

Introduction -

Le graphisme technique comme instrument de la coordination industrielle dans le domaine de la mécanique depuis 3 siècles

Contenu de l'introduction

1. Le graphisme technique au cœur d'une interrogation sur les mutations industrielles

2. Postures problématiques

Quatre postures possibles pour l'étude du graphisme technique

Le graphisme technique comme instrument de l'action industrielle

Trois entrées privilégiées : les acteurs, les instruments et les savoirs.

Une enquête forcément historique

La démarche de la thèse

3. Le graphisme technique comme instrument de coordination, entre conception et fabrication

Une ingénierie de la fabrication

Une sociologie de l'instrumentation collective

Une histoire sociotechnique

4. Une périodisation de l'étude de la fabrication

La périodisation comme interprétation

La fabrication en filigrane

De la fabrication à la conception

D'une intégration à une autre

5. Une thèse exploratoire

1. Le graphisme technique au cœur d'une interrogation sur les mutations industrielles

Le présent travail de recherche s'inscrit dans des lieux et une époque particuliers. Au moment où commence l'enquête, nous sommes en France, dans les années 1990. Le monde industriel se transforme : pas forcément plus qu'hier, mais d'une manière patente. Aussi, beaucoup s'interrogent. Le chômage actuel serait-il la conséquence de l'évolution technique, de l'automatisation ? Les machines remplacent les hommes, dit-on. « *À l'aube du troisième millénaire* » selon l'expression médiatique passe-partout, « *à l'heure d'Internet et des technologies virtuelles* », sommes-nous à un tournant dans le monde industriel ? Le mode de production datant du XIXe siècle et fondé sur la division du travail, qui sous-tend les industries de transformation du métal et la fabrication en série, est-il caduque ? Plus précisément, produit-on aujourd'hui différemment une automobile, un avion, un bateau, une machine que dans les années 1950 ou avant la Seconde guerre mondiale ? L'ordinateur a-t-il changé la manière dont on les produit ?

Ces interrogations sont abondamment reprises dans la littérature tant en sociologie, qu'en économie, en philosophie, etc. Elles portent tour à tour sur la prolifération de nouveaux objets dans toutes les sphères de l'existence, la transformation des systèmes techniques (et, notamment, des processus de conception et de fabrication), la mondialisation et la nouvelle économie, la société de l'information et des loisirs, etc. Il n'est guère d'activité humaine qui semble échapper à ces transformations.

Au-delà de ces multiples interrogations, quelques grandes questions apparaissent récurrentes. On se demande, par exemple, si toutes ces transformations sont les symptômes d'une nouvelle révolution industrielle ou de l'émergence d'une nouvelle civilisation. En économie et en sociologie, des auteurs tels que Coriat¹ tentent d'analyser le phénomène en

¹ Quelques références :

- CORIAT (Benjamin), WEINSTEIN (Olivier), *Les nouvelles théories de l'entreprise*, Paris : Le Livre de Poche, 1995.

termes de changement de modèle socio-économique : nous aurions atteint la phase de transition d'un modèle fordiste ou taylorien-fordien à un nouveau modèle, par exemple toyotiste ou néo-taylorien. Nombre d'économistes, gestionnaires et ingénieurs ne cessent en effet d'affirmer que l'économie et les systèmes de production sont en train ou doivent changer : pour cela, ils évoquent les notions d'économie de la variété, raccourcissement des délais de conception, introduction de nouveaux instruments, etc.

C'est sur fond de ces questionnements généraux que s'engage cette thèse qui s'inscrit, plus précisément, dans le contexte du génie industriel, qui constitue un espace de confrontation de points de vue disciplinaires s'efforçant de prendre en compte la complexité sociotechnique des systèmes de production ainsi que la question du changement industriel, de son pilotage et de son instrumentation. La thèse émerge, plus précisément encore, de projets et de questions que se posent des mécaniciens et des sociologues, dans le cadre d'un programme de recherche qu'ils mènent en commun sur les mutations de l'activité de conception des produits industriels². Les premiers sont particulièrement attentifs à la conception de nouveaux outils d'aide à la conception et des méthodologies qui les accompagnent alors que les seconds se penchent sur les mutations de l'organisation, l'émergence de nouveaux acteurs et l'instrumentation de l'action. La rencontre de ces chercheurs conduit ces derniers à travailler, entre autres, sur nombre d'instruments de la conception, et notamment sur les outils de la CAO³.

-
- CORIAT (Benjamin), *L'atelier et le robot — Essai sur le fordisme et la production de masse à l'âge de l'électronique*, Paris : Christian Bourgeois Editeur, 1990.
 - CORIAT (Benjamin), *'Penser à l'envers' — Travail et organisation dans l'entreprise japonaise*, Paris : Christian Bourgeois Editeur, 1991.

² Ainsi, depuis le début des années 1990, des sociologues du laboratoire CRISTO (Centre de Recherche sur l'Innovation Socio-Technique et Organisation industrielle ; Université Pierre Mendès-France et UMR CNRS 5061) et des mécaniciens du laboratoire 3S (Sol-Solide-Structure ; Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble (ENSHMG), CNRS et Université Joseph Fourier) travaillent ensemble. Ces deux laboratoires travaillent de concert dans le cadre de l'Institut de la Production Industrielle et de l'Ecole Nationale Supérieure de Génie Industriel (ENSGI), institutions dépendant de la co-tutelle de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG) et de l'Université Pierre Mendès-France.

³ Conception Assistée par Ordinateur. L'acronyme usuel ne sera plus explicité par la suite.

Dans cet environnement de recherche portant sur l'instrumentation de l'action industrielle et, plus spécifiquement, de la conception de nouveaux produits manufacturiers, nous en sommes venus à nous intéresser plus particulièrement au *graphisme technique*. Le dessin industriel est largement présent dans les bureaux d'études et les ateliers. Il y apparaît comme l'un des instruments de la conception et de la représentation des produits à fabriquer ; il se trouve au cœur de nouvelles mutations qui se déroulent sous nos yeux et se traduisent par le passage de la planche à dessin à la CAO et à la réalité virtuelle. Mais quoi ? S'agit-il de simples changements de support ? Qu'est-ce que cela transforme dans la pratique de conception ? Quelles sont les modalités de ces changements ? Quels en sont les enjeux ?

Très rapidement, nous avons formé l'hypothèse selon laquelle le changement en question et ce qui s'y joue sont moins évidents, moins transparents qu'il n'y paraît de premier abord. Entre autres conjectures, le dessin industriel fut immédiatement regardé comme le fruit d'une construction sociale très ancienne et véhiculant nombre de conventions explicites et implicites susceptibles d'être mises à mal lors du passage vers de nouveaux instruments informatisés. Il convenait donc de réouvrir la boîte noire du dessin industriel. Un détour par l'enquête historique s'imposa alors, mais nous verrons aussi que l'interrogation particulière qui est celle de cette thèse nous conduira à proposer les linéaments d'une nouvelle manière de faire l'histoire du dessin technique.

Dans cette introduction, nous expliciterons, tout d'abord, la posture retenue dans ce mémoire pour l'étude du graphisme technique, en la situant par rapport à d'autres possibles. Nous verrons alors que cette posture problématique nous conduit à traiter des questions qui intéressent à la fois la conception mécanique et la fabrication, la sociologie industrielle et l'histoire des techniques. C'est en ce sens que ce mémoire s'inscrit dans la problématique du génie industriel.

2. Postures problématiques

Le questionnement de départ de ce travail de recherche provient du constat émanant de nombreux acteurs (notamment des enseignants-mécaniciens et des concepteurs de bureaux d'études) selon lequel la CAO (ou plus généralement IAO⁴) remplace le dessin réalisé le plus souvent en deux dimensions, décrit de manière traditionnelle comme « *le dessin à la planche* ». Il ne serait plus nécessaire d'apprendre à travailler en « *2D, comme sur le dessin* ». Les nouveaux outils de conception seraient plus « *coopératifs* », permettraient de mieux travailler ensemble sur un projet grâce aux informations partagées (bases de données, réseaux informatiques, etc.). Le moins que l'on puisse dire est que ces assertions ne font pas l'unanimité. Le dessin est-il à la base du métier nécessaire pour la CAO ? La CAO répond-elle à de toutes autres logiques ? Dans la construction problématique de notre objet d'étude, nous ne postulerons *a priori* pas de différences entre ces formes variées : dessins en 2D, en 3D, CAO, etc. Ce n'est qu'en situation —nous détaillerons plus loin— que nous tenterons de cerner les frontières.

Par ailleurs, en sociologie industrielle, des chercheurs qui s'interrogent sur l'instrumentation de l'action⁵, sur la dynamique d'usage de divers outils techniques et de management industriel⁶ et sur l'innovation technique et organisationnelle⁷ en viennent tous à se pencher sur les processus sociotechniques d'émergence, d'usage et de transformation de

⁴ Ingénierie Assistée par Ordinateur, terme plus général que le précédent puisqu'il regroupe aussi le calcul, la simulation, la gestion des données techniques, etc. En fait, ce dernier est préféré par de nombreux acteurs pour décrire plus complètement l'instrument actuel de la conception. Voir la Partie III de ce mémoire.

⁵ Voir notamment :

- CONEIN (Bernard), DODIER (Nicolas), THÉVENOT (Laurent) (dir.), «Les objets dans l'action. De la maison au laboratoire», *Raisons pratiques*, Paris : Ed. de l'EHESS, 1993 (4).
- MALLARD (Alexandre), «Compare, Standardize and Settle Agreement: On Some Usual Metrological Problems», *Social Studies of Science*, August 1998 (vol.28 (4)), 571-601.
- MOISDON (Jean-Claude) (dir.), *Du mode d'existence des outils de gestion*, Arslan Editions, 1997.
- VINCK (Dominique) (dir.), *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation*, Presses Universitaires de Grenoble, 1999.

⁶ Voir notamment SEGRESTIN (Denis), *Sociologie de l'entreprise*, Paris : Armand Colin, 1992.

⁷ Voir par exemple ALTER (Norbert), *La bureautique dans les organisations. Les acteurs de l'innovation*, Paris : Les éditions ouvrières, 1985.

divers artefacts mobilisés par les acteurs humains dans l'action organisée. S'attachant particulièrement aux processus de conception de produits manufacturiers, des auteurs tels que Jeantet et Vinck⁸ pointent l'intérêt qu'il peut y avoir à étudier des artefacts tels que les logiciels de CAO, les maquettes et prototypes et toutes sortes de graphisme technique. C'est le point de départ de l'enquête : s'attarder plus spécifiquement sur un sous-ensemble de ces artefacts largement produits et utilisés en situation de conception.

