médiateurs entre la nature et l'homme. »*²⁵

***Arthon-Châteauroux-Fresnes-Grenoble-Orcières-Rumegies-Seyssinet,
1996-2000.***

* * *
* *
*

²⁵ SIMONDON (Gilbert), *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier 1989 [1^{ère} Ed. 1959], 9.

