

Chapitre II.2 -

Créer des instruments, ou matérialiser la conception

Contenu du chapitre II.2

Où il sera question de coques de navire, de supports graphiques particuliers comme les calques et les planchers en bois.

Où nous nous demanderons en quoi la multiplicité des supports permet la coordination entre les acteurs.

Où nous verrons finalement que concevoir consiste en particulier à créer des instruments de (re)mise en forme.

Plan du chapitre II.2

Quelques formes matérielles

Instruments et conception

Qu'est-ce qu'un instrument ?

Annexes correspondantes

II.2-1 : Représentations de la coque (croquis d'un ancien concepteur des chantiers navals de Nantes).

II.2-2 : Photos numérisées de calques, etc. provenant de Nantes.

Les enjeux de l'instrument

Le propos du précédent chapitre a été d'établir une nouvelle forme d'échanges, la *prescription comme ordre sans contrainte*. Justement : comment se réalise-t-elle et se pérennise-t-elle ? L'objet du présent chapitre est précisément de montrer que ce que nous commençons à appeler *conception* consiste en large partie à la création d'*instruments pour l'action*. Le précédent chapitre (II.1) a tendance à présenter un graphisme technique dématérialisé : il s'agit ici de l'appréhender dans sa matérialité même.

Effectivement, les graphismes existent sous différents modes matériels qui se distinguent les uns des autres par des échelles, des matières, des informations présentes, des durées de vie variables, etc. Aucun mode ne peut suffire pour résumer totalement l'objet à fabriquer, mais plusieurs concourent, selon les situations, à en préciser les aspects nécessaires à sa fabrication, sa maintenance, sa classification (dans le cas des navires, cas que nous étudierons plus avant), etc. Les différents acteurs dont il sera question ne projettent pas sur le papier l'image de l'objet telle qu'ils l'auraient en tête. Au contraire, ils la transposent sur divers supports hétérogènes pour la définir petit à petit, la préciser, tout en lui donnant forme. En somme, leur travail de conception semble aussi passer par leur corps qui travaille la matière.

Ce n'est qu'en ayant précisé, en fait, ce que nous appelons *instrument* que nous serons en mesure, dans le chapitre suivant (II.3), de discuter de la notion de *coordination*. En première analyse, un *objet* devient *instrument* lorsqu'il est pris en charge par l'acteur pour fabriquer, pour se définir lui-même et développer des savoirs afférents. Dans cette perspective, nous conservons la posture qui guide ce mémoire : le graphisme technique est au cœur d'une *entre-définition* des acteurs, des instruments et des savoirs. Ce qui est nouveau, nous l'aborderons, est qu'il s'agit d'une nouvelle mise en forme de la *fabrication* : nous verrons que l'instrument graphique permet de reproduire des représentations mais aussi des objets intermédiaires alimentant le jeu des acteurs et une matérialisation du savoir.

Etat de l'art sur les supports du graphisme¹

Arrêtons-nous un instant sur les quelques analyses qui traitent de la matérialité des supports et des instruments du graphisme technique.

Les travaux du CRCDG² sont des sources très intéressantes sur les différents supports, qui sont seulement appréhendés du point de vue de leur composition. A partir de ces études, il serait possible de suivre des pistes concernant la production des supports. En fait, l'une des rares études sur la production du papier est celle de Louis André³ : le calque n'y est cité qu'une ou deux fois⁴.

Maya Hambly⁵, consacre un ouvrage complet sur aux instruments du dessin (compas, porte-mines, encres, etc.), mais n'évoque pas les supports. Son ambition est d'abord de recenser les objets que l'on rencontre, au fil du temps, autour des concepteurs, objets qui apparaissent figés.

¹ Justement du fait des difficultés d'accès à certaines sources, de l'absence encore actuelle de recensements de fonds et de références bibliographiques fournies, je tiens à exprimer ma gratitude à un certain nombre de personnes sans qui, à des degrés fort divers au demeurant, ce chapitre n'aurait pu être écrit : Louis ANDRE (CNAM), Françoise FLIEDER et Bertrand LAVEDRINE (CRCDG), Bertrand DE MONTGOLFIER (Papiers Canson-Montgolfier), Denis PEAUCELLE (Musée du Papier, Angoulême), Michèle BADIA (Eco-Musée du Creusot), Fernand BOULOGNE (Académie François Bourdon, Le Creusot), Bernard OLIVIER (Schneider Electric, Grenoble), Michel COURBIER (Creusot Loire Industrie, Le Creusot), Jean PUIROUX (Association d'Histoire de la Construction Navale à Nantes), Julien GAUTHO.

² Centre de Recherche sur la Conservation des Documents Graphiques, Paris : Muséum d'histoire naturelle, <http://www.mnhm.fr>. Voir FLIEDER (Françoise), LECLERC (Françoise), LAROQUE (Claude), RICHARDIN (Pascale), GUINEAU (Bernard), «Analyse et restauration des papiers transparents anciens», *Les Documents Graphiques et Photographiques, Analyse et conservation (Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation des Documents Graphiques 1986-1987)*, Direction des Archives de France, Paris : Archives Nationales - La Documentation Française, 1988, 93-137.

³ ANDRÉ (Louis), *Machine à papier (Innovation et transformations de l'industrie papetière en France 1798-1860)*, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1996.

⁴ Louis ANDRE m'a confirmé explicitement qu'il y a bien un très vif déficit historiographique sur les supports du graphisme technique, et principalement les calques. Selon lui, cette histoire reste encore à faire.

⁵ HAMBLY (Maya), *Drawing Instruments 1580-1980*, London : Sotheby's Publications, 1988.