Dans un premier temps, nous sommes partis sur l'idée d'étudier le dessin industriel, à la fois dans des situations de mutation dont nous sommes témoins aujourd'hui, mais aussi en opérant une enquête historique afin de mieux comprendre cette forme de représentation graphique des objets, largement tissées de conventions et de normes techniques. Mais, très rapidement, il est apparu qu'il convenait d'élargir l'enquête à ce que nous avons convenu d'appeler plus généralement le *graphisme technique*⁹. Ce concept recouvre, en première analyse, des productions aussi diverses que les représentations affichées sur écran ou imprimées, issues de la CAO, le dessin industriel à proprement parler, les épures, les esquisses, les brouillons, les lavis, etc. Le point commun de ces productions est qu'il s'agit à chaque fois d'une mise en forme de la matière. Il apparaît donc que le terme de « *dessin* » est trop réducteur par rapport aux multiples formes de graphisme possible. Tel sera l'objet de l'enquête dont nous allons présenter la problématique.

Pour les mécaniciens et les concepteurs industriels, il est au cœur de mutations dans les manières de représenter des objets dont l'existence n'est encore que potentielle. Pour le

⁸ Voir selon l'ordre chronologique de publication :

- 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.

⁹ Le terme est emprunté à DEFORGE (Yves), *Le Graphisme Technique (son histoire et son enseignement)*, Seyssel : Champ Vallon, Coll. Milieux, 1981.

sociologue, il est une occasion d'affiner l'analyse des dynamiques industrielles et de l'action organisée. Il renvoie à des problématiques complexes et controversées quant aux relations entre technique et société¹⁰ mais aussi quant à la manière de prendre en compte les entités physiques dans les dynamiques sociales¹¹. Pour l'historien, le graphisme technique pourrait, *a priori*, être une nouvelle occasion de travailler sur des problématiques similaires¹². Mais nous verrons aussi que partant du questionnement des mécaniciens et des sociologues d'aujourd'hui, nous serons conduit à proposer un renouvellement de l'histoire du graphisme technique.

Le graphisme technique, dans cette thèse, se trouve donc au carrefour d'une triple enquête scientifique : celle des *mécaniciens s'interrogeant sur les prescriptions, les outils et les méthodes les plus appropriés à préconiser aux industriels* ; celle des *sociologues s'efforçant de décoder les complexes dynamiques sociales de l'action industrielle* ; celle, aussi, des *historiens s'efforçant d'élucider les enchevêtrements de causes qui façonnent les techniques, les entreprises et la société*.

Afin de situer notre posture problématique dans le paysage de la recherche, précisons encore quatre autres possibilités pour interroger le graphisme technique, que nous avons rencontrées lors des investigations bibliographiques.

¹⁰ BIJKER (Wiebe E.), *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs : Toward a Theory of Technical Change*, Cambridge MA : The MIT Press, 1994.

¹¹ Voir notamment :

- LAW (J.), HASSARD (J.), *Actor Network Theory and after, The sociological review monographs*, Oxford; Blackwell Publishers, 1999.
- LATOUR (Bruno), *Aramis ou l'amour des techniques*, Paris : La Découverte, 1993.
- LATOUR (Bruno), *La Clef de Berlin et autres leçons d'un amateur de sciences*, Paris : La Découverte, 1993.
- 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.

¹² Voir SMITH (Merrit Roe), MARX (Leo) (eds.), *Does Technology Drive History ? The dilemma of Technological Determinism*, The MIT Press, 1994.

Quatre postures possibles pour l'étude du graphisme technique

Une première posture possible consiste à considérer que le graphisme technique est d'abord et avant tout une question de représentation des formes. Monge (1746-1828), en tant qu'inventeur de la géométrie descriptive, tient, dans cette perspective, un rôle très important. Autour de ce personnage, l'histoire semble connaître une rupture : il y a un avant et un après Monge. Depuis ses travaux, le dessin respecterait désormais des règles rigoureuses, permettant de décrire sans ambiguïté un objet. L'histoire du graphisme technique peut alors être présentée comme celle d'une abstraction croissante des formes et d'une standardisation de la représentation. Le graphisme technique perd alors en réalisme ce qu'il gagne en efficacité et en capacité de prescription¹³.

Une seconde posture possible s'intéresse particulièrement à l'apparition des différents éléments constitutifs d'un graphisme (perspectives, conventions de représentations tels que les hachures, cartouches, etc.). Les auteurs sensibles à cette approche sont parfois d'anciens dessinateurs, concepteurs : ils étudient le contenu même du graphisme technique avec le regard critique et évaluateur de l'expert. Cette posture consiste souvent à faire un retour sur sa propre pratique¹⁴. Elle contribue à documenter l'histoire matérielle et pragmatique du graphisme technique. Elle livre, en même temps, les critères d'évaluation et de rationalisation a posteriori véhiculés par ces auteurs.

¹³ Voir notamment :

- SAKAROVITCH (Joël), *Epures d'architecture. De la coupe des pierres à la géométrie descriptive*, Birkhäuser Verlag, 1998.
- BELHOSTE (Bruno), «Gaspard Monge», in *Les mathématiciens*, Pour la Science, Diffusion Belin, 1996, 50-61.
- TATON (René), «La mathématisation des techniques graphiques. Les grandes étapes : des origines à Dürer, à Desargues et à Monge», *Technologies Idéologies Pratiques*, 1986 (vol.5 (4) & vol.6 (1)), 10-35.

¹⁴ Voir notamment :

- BOOKER (Peter J.), *A History of industrial drawing*, London : Chatto & Windus, 1963.
- BAYNES (Ken), PUGH (Francis), *The Art of the Engineer*, Lutterworth Press, 1981.
- FELDHaus (F.M.), *Geschichte des technischen Zeichnens*, Wilhemshaven : Kuhlmann 1959 [2. Auflage]. Remarque : A la différence des deux précédents auteurs, je ne suis pas certain qu'il soit un ancien praticien du graphisme technique. Cela dit, il me semble judicieux de relier sa posture à celle de BOOKER & BAYNES

Une troisième lecture possible revient à considérer l'histoire du graphisme technique du point de vue de la division sociale du travail au niveau de la conception industrielle. Selon Deforge¹⁵, cette division du travail est supposée se renforcer progressivement et contribuer à la déqualification de l'exécutant premier du graphisme technique, le dessinateur, au profit du travail de conception réservé à un autre type d'acteur : l'ingénieur.

Une quatrième posture possible consiste à examiner le graphisme technique du point de vue de son enseignement. Les questions qui se posent sont alors de savoir comment se transmettent les savoir-faire et comment est formé l'esprit technicien ? En quoi les lieux dévolus à l'enseignement (cours, écoles) prescrivent-ils des manières de faire ? Quelles ressources sont mobilisées pour cet enseignement ? Quelle est la nature des exemples mobilisés ? Sont-ils généraux et décontextualisés ou, au contraire, liés à des pratiques industrielles particulières ?¹⁶ Plus spécifiquement, Rabardel, avec une approche cognitiviste, s'intéresse notamment à la transmission des savoirs, mais plutôt sous l'angle du contenu même de ce qui est transmis : l'ouvrage collectif auquel nous faisons référence¹⁷ traite pour moitié de la construction et de la transmission des connaissances liées à la représentation spatiale ainsi qu'à la « *pédagogie et didactique du dessin technique* [ou graphisme technique, disons-nous] ». La posture, plus précisément encore, qui y est défendue est de se référer principalement à des théories ou des modèles de la représentation (par exemple, les travaux de Piaget), voire à une analyse sémiotique¹⁸.

¹⁵ Voir DEFORGE (Yves), *op.cit.*, 1981.

¹⁶ Voir PRUDHOMME (Guy), «Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement. La transposition didactique comme outil d'une analyse épistémologique», *Thèse en Génie Industriel Mention Génie Mécanique*, Grenoble : INPG-Laboratoires 3S, 4 décembre 1999. Parmi la littérature abondante, voir DAY (Charles R.), *Les Ecoles d'Arts et Métiers (L'enseignement technique en France, XIXe-XXe siècle)*, Belin, 1991 [1^{ère} Ed. en anglais, MIT, 1987].

¹⁷ RABARDEL (Pierre), WEILL-FASSINA (Annie) (dir.), *Le dessin technique*, Hermès, 1987.

¹⁸ Quelques titres de chapitre de RABARDEL (Pierre) et al., *op.cit.*, 1987 : RABARDEL (P.), VERILLON (P.), «L'intériorisation du système projectif du dessin technique» ; KLAUE (K.), «Production et décodage de la perspective chez l'enfant».

Chacune de ces quatre postures privilégie bien une entrée particulière : le contenu, les outils, la division sociale du travail et la transmission des savoirs. Situons donc, maintenant, notre propre manière d'aborder cet objet et, ce faisant, justifions nos choix.

Le graphisme technique comme instrument de l'action industrielle

Il n'est donc pas question d'étudier le graphisme technique comme un en-soi ni même seulement comme une construction sociale. Il s'agit, tout au contraire, de le saisir à partir des situations dans lesquelles il est produit et utilisé. Notre souci consistera, en particulier, à rendre au mieux la contexture d'une série de situations, à notre avis exemplaires pour comprendre le graphisme en tant qu'instrument de l'action industrielle, action qui est bien le point de départ de notre interrogation, celle de la fabrication de produits et, en amont, celle de leur conception. Nous n'étudierons donc pas, comme d'autres auteurs l'ont fait avant nous, le graphisme technique du point de vue de l'histoire des sciences, laquelle met en question avant tout l'émergence et la mise en œuvre des principes de la géométrie descriptive. Notre point de départ ne sera pas non plus celui de l'enseignement, même si la transmission et la diffusion du graphisme technique croiseront notre problématique et nous renseigneront sur la part de l'action industrielle véhiculée au travers de l'apprentissage de la représentation graphique. Notre entrée ne sera pas, non plus, celle, typiquement sociologique, de la division du travail et de la transformation des rôles et identités professionnelles, même si nous en tiendrons compte. Enfin, si la contexture matérielle du graphisme technique est un élément important de notre enquête, cette thèse est loin de se réduire à un travail d'érudition et de documentation de cette composante de l'action industrielle. Le *graphisme technique* sera donc ici étudié en tant qu'*instrument de et dans l'action industrielle*, saisi, pour partie, à partir de situations d'action industrielle.

Pour préciser encore la problématique qui servira de fil conducteur à cette thèse, essayons d'abord d'explicitier ce que nous entendons par instrument, de même que par la notion d'action industrielle.

Selon Rabardel¹⁹, l'instrument peut être considéré de deux manières différentes. Il se situe tout d'abord aux niveaux des artefacts et des schémas mentaux. A un second niveau, le lien qui donne sa cohérence est justement l'instrument. En d'autres termes, l'instrument n'est pas seulement l'artefact, mais aussi le support de l'action : il est ce qui me permet d'équiper mon action, de la rendre possible, de la faire durer, etc. Cette approche théorique est proche en ce sens des « *appuis conventionnels de l'action* » de Dodier²⁰.

Par *convention*, nous entendons ce qui est nécessaire pour s'ajuster, pour évaluer ce qui est produit. Par l'acceptation du terme telle que l'utilisent les sociologues cités, sont regroupés, dit Becker²¹,

« les notions de normes, de règles, de représentations collectives, du coutume et d'habitudes, notions qui renvoient toutes à des idées et des formes de pensée communes qui sous-tendent les activités de coopération d'un groupe de personnes ».

Pour Becker, les conventions s'inscrivent dans les objets, i.e. que ces derniers participent à l'objectivation des conventions en rendant visibles les principes de coordination. Nous proposons d'utiliser dans le domaine de la technique cette approche que Becker développe dans celui de l'art : les conventions sont issues des contraintes liées au matériel, toute latitude d'action n'est pas possible n'importe où et n'importe quand.

Pour ce qui concerne le terme d'*action*, Dodier distingue trois niveaux :

- Le niveau générique, de la « *commune humanité* » : le langage, la capacité d'utiliser de symboliser (mathématiques, etc.) ;
- Le niveau culturel : ce par quoi une communauté se reconnaît (un vocabulaire technique particulier, la formation commune avec des références à des exercices semblables, etc.) ;

¹⁹ Voir notamment RABARDEL (Pierre) et al., *op.cit.*, 1987.

²⁰ DODIER (Nicolas), «Les appuis conventionnels de l'action. Eléments de pragmatique sociologique», *Réseaux*, CNET, novembre-décembre 1993 (62), 65-85.

- Le niveau de l'interaction, du « *pragmatique* » : l'interaction directe (le face-à-face, les brouillons qui circulent, par exemple).

La position que nous défendons ici est en quelque sorte que *l'instrument se trouve à la fois dans ces trois niveaux*. Nous tenterons de saisir effectivement le graphisme technique sous plusieurs aspects. Nous verrons qu'il ne se résume pas à la représentation, ni à sa matérialité d'objet, ni à la logique de standardisation qu'il peut sous-tendre. Nous défendrons l'idée que le graphisme technique ne peut faire sens que s'il est étudié dans sa pluralité d'action. Comme dit Thévenot²²,

« [c]odes, contraintes et équipements doivent être traités de la même manière ».

Qu'est-ce qu'un *instrument*, plus précisément ? Un instrument est une *convention qui permet de donner telle ou telle forme à l'action*. Pour reprendre le concept développé par Thévenot, nous dirons également qu'un instrument —ici le graphisme technique— est un « *investissement de forme* ». Proche d'une *convention*, une *forme* est un concept générique pour désigner les outils, nomenclatures, catégories cognitives, êtres sociaux, etc. qui peuvent « *entrer en équivalence* », en fait *en relation*. En somme, un instrument permet « *l'établissement (...) d'une relation stable, pour une certaine durée* ». Cet établissement est coûteux, d'où l'idée d'*investissement*.

Les types d'action sont multiples. Pour aborder la question de l'action industrielle, nous aurons recours à des problématiques de la sociologie industrielle, en particulier la *coordination*. Pour Mintzberg²³, c'est la principale caractéristique de l'organisation : la structure d'une organisation est la somme totale des moyens employés pour diviser le travail

²¹ Se reporter au chapitre II (pp.64-88) de BECKER (Howard S.), *Les mondes de l'art*, Paris : Flammarion, 1988 [1^{ère} Ed. en anglais, The University of California Press, 1982].

²² THÉVENOT (Laurent), «Les investissements de forme», *Conventions économiques*, Paris : Presses Universitaires de France, Cahiers du Centre d'Etudes de l'Emploi, 1986, 21-71.

²³ Voir principalement MINTZBERG (Henry), *Le Management. Voyage au cœur des organisations*, Editions d'Organisation, 1990.

entre tâches distinctes et pour, ensuite, assurer la coordination nécessaire entre ces tâches.

Voici ces coordinations-types²⁴ :

- La supervision directe : mécanisme par lequel un responsable hiérarchique donne des instructions à des subordonnés et contrôle leur travail ;
- La standardisation des procédés, du travail : les méthodes de travail, les procédures sont consignées par avance (le besoin en communication s'en trouve d'autant plus réduit) ;
- La standardisation des qualifications : cette méthode est utilisée lorsque le travail nécessite une large autonomie et qu'il est difficile de définir à l'avance les résultats ou les méthodes ;
- La standardisation des résultats : au lieu de spécifier les procédés, on fixe les objectifs à atteindre, sans que soit spécifiée la méthode permettant d'y parvenir ;
- L'ajustement mutuel : elle correspond en première analyse à une simple communication informelle (gestes, discussions, etc.) ;

Pour autant, le point de départ de notre étude n'était, au départ, pas tant la coordination que la *conception*, contexte d'action particulier. Quels sont les rapports que ces notions entretiennent avec elle ? Selon de Terssac²⁵, les diverses pratiques de conception ont en commun de reposer d'une part sur un rapport de prescriptions réciproques entre les acteurs de la conception²⁶, et d'autre part sur des prescriptions de moins en moins réversibles au fur et à mesure que le projet avance : « [l]a *conception se présente comme la structuration de l'action* ». Comment ? La structuration de l'activité des concepteurs consiste, précise de Terssac, en des processus d'interactions entre plusieurs acteurs, qui sont tour à tour prescripteurs et opérateurs, dans un contexte de règles qui définissent le collectif de

²⁴ Se reporter au dossier : *Sciences Humaines*, «Comprendre les organisations», mars-avril 1998 (n°20, Hors-Série).

²⁵ DE TERSSAC (Gilbert), «Le travail de conception : de quoi parle-t-on ?», in DE TERSSAC (Gilbert), FRIEDBERG (Erhard) (dir.), *Coopération et Conception*, Toulouse : Octares Éditions, Collection Travail, 1994, 1-22.

²⁶ Notion développée par Armand HATCHUEL : voir notamment HATCHUEL (Armand), «Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription», in DE TERSSAC (Gilbert), FRIEDBERG (Erhard) (dir.), *op.cit.*, 1996.

conception et sa place dans l'entreprise. Quoi qu'il en soit, l'action de concevoir n'est pas définie d'avance : les règles qui ordonnent cette activité se construisent dans le cours de l'action même, au travers des régulations (cf. la notion d'objet intermédiaire, qui permet de suivre le processus qui va de la prescription initiale au compromis final arrêté). A l'intérieur de ce processus, le concepteur est amené à tout moment à redéfinir le contexte et les solutions possibles, compte tenu des choix des autres qu'il faudra réutiliser. En somme, la « *structuration de l'activité des utilisateurs se présente comme un processus de formulation de règles visant à orienter l'action* ».

En conclusion, la posture de notre étude du graphisme technique est proche de celle défendue par de Terssac *et al*²⁷. À ceci près que nous ne poserons pas pour acquis que les formes de coordination actuelles sont nouvelles, mais plutôt quelles en sont les racines, les antécédents.

Trois entrées privilégiées : les acteurs, les instruments et les savoirs

Ce mémoire s'efforce, nous l'avons déjà énoncé, d'interroger le graphisme technique et ses mutations, en tant qu'instrument de l'action (dont il reste justement à préciser la nature) située dans le contexte industriel.

Pour préciser la perspective adoptée pour cette enquête, disons que nous avons fait le choix de considérer l'action industrielle en prenant en compte les *acteurs, les supports de l'action* (instruments, documents, maquettes, etc.) et *l'organisation du travail* (industrialisation, taylorisme, évolution des savoirs, etc.). Reformulons alors cette problématique et précisons que le graphisme technique nous intéressera en tant que *support et instrument contextualisés de l'action*. Faisons l'hypothèse, *a priori*, que l'existence et la nature d'un support, telle qu'une représentation graphique, ne sont pas sans conséquence sur l'environnement du travail et sur la dynamique de l'action en cours. Postulons également que le support contribue à

²⁷ Dans son introduction, de TERSSAC élabore en fait une synthèse des contributions de l'ouvrage collectif précédemment cité (DE TERSSAC (Gilbert), FRIEDBERG (Erhard) (dir.), *op.cit.*, 1996). Quelques auteurs sont à relever : Pascal BEGUIN, Françoise DARSES, Pierre FALZON, Erhard

transformer l'action, tout en étant lui-même transformé par cette action²⁸. Le support devient ainsi, selon les cours d'action, instrument, produit ou, encore, médiateur. Il conviendra de ce fait, au cours de cette enquête, de toujours traiter conjointement le support, l'instrument et les acteurs qui s'en emparent ou les font exister. Le graphisme technique sera également traité en tant qu'*objet*²⁹. Circulant entre les acteurs, il peut être support de représentations, vecteur d'informations ou de prescriptions, révélateur d'un état d'avancement et des choix effectués par d'autres, ressources restant à interpréter, mais aussi médiateur de nouvelles constructions collectives. Les productions graphiques accompagnent les processus de conception qu'elles définissent et qu'elles aident à décrire. En conséquence, cette thèse se veut également une contribution à la réflexion sur la nature et le rôle des objets intermédiaires dans l'action industrielle.

Nous postulons également que les acteurs interviennent et reconfigurent leur monde à l'aide d'instruments mais aussi en produisant et en mettant en œuvre des savoirs. Ils redéfinissent la place des instruments, des savoirs et leurs propres rôles tout à la fois. Saisir l'ensemble des informations qui s'échangent entre les acteurs en isolant un seul élément (un instrument comme le graphisme technique) risquerait, au contraire, de masquer les évolutions et les moments de rupture que nous cherchons à décoder. C'est pourquoi, tout au long de ce mémoire, nous aborderons nos matériaux d'étude à partir d'*un tripode analytique* composé des acteurs, des instruments et des savoirs.

Cela étant posé, cette enquête peut se décliner par une série de questions telles que : pour concevoir, fabriquer, vérifier, les acteurs disposent-ils de critères, de références partagées ? comment se les partagent-ils ? qu'est-ce qui circule entre eux et cela permet-il effectivement

FRIEDBERG, Vincent GIARD, Armand HATCHUEL, Alain JEANTET, Christophe MIDLER, Jacques PERRIN, Pierre RABARDEL, Dominique VINCK, etc.

²⁸ Ce postulat est partagé par plusieurs auteurs participant aux programmes de recherche conjointe aux laboratoires CRISTO et 3S. Voir les mémoires de thèse produits sous les auspices de cette collaboration ainsi que l'ouvrage collectif VINCK (Dominique), *Ingénieurs au Quotidien. Ethnographie des activités de conception et de l'innovation*, Grenoble : PUG, 1999.

²⁹ Voir VINCK & JEANTET, *op.cit.*, 1995 ; JEANTET, *op.cit.*, 1998 ; VINCK, *op.cit.*, 1999.

une coordination satisfaisante de leurs actions ? le graphisme technique est-il le seul instrument dans ce champ de la coordination ?

Une enquête forcément historique

Acteurs, instruments et savoirs, les trois éléments de notre tripode analytique ne sont donc pas trois ingrédients ou registres de causes indépendants mais, au contraire, interreliés par hypothèse. Il y aurait ainsi entre-définition entre acteurs, instruments et savoirs de métiers. La nature de ces éléments et les modalités de leurs relations varient dans le temps. C'est une autre raison pour laquelle la démarche et la rigueur de l'historien sont convoquées dans l'enquête.

L'enquête portera plus particulièrement sur les mondes de la construction mécanique. Il est ici délicat de parler d'industrie tant cette notion renvoie à des réalités qui se sont profondément transformées depuis le début du XVIIIe siècle, point de départ de notre étude. L'enquête porte plus spécifiquement sur la coordination entre la conception et la fabrication. Ces activités sont liées, selon Hatchuel, par un rapport de prescriptions croisées³⁰. Or, comme pour la notion d'industrie, nous verrons que cette prescription se manifeste et se définit donc de manières différentes suivant les époques. Elle n'est pas forcément symétrique entre conception et fabrication d'autant que ces deux pôles d'activité ne sont pas définis de manière immuable et autonome. Il conviendra donc de les étudier ensemble et de suivre leurs reconfigurations réciproques. La difficulté est que les différentes temporalités auxquelles nous aurons à faire correspondent d'abord à celles des acteurs puisque ces notions (industrie, conception, fabrication, prescription, dessin, coordination, etc.) font d'abord sens pour eux-mêmes. Il importera donc pour nous de reformuler les questions d'aujourd'hui, point de départ de notre analyse³¹, dans des termes compatibles avec chaque période abordée car toutes ces notions évoluent au cours du temps.

³⁰ Voir HATCHUEL (Armand), *op.cit.*, 1996.

³¹ Selon l'aphorisme de Lucien FEBVRE : l'histoire est récurrente puisque l'on part toujours d'aujourd'hui pour remonter le temps. Voir FEBVRE (Lucien), *Combats pour l'histoire*, Armand Colin, Agora Pocket, 1992 [1^{ère} éd. 1952].

Se pose alors parfois la question de la différence entre l'ancien et le moderne. Le dessin industriel (le graphisme technique d'avant la CAO, en première analyse) serait dépassé, caduque du fait du développement de la CAO qui serait, elle, rapide, coopérative, etc. Qu'est-ce qui, dans le graphisme technique d'aujourd'hui, est ancien et qu'est-ce qui est moderne ? Et, au fond, quelle peut être la pertinence d'une telle question ? L'actualité d'une technique ne semble pas être une donnée *a priori*. Le dessin, par exemple, n'est pas intrinsèquement archaïque et la CAO moderne³², comme le laissent à penser certains acteurs des mondes de la mécanique (enseignants, ingénieurs, rédacteurs de revues³³, etc.). Les observations de terrain effectuées, au cours de cette thèse, dans des bureaux d'études tendent à montrer qu'il n'y a pas forcément d'opposition entre esquisses, dessins sur papier ou sur calque, courbes tracées à même le plancher et visualisations de modèles numériques sur écrans d'ordinateur. Le fait qu'un élément soit apparu à une époque donnée ne le relègue pas exclusivement à cette époque. Présentement, des éléments issus de temps plus ou moins reculés se trouvent enchevêtrés, d'ailleurs plusieurs fois reconfigurés au cours du temps. Nous éviterons donc d'établir une quelconque différence de nature entre les éléments en fonction de l'époque de leur réalisation. Au contraire, nous tenterons, situation par situation comme nous l'avons annoncé, de rendre compte de la contexture spécifique de l'action. Le concept générique de graphisme technique est d'ailleurs préféré à celui de dessin technique pour cette raison ; le second est historiquement trop spécifique pour englober l'ensemble des formes graphiques et des mutations qu'elles ont subies.

La démarche de la thèse

La manière de problématiser l'objet de notre enquête (le graphisme technique en tant qu'instrument de l'action industrielle) et de le saisir à partir d'un tripode analytique (acteurs,

³² Cet aspect sera détaillé dans la partie III. Voir également (texte écrit en 1999) LAVOISY (Olivier), «Les instruments n'ont pas d'âge intrinsèque: avatars du graphisme technique», in BELOT (Robert), COTTE (Michel), LAMARD (Pierre) (dir.), *La Technologie au risque de l'Histoire*, Berg International Editeurs - Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2000, 245-250.

³³ Telle *Industries & Techniques* qui a tendance à considérer qu'une informatisation est forcément un progrès pour l'efficacité productive.

instruments, savoirs) n'est pas incompatible avec les quatre postures présentées précédemment qui seront, au contraire, prises en compte, à partir de notre interrogation sur la coordination entre conception et fabrication. Ainsi, représentation, langage technique et outils graphiques, organisation du travail, enseignement constitueront des entrées que nous tenterons d'articuler les unes aux autres.

Nous étudierons le graphisme technique comme un révélateur des enjeux, des conflits, des interactions entre les acteurs. Nous cernerons également les catégories utilisées par les acteurs en faisant l'hypothèse qu'elles contribuent au sens et aux performances du graphisme technique. Ces catégories sont des constructions ; elles résultent de choix, d'oppositions et d'accords entre acteurs³⁴ : « 2D et 3D », « dessin industriel et CAO », « séparation entre conception et fabrication »³⁵, etc.

Pour ce qui concerne le graphisme technique vu en tant que représentation (géométrie, plan, 2D-3D, etc.), nous montrerons qu'il ne constitue que le sommet de l'iceberg dont la partie immergée mérite d'être scrutée. Ainsi, derrière la représentation se trouvent des acteurs : lesquels ? que font-ils et pourquoi produisent-ils de telles représentations ? quels sont les critères d'une bonne représentation ? L'Angleterre, par exemple, n'a connu la géométrie descriptive de Monge qu'un siècle après la France³⁶. Pourquoi une telle différence ? Les concepteurs américains, de leur côté, utilisent pour la fabrication davantage les modèles physiques que les plans jusqu'à la fin du XIXe siècle³⁷. Pourquoi ? De tels faits nous conduisent à ne pas prendre pour acquise l'importance de la géométrie descriptive. Au

³⁴ Je reprends à mon compte les mises en garde de Jack GOODY contre les « grands partages » établis *a priori* : voir GOODY (Jack), *La raison graphique (la domestication de la pensée sauvage)*, Les Editions de Minuit, 1979 [1^{ère} Ed. en anglais, Cambridge University Press, 1977].

³⁵ L'approche selon laquelle on tend toujours plus vers une séparation entre la pensée, la conception d'une part et l'exécution d'autre part ne tient pas. La CAO, justement, n'est pas l'ultime phase d'automatisation des pratiques de la conception. Voir notamment à ce sujet la thèse suivante : BEGUIN (Pascal), « Travailler avec la C.A.O. en ingénierie industrielle : de l'individuel au collectif dans les activités avec instruments », *Thèse d'ergonomie du Conservatoire National des Arts et Métiers*, 1994.

³⁶ D'après BOOKER (G.), *op.cit.*

³⁷ D'après Eda KRANAKIS et Edward CONSTANT II, comme ils l'ont précisé au cours de discussions du second Workshop Franco-Américain, Lyon, 11-12 mars 1997. Il n'y a malheureusement pas eu d'actes de ce colloque où se sont rencontrés des historiens des techniques.

contraire, il s'agira de l'interroger et de la situer par rapport aux autres dimensions du graphisme technique.

Nous nous intéresserons peu à l'enseignement du graphisme technique proprement dit à travers les écoles, les enseignants et les élèves. Nous nous focaliserons plutôt sur les lieux industriels mêmes où s'effectue aussi une transmission de savoir en matière de représentation graphique. Il s'y noue et dénoue des liens entre acteurs, instruments et savoirs autres que ceux qui passent par l'enseignement.

La question de la transmission du savoir technique ne concerne pas uniquement l'enseignement. Elle renvoie également aux problématiques de la conservation des objets et des savoir-faire techniques et gestionnaires, liés notamment à l'organisation du travail, à la conduite des ateliers et des projets, au management des organisations, au changement et à l'innovation. Dès le début de l'histoire du graphisme technique comme aujourd'hui, cette problématique de la conservation et de la transmission des savoirs et savoir-faire est bel et bien présente. Des entreprises comme d'autres institutions engagent alors un travail de conservation : elles sélectionnent ce qu'elles estiment mériter d'être conservé. Le graphisme technique a aussi servi à cela. Mais se pose pour nous une question portant sur la conservation des techniques et des savoir-faire graphiques eux-mêmes. Lorsqu'il s'agit de conserver des objets techniques, des outils et des instruments, les méthodes de conservation existent³⁸. Mais ici, il est question de savoir-faire, de formes d'organisation du travail et des conventions tacites qui régissaient les dynamiques collectives. Comment ces éléments peuvent-ils être conservés si ce n'est en s'efforçant, comme dans cette enquête, de reconstituer de manière narrative la contexture des situations et des cours d'action anciens ?³⁹

³⁸ Voir DELSALLE (Paul), *Lexique des archives et documents historiques*, Nathan, Histoire 128, 1996.

³⁹ Note complémentaire : *Comment se maintient une capacité d'innovation au cours du temps, et dans un espace productif donné ?* correspond à un projet de recherche en émergence que je devrais mener avec deux chercheurs de la Maison des Sciences de l'Homme de Grenoble (MSH-Alpes) que sont Anne DALMASSO et Xavier LONG. A travers de ce projet, le développement d'un axe de recherche devrait être initié, développement susceptible de confronter les approches des historiens, des sociologues et des géographes sur la question de la transmission des processus d'innovation industrielle, et du maintien de cette capacité dans le temps. La façon de poser le problème n'est ni acquise, ni complètement évidente.

Le graphisme technique est un mode d'expression visuel qui ne peut se réduire ni à une question de représentation des formes et de sa rationalisation (normalisation, standardisation), ni à une question de langage, ni à celle de la forme de division technique du travail (« *un dessin est un ordre de fabrication* », disent les concepteurs). Au contraire, dans cette thèse, il s'agit de tenir ensemble la question de la représentation d'un objet à venir et celle de la communication d'informations et de prescriptions le concernant, la question de la conservation et celle de la transmission de savoir-faire, la question des instruments construits et mobilisés par les acteurs et celle des formes et modalités de l'action organisée.

Cela étant, camper la posture ne constitue qu'une prothèse : il s'agit d'une aide à penser la thèse, un moyen de faire émerger la problématique que nous allons développer dans la partie suivante.

3. Le graphisme technique comme instrument de coordination, entre conception et fabrication

L'objet de notre enquête nous envoie vers des interrogations portant sur l'industrialisation et sur la fabrication : ont-elles connu des mutations fondamentales depuis le début du XVIII^e siècle ? quels types d'actions et quels enchevêtrements d'acteurs, d'instruments et de savoirs ont-ils permis la fabrication, i.e. la transformation de la matière ?

Une question liminaire de ce mémoire, issue des interrogations portant sur les mutations industrielles actuelles, a été formulée de la manière suivante :

« Le mode de production datant du XIX^e siècle et fondé sur la division du travail, qui sous-tend les industries de transformation du métal et la fabrication en série, est-il caduque ? ».

La situation grenobloise offre, pour aborder cette question, des matériaux riches et intéressants : une histoire économique, industrielle et scientifique fortement enchevêtrée, marquée par le développement d'innovations de nature diverse sur un siècle et demi, concernant notamment la production de l'énergie — de la Houille blanche à l'atome —, l'électronique et l'informatique. Elle devrait permettre de mieux comprendre les modalités de passage d'un cycle industriel à un autre, de la coordination technique, sur le rôle des apports extérieurs et leur intégration, que ce soit en matière de compétence ou de financement.

En quoi l'étude du graphisme technique, en tant que révélateur ou médiateur de nouveaux changements, peut-il aider à traiter cette question ? La leçon de Taylor (1856-1915) était de diviser le travail, en réorganisant la connaissance nécessaire —en le rationalisant—, afin de contrôler les acteurs opérationnels directement liés à la fabrication. Qu'en est-il aujourd'hui et que nous apprend, à ce propos, l'analyse des mutations du graphisme technique ? Selon Lusin Bagla-Gökalp⁴⁰, toute l'histoire industrielle pourrait d'ailleurs se résumer en dernière analyse par l'idée de l'exercice d'un contrôle des forces productives. Le graphisme technique joue-t-il, lui aussi, un rôle dans cette perspective, dans l'exercice du contrôle ? Le paradigme actuel selon lequel il faut *gérer, manager, avoir un point de vue global* sur les processus de production n'est-il pas de la même nature ?

Cette thèse aborde donc la question du graphisme technique du point de vue de l'industrialisation et de la fabrication. Elle propose des clés de lecture de la question de la fabrication posées en termes d'action sur la matière. Comment, à travers les différentes périodes que nous allons reconstruire, les mondes de la conception et de la fabrication ont-ils pu, dans leurs intelligences respectives, allier la matière et leurs actions ? Comment les acteurs et les instruments sont-ils intervenus pour transformer la matière au cours de chaque période ?

Pour traiter de ces questions, la thèse emprunte, nous l'avons dit, aux domaines aussi variés que l'ingénierie, la sociologie ou l'histoire. Plus précisément, nous allons voir qu'il s'agit de participer à la construction d'une *ingénierie de la fabrication*, d'une *sociologie de l'instrumentation collective* et d'une *histoire sociotechnique* : ces trois approches sont interdépendantes, comme il nous faut maintenant l'explicitier.

Une ingénierie de la fabrication

La conception d'instruments d'aide à la conception part notamment d'idées et de concepts, issus de réflexions internes aux sciences pour l'ingénieur. Certaines de ces idées sont, ensuite, traduites dans le développement industriel d'instruments plus ou moins génériques et

⁴⁰ BAGLA-GÖKALP (Lusin), *La sociologie des organisations*, Paris : La Découverte, Repères, 1998.

accompagnées de programmes de formation pour y préparer les futurs utilisateurs. Un tel processus d'innovation soulève pourtant quelques difficultés qui tiennent au fait de ne pas suffisamment prendre en compte les situations concrètes des futurs utilisateurs, leurs contraintes et leurs logiques d'action. A l'encontre de cette tendance du développement des instruments d'aide à la conception, de plus en plus nombreux sont les chercheurs dans les sciences pour l'ingénieur qui s'efforcent de mieux prendre en compte ces situations. Dans cette perspective, l'étude des cours d'action effectifs et des usages constitue un axe privilégié d'analyse pour mieux comprendre les enjeux soulevés par l'émergence de ces instruments. Il s'agit de dépasser la seule description des fonctionnalités, des principes de base et de tous les avantages qu'on imagine volontiers *a priori*. La conception des nouveaux instruments gagnerait à mieux tirer profit des enquêtes de terrain des sociologues s'efforçant de rendre compte des pratiques des acteurs et des dynamiques d'usage des outils. En ce sens, la présente enquête est supposée contribuer à la connaissance des situations d'usage du graphisme technique, de ses mutations et des enjeux qu'il charrie.

Précisons cependant ce qui est visé par l'expression de « *situation d'usage* » des instruments⁴¹. La notion d'« *usage* » laisse croire que l'instrument est un tout, utilisé en tant que tel. Or, ceci est rarement le cas. Les instruments sont des assemblages d'éléments hétérogènes, que les acteurs peuvent plus ou moins dissocier lorsqu'ils s'en emparent et articuler dans une multitude de situations et de cours d'action. L'usage n'est alors pas une situation simple et séparable, comme dans une expérience où sont mesurés seulement un ou quelques paramètres à la fois, toutes choses étant égales par ailleurs. Au contraire, l'usage est un processus partiellement enchevêtré à divers cours d'action difficiles à isoler les uns des autres. De même, le terme de « *situation* » suggère que l'interaction entre l'utilisateur et l'instrument est locale (i.e. située dans un lieu particulier tel qu'un bureau d'études, un atelier

⁴¹ Je reprends l'argumentation développée dans LECAILLE (Pascal), VINCK (Dominique) et al., *Aspects sociologiques et ergonomiques du monde virtuel*, © AIT / Projet BRITE-EURAM "Digital Mock-Up Visualisation", Grenoble, CRISTO, 2000 [Version française]. Il s'agit d'un projet auquel j'ai participé et

ou une salle de réunion) et se déroule dans un temps déterminé. Or, souvent, les instruments permettent des usages multiples, découpés et décalés dans le temps, de sorte qu'il est difficile d'appréhender globalement une situation d'usage et une fonction correspondante remplie par l'instrument. Ainsi, la notion de *situation* éclate en une pluralité de lieux, ce qui est d'autant plus évident avec les instruments liés à l'informatique, souvent multi-postes, multi-tâches, multi-sites. En outre, la notion d'usage renvoie souvent à l'idée d'un face-à-face entre un utilisateur humain et un instrument. Or, les instruments sont souvent associés à d'autres instruments entre lesquels se construisent des interactions, des complémentarités et des conflits. Choisissons donc de dépasser la première acception, simpliste, de la notion de *situation d'usage* et, au contraire, de bien saisir l'ensemble des activités, des instruments et des acteurs humains, ainsi que les processus qui les articulent.

La présente thèse s'intéresse, en particulier rappelons-le, à l'action industrielle, à la fabrication en tant que finalité de l'action collective, y compris de la conception. Dès lors, saisir et rendre compte des « *situations d'usage* » renvoie à cette problématique générale de l'instrumentation de l'action collective mobilisant une pluralité d'artefacts (méthodes et normes de conception, SGDT⁴², graphisme, etc.) et reposant sur un enchevêtrement de cours d'action. Dans la mesure où il s'agit d'actions supposées être coordonnées, la question, pour l'ingénieur, devient alors celle des modalités de l'agir ensemble. Comment faire en sorte que les acteurs travaillent ensemble ? En quoi et comment des instruments peuvent contribuer à l'organisation et à la coordination de ces actions collectives ? L'enquête rapportée dans cette thèse est supposée contribuer à cette problématique des sciences pour l'ingénieur.

certain points sont énoncés dans la partie III de ce mémoire. D'autres points le sont plus extensivement dans la thèse de Pascal LECAILLE en cours de rédaction : «La trace habilitée».

⁴² Système de Gestion des Données Techniques, à l'aide d'instruments informatiques.

Une sociologie de l'instrumentation collective

Après avoir connu une rationalisation de la fabrication avec Taylor⁴³ ou encore d'une rationalisation du contrôle⁴⁴, il semble que nous assistions en ce moment à une vague de rationalisation de l'activité de conception. Le thème de la conception fait l'objet de travaux de recherche dans plusieurs disciplines (mécanique, informatique, gestion, sociologie, psychologie, etc.)⁴⁵ tandis que, dans les entreprises, des réorganisations et l'introduction de nouvelles méthodes et instruments de conception sont à l'ordre du jour. Tous ces éléments portent à croire qu'un processus de rationalisation de la conception est à l'œuvre. Ce phénomène interpelle le sociologue comme au moment de la mécanisation, l'automatisation et la rationalisation de la production⁴⁶.

À la différence de l'ingénieur, porteur d'un souci d'amélioration des manières de faire et donc d'un projet normatif, il s'agit ici surtout, en tant que chercheur, d'essayer de comprendre : non pas trouver un « *one best way* » (i.e. de trouver *la* méthode, *les* principes d'action à mettre en œuvre, en spécifiant que « *ceci est mauvais ou bon* », « *il faut faire comme ceci ou cela* ») pour l'activité de conception et sa coordination avec la fabrication mais, au contraire, de porter l'attention sur la manière dont les acteurs agissent et façonnent les instruments, les savoirs et leurs propres rôles, identités et compétences.

En particulier, la problématique sociologique qui nous concerne est celle de la coordination de l'action, de son instrumentation et de sa dynamique. Nous nous demanderons notamment si le graphisme technique contribue à la coordination des activités de conception et de fabrication et dans quelle mesure. Quelles sont les modalités de cette coordination passant par

⁴³ Ce point sera particulièrement discuté dans la partie III. Voir notamment SARDAS (Jean-Claude), «Ingénierie intégrée et mutation des métiers de la conception», *Annales des Mines (Réalités industrielles)*, février 1997, 41-48.

⁴⁴ Voir BAGLA-GÖKALP (Lusin), «Le chercheur et son instrument», *Revue Française de Sociologie*, octobre-novembre 1996 (XXXVII-4), 536-566.

⁴⁵ PERRIN (Jacques), VINCK (Dominique) (eds.), *The role of design in the social shaping of technology*, Bruxelles : Cost A4, 1996 (Vol.5).

⁴⁶ Voir notamment :

- FRIEDMANN (Georges), *Où va le travail humain ?*, Paris Gallimard, 1970 [1^{ère} Ed. 1946].

des traces graphiques ? Comment s'enchevêtrent la matérialité de ce type d'artefact avec les représentations des acteurs, les références qu'ils partagent en commun et les interactions langagières ? Quel rôle jouent la standardisation et la formalisation du graphisme technique, utilisant de nombreuses conventions, dans la coordination de l'action en conception et avec la fabrication ? De manière plus générale, il s'agit de contribuer à ce vaste programme de recherche collectif sur le rôle des objets dans les dynamiques sociales et dans l'action⁴⁷.

Comme nous l'ont enseigné les sociologues des sciences⁴⁸, des techniques⁴⁹ et du travail⁵⁰, nous irons donc dans les ateliers et dans les bureaux d'études (voire aussi dans des archives, lesquelles sont encore utilisées par les concepteurs pour les besoins de leur activité du moment⁵¹) où les objets sont encore dans l'action.

-
- SEGRESTIN (Denis), «L'entreprise à l'épreuve des normes de marché. Les paradoxes des nouveaux standards de gestion dans l'industrie», *Revue française de sociologie*, 1997 (38 (1)), 553-585.

⁴⁷ Voir notamment :

- CONEIN (Bernard), DODIER (Nicolas), THÉVENOT (Laurent) (dir.), «Les objets dans l'action. De la maison au laboratoire», *Raisons pratiques*, Paris : Ed. de l'EHESS, 1993 (4).
- DODIER (Nicolas), *Les hommes et les machines. La conscience collective dans les sociétés technicisées*, Paris : Métailié, 1995.
- LATOUR (Bruno), *La science en action*, Paris : La Découverte, 1989 [1ere Ed. en anglais, 1987].
- THÉVENOT (Laurent), «L'action en plan», *Sociologie du travail*, 1995 (3/95), 411-434.

⁴⁸ Voir notamment :

- LATOUR (Bruno), *La science en action*, Paris : La Découverte, 1989 [1ere Ed. en anglais, 1987].
- LYNCH (Michael), «Discipline and the material form of images : Analysis of scientific visibility», *Social Studies of Sciences*, 1985 (15), 37-66.
- VINCK (Dominique), *Du laboratoire aux réseaux. Le travail scientifique en mutation*, Office des Publications de la CCE, 1992.

⁴⁹ Voir notamment :

- BUCCIARELLI (Louis L.) *Designing engineers*, The MIT Press, 1994.
- ORR (Julian E.), *Talking about Machines. An Ethnography of a Modern Job*, Ithaca -London: ILP Press - Cornell University Press, 1996.
- VINCK (Dominique) (dir.), *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation*, Presses Universitaires de Grenoble, 1999.

⁵⁰ Voir notamment :

- FRIEDMANN (Georges), *Le travail en miettes*, Paris : Gallimard, 1964 [1^{ère} Ed. 1956].
- DE TERSSAC (Gilbert), *Autonomie dans le travail*, Paris : Presses Universitaires de France, 1982.

⁵¹ Ce qui n'a pas été conservé peut être aussi intéressant que ce qui l'a été. Or, il n'est pas rare que les objets techniques soient moins fréquemment conservés que les objets artistiques. D'une manière imagée, nous dirons que la poubelle est aussi intéressante que le musée.

Au-delà de la problématique sociologique et de la démarche d'enquête de terrain, notre posture tire largement profit des entrées privilégiées, par tout ou partie de la sociologie, que sont, en particulier, les acteurs, les productions en tant que constructions sociales, les représentations, les interactions et négociations, les formes d'organisations et les modalités de l'action collective, les identités professionnelles, etc. De la même manière, il s'agit pour nous d'appréhender, en tant que sociologue, les données de l'enquête, en particulier en articulant un travail d'objectivation des cours d'action et une approche compréhensive s'efforçant de saisir le sens de l'action pour les acteurs eux-mêmes. Il s'agit toutefois d'une sociologie qui ne laisse pas de côté les techniques, pour s'inspirer de l'aphorisme de Gilbert Simondon⁵².

Une histoire sociotechnique

Pour parler des mutations et transformations du graphisme technique au cours du temps, plusieurs possibilités explorées par les historiens s'offrent à nous⁵³.

Nous pourrions tout d'abord faire une histoire des savants (comme Monge), des ingénieurs et des techniciens qui ont inventé, codifié, transmis et utilisé le graphisme technique. Cette manière de faire l'histoire d'une technique n'est pas sans intérêt, mais elle ne répond qu'imparfaitement au projet de cette thèse. L'industrie, en effet, n'est pas faite seulement de quelques savants et ingénieurs dont l'histoire dirait l'essentiel de ce qui fut. Au contraire, nombreux sont ceux qui ne sont ni savants, ni techniciens et qui pourtant participent de l'action collective dont le graphisme technique est un des instruments. Il convient donc de ne pas hypertrophier le rôle de quelques acteurs historiques, mais, au contraire, de saisir et de restituer aussi les mondes sociaux de l'action industrielle et leurs transformations. Le fait de porter notre attention sur quelques modestes instruments graphiques (le papier, le calque, l'esquisse, etc.) et sur les savoir-faire de fabrication participe de cette autre approche de l'histoire des techniques.

⁵² Voir la citation mise en exergue au début de ce mémoire, in SIMONDON (Gilbert), *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier, 1989 [1ère Ed. 1959], 9.

⁵³ Voir GILLE (Bertrand), «Prolégomènes pour une histoire des techniques», in GILLE (Bertrand) (dir.), *Histoire des techniques*, NRF, Encyclopédie de la Pléiade, 1978, 3-118..

Une possibilité aurait été de faire l'histoire d'un secteur technique spécifique ou d'une entreprise particulière. Dans ce cas, la tentation eut été de produire une documentation érudite, soit sur une période très délimitée de l'histoire du graphisme technique, soit sur une entreprise, soit encore de construire une très ambitieuse fresque totalisante sur le graphisme technique. Ce type de contribution dont les historiens se font souvent les hérauts est essentiel et indispensable pour construire les fondements de solides conclusions. Toutefois, notre projet d'enquête se veut, à la fois, plus modeste et plus ambitieux. Plus modeste dans la mesure où notre prétention n'est pas d'établir solidement quelques faits historiques nouveaux. Ceci eut demandé une autre enquête et, probablement, sur le graphisme technique, plusieurs thèses. Plus ambitieux dans la mesure où nous avons pris le risque de mobiliser et de relire de nombreux travaux d'historiens en fonction d'une problématique contemporaine. L'originalité de cette thèse, de notre point de vue, se situe précisément ici, dans la nouvelle manière de lire l'histoire du graphisme technique qui est proposée et, à vrai dire, seulement esquissée. La thèse se compose alors de fragments, hétéroclites par les périodes de l'histoire auxquels ils se réfèrent, par les types de situation qu'elle scrute et par les aspects variablement privilégiés de la problématique.

Globalement, le type d'histoire dont il est ici question relève plutôt de l'histoire sociale des techniques. Elle dépasse toutefois largement la double problématique de l'impact des techniques sur le corps social —déterminisme technique⁵⁴— et du constructivisme social. Dans le même esprit que l'idée de tissu sans couture de Hughes, notre approche à trois volets

⁵⁴ Les débats sur le déterminisme technique est riche : je signale notamment SMITH (Merrit Roe), MARX (Leo) (eds.), *op.cit.*, 1994.

En fait, j'abonde aisément dans la formulation de Ken ALDER : le but de l'historien est de montrer que les choses auraient pu se passer autrement et, de fait, qu'il n'y a pas une loi d'évolution contraignante. Voir précisément les dernières pages de conclusion de ALDER (Ken), *Engineering the Revolution (Arms and Enlightenment in France, 1763-1815)*, Princeton University Press, 1997.

s'efforce de construire une *histoire sociotechnique* dans laquelle social et technique ne tiennent pas l'un sans l'autre⁵⁵.

Le regard de l'historien transparait aussi, dans cette thèse, à travers le souci de rendre compte de l'historicité des entités mobilisées dans l'enquête. Il n'y a pas d'élément dont la définition ou la réalité soit intemporelle ou transhistorique. Une grande prudence nous conduit alors à saisir la spécificité et la relativité historique de chaque élément ; ce qui rend toute tentative de comparaison transhistorique extrêmement délicate. L'historien, comme le sociologue, doit alors ici faire preuve de réflexivité en ce sens qu'il doit être conscient de son propre travail de qualification historiographique et de sa construction de l'historicité. C'est dans cette perspective que nous avons procédé à un travail de périodisation, c'est-à-dire d'un travail de construction d'un découpage de l'histoire en périodes faisant sens du point de vue de notre problématique, comme nous allons le voir.

4. Une périodisation de l'étude de la fabrication

La périodisation comme interprétation

Le choix méthodologique de ce mémoire est d'opérer une *périodisation*, point de vue selon lequel faire de l'histoire n'est pas raconter une histoire, mais étudier un problème. L'intérêt est de faire valoir une question, qui aide à mieux comprendre ce que nous appelons le génie industriel comme science des problèmes industriels saisis à partir de la conception et de la fabrication⁵⁶.

En quoi chaque période est-elle une entrée pertinente sur l'instrumentation de la coordination ou de l'action ? Qu'est-ce qui se dégage de chacune de ces périodes ? Quelle est la caractéristique principale de ce qu'on peut observer du dispositif d'action (le mode de fabrication, l'apparition des ingénieurs, etc.) ? Les réponses se fonderont sur les clés de

⁵⁵ Voir la notion de tissu sans couture (seamless web), notamment dans HUGHES (T.P.), *Networks of Power. Electrification in Western Societies, 1880-1930*, Baltimore : John Hopkins University Press, 1983.

⁵⁶ Voir certains objets d'étude caractéristiques de cette approche couramment utilisée dans les travaux de CRISTO-3S : intégration produit-process, ingénierie concourante, etc.

lecture telles que nous les avons exposées dans cette introduction et notamment sur l'entredéfinition des acteurs, des instruments et des savoirs.

Une période problématisée n'est pas un intervalle temporel entre une date de début et une date d'arrivée. Nous verrons, notamment, que la première et la seconde période se recoupent : la création du CNAM⁵⁷ relèverait de la première alors que, au même moment, Monge écrit son «De l'Art de fabriquer les canons» qui correspondrait plutôt à un nouveau mode de coordination, comme nous le verrons. Outre de tels recouvrements temporels, il y a également porosité des thèmes : si l'on dit que la fabrication est l'aspect central de la seconde période, cela ne veut pas dire qu'elle n'existe pas dans la première. Nous verrons en effet que c'est le contraire, mais que sa présence s'exprime d'une autre manière. Comment peut-on alors définir le terme de « *périodisation* » ?

« [L'historien] doit trouver les articulations pertinentes pour découper l'histoire en périodes, c'est-à-dire substituer à la continuité insaisissable du temps une structure signifiante. L'importance essentielle de la périodisation est qu'elle traite, dans la chronologie même, le problème central de la temporalité moderne. Dès lors que le temps est porteur de nouveautés, de surprises, la question est d'articuler ce qui change et ce qui subsiste. (...) La périodisation permet de penser à la fois la continuité et la rupture. Les périodes se suivent et ne se ressemblent pas ; périodiser, c'est donc identifier des ruptures, prendre parti pour ce qui change, dater le changement pour en donner une première définition. »⁵⁸

Par ailleurs, se pose toujours une autre question lorsqu'on s'efforce de construire l'histoire d'une technique : où faire commencer l'investigation et l'histoire en question ? Selon Yves Deforge, certains graphismes utilisés dans l'Égypte Antique pourraient être reliés à l'étude historique du graphisme technique⁵⁹. En fait, porteur d'une problématique typiquement

⁵⁷ Conservatoire National des Arts et Métiers.

⁵⁸ Voir PROST (Antoine), *Douze leçons sur l'histoire*, Paris : Le Seuil, 1996, 115.

⁵⁹ Yves DEFORGE cite des épures pour la construction du temple de Dendérah (Haute-Egypte) vers 2000 ans avant JC (6^e dynastie) et surtout un papyrus probablement un peu plus récent. Voir

industrielle, nous faisons le choix de nous limiter à la période du même nom. Dans l'optique qui est celle de ce mémoire⁶⁰, la notion d'industrie n'est pas opposée à celle d'artisanat par l'ampleur des moyens de production ou le recours à la fabrication en série mais par une forme de coordination dans laquelle jouent un rôle de standardisation, des instruments, des savoirs et des acteurs : il s'agit bien d'un investissement de forme, pour reprendre la notion de Thévenot. Nous définissons ainsi la période industrielle comme le moment où s'opère une séparation entre les acteurs à l'origine de la conception et ceux chargés de la fabrication : à la différence de l'artisan, l'ouvrier ne définit pas, en première analyse, ce qu'il fabrique. Il s'ensuit que l'industriel est conduit à trouver un moyen pour définir ce qu'il veut justement faire fabriquer et la manière de le faire. Une circulation d'informations et de prescriptions est rendue alors nécessaire. Elle constituera la première interrogation de ce mémoire. Dans quelle mesure le graphisme technique est mobilisé pour transmettre des savoir-faire ? Nous remonterons alors aux prémisses de l'*Encyclopédie*, au début du XVIIIe siècle, à l'aube de l'industrialisation de la France.

La question de la périodisation renvoie aussi à celle du découpage du texte de la thèse en chapitres : découpage chronologique, par période ou thématique mêlant les temporalités. Il

DEFORGE (Yves), *op.cit.*, 1981, 20-22. Pour préciser, je cite DEFORGE qui cite LEROI-GOURHAN auquel il emprunte l'exemple :

« Ce dessin est un géométral (tracé sur papyrus) représentant la face et un côté d'un naos en bois. Seule manque la vue en plan qui a pu être tracée sur une autre feuille aujourd'hui disparue. Le sujet est dessiné à l'encre noire sur un fond de quadrillage en rouge ». Voir DAUMAS (A.) (dir.), *Histoire générale des Techniques*, Paris : PUF, 1962 (tome I : LEROI-GOURHAN (André) (dir.), «Les origines de la civilisation technique», p.177).

⁶⁰ De nombreux ouvrages m'ont aidé à mieux comprendre ce concept de *Révolution industrielle*. Parmi les références qui suivent, je voudrais tout particulièrement mettre en exergue les trois premières :

- DELSALLE (Paul), *La France Industrielle aux XVIe-XVIIe-XVIIIe siècles*, Ophrys, Synthèse Histoire, 1993.
- RIOUX (Jean-Pierre), *La révolution industrielle (1780-1880)*, Le Seuil, Points Histoire, 1989 [1ère Ed. 1989].
- SEGRESTIN (Denis), *Sociologie de l'entreprise*, Paris : Armand Colin, 1992.
- VERLEY (Patrick), «La Révolution industrielle anglaise : une révision (note critique)», *Annales (Économies, Sociétés, Civilisations)*, mai-juin 1991 (3), 735-755.
- VERLEY (Patrick), *La révolution industrielle*, Le Seuil, Points Histoire, 1997.
- WORONOFF (Denis), *Histoire de l'industrie en France (du XVIe siècle à nos jours)*, Le Seuil, 1994.

aurait pu s'agir d'un plan thématique dont chaque partie aurait traité, sur un thème donné, des acteurs, des instruments et des savoirs. L'autre possibilité eut été de construire un fil chronologique, avec comme tentation de chercher à quel moment apparaît la première cote, la première hachure ou à déterminer quand la couleur est-elle abandonnée. Dans un tel récit linéaire —les inventions se succédant les unes aux autres—, une telle construction aurait fait perdre l'examen de l'enchevêtrement, spécifique à chaque période, des éléments du tripode. Nous avons donc construit un découpage par périodes, faisant chacune sens du point de vue de la problématique de la coordination. Ces périodes se succèdent globalement mais non pas d'une manière strictement chronologique (l'une se terminant au moment où début l'autre). Nous les présentons ci-dessous, notre plan de thèse s'appuie sur ce découpage.

La fabrication en filigrane

La première partie de cette thèse s'attardera à quelques origines du graphisme technique, à une époque où il commence à être largement mobilisé et utilisé pour conserver et transmettre des savoirs. Nous verrons qu'il y est alors effectivement question de transmission de savoir-faire de fabrication, en même temps qu'il apparaît que cette transmission graphique est aussi problématique : elle soulève des interrogations qui ne sont pas sans rappeler celles que se posent encore aujourd'hui les ingénieurs et les gestionnaires de la connaissance (comme, par exemple, la part de généricité et de nécessaire contextualisation d'une règle).

Le premier chapitre⁶¹ étudiera la mobilisation du graphisme technique dans la diffusion de l'information, non pas au sein d'un atelier, d'une entreprise mais d'une région à l'autre, au niveau d'une nation, la France, et même au-delà de ses frontières. Pendant la période de la fin du XVIIe siècle à la seconde moitié du XVIIIe siècle, se développe la diffusion des présentations des *arts et métiers* dans des publications présentant un mélange de textes et de dessins. Qu'apprend-on alors sur le graphisme technique et sur son rôle dans la diffusion du savoir ? Pour répondre à cette question, nous nous interrogerons sur les raisons de la diffusion de présentations des activités productives et des savoirs techniques : qui concourt à cette

entreprise ? avec quels types de représentation sont mises en scène les activités productives ? Ce premier chapitre sera en fait consacré aux modes de description des activités de transformation de la matière, regroupées sous les termes d'« *artisanat* » et d'« *industrie* ». Nous montrerons que le graphisme technique joue un rôle dans la description du savoir et des métiers. Nous établirons que les informations véhiculées présentent un caractère technique en tant qu'elles mettent en jeu des acteurs de la production, des savoirs de métier et des instruments. En saisissant les interactions entre ces trois pôles analytiques, l'intérêt de ce chapitre sera de comprendre en quoi le graphisme technique décrit ce que l'on sait faire plutôt que ce qui est effectivement fait. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons surtout à la diffusion des arts et métiers au travers de quelques publications majeures.

Le second chapitre⁶² s'intéressera à certains graphismes techniques qui, se focalisant sur un objet —défini ici comme un assemblage de pièces ou même un ensemble de machines formant une unité—, constituent des discours sur la fabrication. Nous soulignerons ainsi que le graphisme technique est un discours sur la fabrication, parce que le registre de la fabrication est présent dans les représentations graphiques. Il semble alors jouer un rôle dans la transmission des savoir-faire au sein des ateliers, des lieux de formation et dans les conservatoires. Cependant, si les graphismes techniques du XVIII^e siècle contiennent des informations sur la fabrication, la question se posera de savoir s'ils interviennent, et de quelle manière, dans la fabrication proprement dite : permettent-ils à eux seuls de la guider ? Nous découvrirons qu'il est très difficile de répondre à cette question car un même type de graphisme peut renvoyer à d'autres modes de coordination, en particulier la transmission et l'ajustement oral qui tiennent une grande place dans l'activité productive. Quoiqu'il en soit, la fabrication est bien un registre présent dans le graphisme technique, dans les discours, dans les objets et dans les institutions : elle apparaît *a minima* en filigrane de la représentation

⁶¹ Chapitre I.1 : «Décrire ce que l'on sait faire».

⁶² Chapitre I.2 : «Transmettre les savoirs par les objets».

graphique. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons en particulier à la cotation du dessin, au lavis, à la représentation des instruments de fabrication et au conservatoire des arts et métiers.

Avec ces deux premiers chapitres, c'est donc une nouvelle façon de lire l'histoire du graphisme technique qui sera mise en œuvre, porteuse de la question de la fabrication et non pas seulement application ou avatar d'une nouvelle science de la description. Nous défendrons l'idée selon laquelle ce graphisme tente de véhiculer une série d'informations destinées à la fabrication, mais que le graphisme, seul, est manifestement insuffisant pour faire aboutir un tel projet. Les savoirs renvoient aux métiers et à leurs constitutions d'identités collectives et de savoirs partagés. La fabrication n'apparaît qu'en filigrane —ce qui semble constituer une limite majeure des premières formes de graphisme technique—. Il s'agit d'un vaste projet social, posé d'emblée à l'échelle de la nation plus qu'à celui de l'entreprise avec, comme perspective, l'amélioration globale d'une situation par l'élévation de chacun.

De la fabrication à la conception

La seconde partie de la thèse s'attardera sur l'articulation de la conception et de la fabrication. On y découvrira alors que l'on passe progressivement de la problématique de la conservation et de la transmission (dans le temps et dans l'espace) de l'information sur la fabrication vers une réflexion sur la manière de faire savoir ce qui doit être fabriqué. Le graphisme technique change alors de rôle : de vecteur d'informations, il devient vecteur de prescriptions. Ce sera alors une nouvelle histoire du graphisme technique qui s'engage, laquelle constitue une seconde figure de la coordination.

Le troisième chapitre⁶³ cherche alors à caractériser un nouveau type de coordination qui se développe dès la fin du XVIII^e siècle : une coordination qui passe par la prescription de la fabrication, en d'autres termes le cadrage de la fabrication à l'aide d'indications précises. En première analyse, il s'agit d'un ordre : *il faut, on doit...* Nous nous interrogerons alors sur le rôle du graphisme technique dans cette perspective et ainsi sur sa nature. Il apparaîtra qu'il intervient à différentes étapes de la fabrication, lesquelles sont étudiées, détaillées, ordonnées.

Le graphisme technique intervient pour ordonner la fabrication, mais aussi pour la contrôler. Il est un vecteur de prescription, mais il ne se réduit pas à un simple ordre. Il est, au contraire, un ordre motivé, expliqué. Il s'agit bien d'ordonner, mais sans contraindre. Du même coup, nous qualifierons à la fois la nature du graphisme technique et de cette modalité particulière de la coordination passant par une forme de prescription. Dans ce chapitre, nous nous focaliserons en particulier sur les cas de «De l'art de fabriquer des canons» de Monge et de l'atelier de perfectionnement du Conservatoire des Arts et Métiers.

Le quatrième chapitre⁶⁴ établira que la mutation, qui s'opère au cours du XIXe siècle dans l'industrie mécanique, correspond non pas tant à une évolution dans la *représentation graphique* (couleurs, hachures, cotes, etc.) mais surtout à l'émergence d'une nouvelle *standardisation* (i.e. d'une *nouvelle mise en forme et d'une mise en équivalence* de l'activité de fabrication), laquelle donne naissance à un nouveau champ d'activité : la *conception*. C'est en portant notre attention sur la matérialité du graphisme technique que nous sentirons émerger la question des instruments, de la mise en forme des objets et de la fabrication. Nous remarquerons que la coordination entre les acteurs de la fabrication et de la conception passe par la mobilisation d'une multiplicité de supports. La mise en forme passe simultanément par celle des supports, des savoirs et des acteurs. Nous soulignerons également que le graphisme technique ne peut, en aucun cas, être traité comme un en-soi et ni être soustrait de manière générale de la matérialité de son support et des acteurs qui l'utilisent. Se posera alors la question de la nature instrumentale du graphisme technique. Surgira également celle de la conception et de la nature de cette activité émergente. Si la question de la mise en forme des produits et des manières de produire prend sa source dans le développement de la prescription, elle demeure cependant une question non résolue. Les marges de manœuvre restent importantes. La question du sens de l'activité de conception et de sa faiblesse prescriptive se pose alors. Ceci renverra à la question de la nature de l'instrument et à celle de

⁶³ Chapitre II.1 : «Prescrire, ou ordonner sans contraindre».

⁶⁴ Chapitre II.2 : «Créer des instruments, ou matérialiser la conception».

la coordination. Nous verrons que l'instrument graphique permet alors de produire des représentations mais aussi des objets intermédiaires alimentant le jeu des acteurs et une matérialisation du savoir. Ces instruments et les diverses productions graphiques apparaissent être de moins en moins indépendants, mais au contraire, se renvoient les uns vers les autres, forment des chaînes de représentations, dont chaque maillon renvoie aux opérations de traduction permettant de passer des uns aux autres. La coordination se trouve alors dispersée et distribuée le long de chaînes d'objets intermédiaires agissant comme autant de médiateurs entre les acteurs. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons en particulier au cas de la conception des navires et au traçage des coques.

Le cinquième chapitre⁶⁵ reviendra sur la question de la coordination pour montrer qu'émerge la conception en tant que nouvelle manière de coordonner la fabrication. Cette forme de coordination renouvelle l'idée de prescription ; elle suppose que la fabrication soit préparée, anticipée, orientée et contrainte. La coordination par la conception passe, en outre, par un mouvement d'uniformisation des manières de représenter les objets. Le graphisme technique apparaît être alors bien plus que de simples images. Il renvoie, de plus en plus, à des symboles et à un formalisme en cours d'institution. Aussi, pour comprendre l'émergence de la conception, quatre dimensions seront identifiées :

- La prescription comprise comme un ordre sans contrainte ;
- L'instrumentation de l'action opérant des mises et remises en formes successives des représentations et de la matière ;
- La circulation d'informations portant sur des critères de fabrication ;
- La standardisation du langage graphique.

Nous avons vu que le graphisme technique ne peut se soustraire de ses supports ; nous concluons maintenant qu'il tient aussi aux codes contribuant à l'uniformisation du dessin industriel. Nous nous intéresserons particulièrement, dans ce chapitre, à ce qui se joue autour du *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*.

⁶⁵ Chapitre II.3 : «Concevoir, c'est aussi coordonner la fabrication».

D'une intégration à une autre

Dans cette troisième partie, nous verrons que l'attention s'est déplacée de la fabrication vers la conception. La coordination de la fabrication passe de plus en plus par une instrumentation et par une rationalisation de la conception elle-même. La question des instruments de la conception devient alors le cœur des nouvelles interrogations.

Le sixième chapitre⁶⁶ permettra d'émettre l'idée, à partir d'une étude de cas détaillée, que la CAO est au cœur d'un processus d'explicitation de la coordination. D'une certaine manière, il s'agit de prescrire la conception. Plus précisément, la standardisation des pratiques de conception se traduit par une mise en exergue des savoirs de conception au moyen d'instruments qui deviennent les vecteurs de la coordination entre les acteurs de la conception. Dans ce chapitre, nous porterons notre attention sur une situation contemporaine de conception et de développement d'un instrument d'aide à la conception. Nous montrerons que la prescription de l'instrument, en l'occurrence un logiciel de cotation, est, en même temps, une manière de prescrire un savoir de conception, une coordination entre concepteurs et une intégration des enjeux économiques et de fabrication. L'enjeu devient alors celui de l'intégration globale de la conception et de la fabrication, voire de l'entreprise.

Le septième et dernier chapitre⁶⁷ reprendra l'histoire des développements de la CAO depuis la seconde guerre mondiale. Il s'agira ici de s'interroger sur les enjeux que représente l'imposition de ces nouveaux instruments de la conception. Cette CAO est composée de plusieurs instruments qui se font, à la fois, les vecteurs de savoirs tant au niveau des bureaux d'études qu'à celui des ateliers. Nous montrerons que ces CAO, prétendument intégratives, ne le sont peut-être pas autant qu'il y paraît et, en tous les cas, guère plus que les formes graphiques qui les ont précédées. Par contre, à la différence des formes antérieures de graphismes techniques, les CAO permettent de jouer sur les registres du calcul, la visualisation et la fabrication mais aussi —aspect peu détaillé dans la littérature— de la gestion de l'information technique. D'une CAO à l'autre, l'équilibre entre ces quatre

⁶⁶ Chapitre III.1 : «Instrumenter explicitement la coordination».

dimensions est variable. Aujourd'hui, la question de la coordination passant par l'interaction et par la coopération entre les acteurs émerge comme une nouvelle dimension de la conception. L'idée de coopération semble connaître une importante diffusion en tant que nouveau mode de pensée de l'action collective. Elle tend également à renouveler la conception des instruments de CAO⁶⁸ et des formes du graphisme technique (les notions de squelette, d'enveloppe et plus généralement d'objets intermédiaires ouverts et permettant des prises multiples en fonction des acteurs en présence). Cette idée de coopération en conception, intégrant la multiplicité des acteurs porteurs de contraintes, s'oppose apparemment au rationalisme analytique qui a prévalu durant une importante part de l'histoire du graphisme technique au cours de laquelle le souci du détail et de la précision, de l'uniformisation et de l'abstraction prévalait sur celle de l'intégration des contraintes, de l'innovation et de la confrontation des points de vue. L'idée de prescription croisée constitue l'un des éléments résultant de cette longue émergence de nouvelles formes de coordination.

5. Une thèse exploratoire

Le lecteur aura compris à la fois la problématique qui unifie cette thèse, mais aussi l'hétérogénéité des matériaux mobilisés. Nous pourrions bien qualifier l'œuvre de « *Fragments* » tant la thèse est composée de petites découvertes éparses, dont la mise en relation n'est encore que partiellement aboutie.

Elle s'efforce de construire un fil conducteur entre ces fragments qui ne s'y prêtent pas volontiers ; fil conducteur qui tient à notre problématique, à la manière d'interroger l'action instrumentée par le graphisme technique. Mais le mouvement réflexif n'est ni homogène ni continu. Cette difficulté majeure traversant le mémoire demeure : le fait que quasiment aucune entité à laquelle nous nous référons ne conserve un sens constant. Dessin, industrie,

⁶⁷ Chapitre III.2 : «Mettre en forme l'information technique».

⁶⁸ Voir la mouvance du CSCW (Computer Supported Cooperative Work). Pour une présentation détaillée, lire CARDON (Dominique), «Les sciences sociales et les machines à coopérer. Une approche bibliographique du Computer Supported Cooperative Work (CSCW)», *Réseaux*, CNET, 1997 (85), 11-52.

ingénieur, conception, coordination, etc., rien de tout cela ne reste identique à lui-même à travers le temps. Il s'ensuit que nos efforts consistant à rapprocher des moments d'histoire éloignés, pour les interroger de manière croisée, sont particulièrement fragiles. Mais nous faisons le pari que ces efforts sont payants dans la mesure où ils ouvrent de nouvelles pistes de recherche et de réflexion.

Les pistes ainsi ouvertes suggèrent l'engagement de programmes de recherche systématique permettant de mettre à l'épreuve les hypothèses esquissées, de les étayer par des matériaux de première main et d'affiner la problématique de départ. Il y a fort à parier que le lecteur soit, par moment, perdu, comme nous l'avons nous-même été tant l'enchevêtrement des événements, des dimensions et des questionnements est difficile à défaire. Les historiens, très conscients de ce type de problème, ont souvent la sagesse de limiter leurs ambitions à des périodes réduites et bien délimitées. Nous ne l'avons pas eu parce que nous avons l'ambition, à la manière de s, de rapprocher des situations *a priori* incomparables⁶⁹.

C'est que, amateur de montagne comme lui, j'aurai pratiqué la randonnée intellectuelle, explorant des contrées variées et *a priori* inconnues. Comme en anthropologie, il s'est agi de rapporter les trouvailles et de les présenter dans un document cohérent, destiné à un lecteur qui n'a pas emprunté les mêmes sentiers. Finalement, l'ambition portée par ce mémoire est d'avoir ouvert de nouvelles voies, lesquelles sont (nous pouvons l'affirmer au regard de la littérature sur le sujet) autant de trouble-fêtes⁷⁰ dans la manière d'aborder le graphisme technique. L'espoir est d'avoir ainsi construit une nouvelle problématique sur le graphisme technique.

* *

*

⁶⁹ SERRES (Michel), «Préface qui invite le lecteur à ne pas négliger de la lire...», in SERRES (Michel) (dir.), *Eléments d'histoire des sciences*, Bordas, 1989, 1-15.

⁷⁰ Voir THILL (Georges), *La fête scientifique*, Paris : Aubier Montaigne, Cerf, Delachaux & Niesclé, Desclée De Brouwer, 1973.