En fait, l'étude la plus aboutie est celle menée par Peter Booker⁶, notamment à propos de la maîtrise de l'encre et du trait⁷, de la couleur⁸. Il associe, comme nous le ferons dans le prochain chapitre (II.3), l'évolution des pratiques à celle des modes de représentation.

Il se dégage de notre enquête bibliographique que les références concernant l'étude des supports matériels de l'action sont très rares. En outre, comme nous l'avons vu dans l'introduction générale, les études problématisées concernant le graphisme technique traitent essentiellement de la division du travail, à l'instar d'Yves Deforge⁹ et de Jean-Pierre Poitou¹⁰. Les autres correspondent plus à une description réflexive des acteurs eux-mêmes : anciens dessinateurs, enseignants. Notre propos, au contraire, est d'ici de dépasser la description statique des acteurs pour les saisir en-train-de-se-constituer.

Ce chapitre n'utilisera pas comme pré-requis théorique la notion de division du travail entre, par exemple, le dessinateur et le calqueur. Il s'agira, en fait, de montrer qu'il s'agit d'une traduction, d'une résultante des interactions entre des acteurs, des instruments et des savoirs. Les lieux que nous visiterons seront des écoles, des bureaux d'études et des ateliers.

Variété de matières, variété de pratiques, variété de coordination

Pour saisir l'importance de la matérialité, nous prendrons deux cas de coordination liés à une entité organisationnelle qui émerge puis se développe à partir du XIXe siècle : le bureau d'études parfois appelé « *bureau de construction* ».

Le premier cas porte principalement sur le calque que nous examinerons en tant que révélateur des enjeux de l'instrument.

⁶ BOOKER (Peter J.), *A History of industrial drawing*, London : Chatto & Windus, 1963.

⁷ « *Since illustrations were reproduced by the use of woodcuts, and later engravings, variations in line thicknesses was not very reliable and open to misinterpretation through under- or over-thinking. Broken lines were ideally suited to this medium and were easily accomplished on woodcuts as a line, standing proud, could be given a succession of tricks* », BOOKER (Peter J.), *op.cit.*, 175.

⁸ BOOKER (Peter J.), *op.cit.*, 179 et suiv.

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

¹⁰ POITOU (Jean-Pierre), « *Dessin technique et division du travail* », *Culture technique, Les ingénieurs*, 1984 (12), 196-207.

Le second cas concerne un lieu de conception bien particulier : la « *salle à tracer* » des chantiers navals. Il s'agira ici de montrer qu'en fait il n'y a pas de redondance dans l'utilisation des instruments : éléments graphiques, chiffres, maquettes en grandeur nature. Au contraire, chacun, par sa spécificité, apporte des éléments différents, probablement complémentaires qui permettent de définir et de fabriquer les coques de navire. Une expression parfois utilisée dans les anciens chantiers navals,

« *il faut un bateau en bois pour faire un bateau en fer* »¹¹

souligne bien l'importance de la matérialité des choses dans le processus de conception.

1. Quelques formes matérielles

Situons-nous chez Schneider au Creusot. Nous nous appuyerons sur des archives conservées à l'Académie François Bourdon¹² ainsi que sur des échanges avec des anciens concepteurs¹³. Cette fondation renferme notamment une salle des plans qui conserve environ cent mille plans de l'entreprise Schneider. Ces documents sont conservés dans le mobilier qui était utilisé au cours du XXe siècle : des armoires composées de tiroirs (cinq cents en tout) dans lesquels se trouvent des plans pliés (environ deux cents par tiroir). Pour consulter ces plans, le visiteur les déplie sur des grandes tables, celles-là même que les concepteurs utilisaient—. Il y a des calques, des papiers, des « *papiers toilés* » : ce sont les supports que nous évoquerons dans cette première partie.

Des supports et des acteurs

Le papier a tendance, au fil du temps, à se déformer. C'est pourquoi les concepteurs doivent parfois le coller au verso d'une toile pour le stabiliser : il s'agit de « *papier toilé* ». L'apparition de ce dernier est antérieure à l'époque où notre interlocuteur principal (Fernand Boulogne) a travaillé chez Schneider, après 1939. Au sein du fonds de l'Académie François

¹¹ D'après DE BONNAULT-CORNU (Phanette), «Du charpentier-bois à l'ordinateur : le traçage des navires», *Technologies Idéologies Pratiques*, 1981 (vol.3 (2/4)), 32-63.

¹² L'Académie François Bourdon (AFB) est une Fondation Arts et Métiers. En voici l'adresse : Académie François Bourdon , Château de la Verrerie, Cour du Manège, BP 31, FR-71201 LE CREUSOT Cedex.

Bourdon, le plus ancien papier toilé repéré par mes soins date de 1859 (mais il se peut qu'il y en ait antérieurement). Quoi qu'il en soit, l'investigation menée permet de signaler que ce type de graphisme est assez répandu au XIXe siècle (et notamment durant la période 1860-1890) parmi les documents qui nous sont parvenus.

Le dessinateur utilise souvent un autre type de papier, plus stable : le calque. Ce dernier a également la particularité d'être translucide, donc de laisser voir au travers. Cette propriété ouvre sur une diversité d'usage possible. Au contact d'une feuille sur laquelle apparaît un tracé, un calque peut être utilisé pour recopier les traits. On pourra également obtenir des copies sur papier photosensible d'un graphisme, réalisé sur papier calque, soumis à un éclairage particulier. Cette technique de duplication fait appel à la photo-chimie, il s'agit en quelque sorte d'une photographie par contact : la lumière traverse le calque et impressionne le papier photosensible. Ces moyens de reproduction apparaissent en même temps que la photographie, autour des années 1830 et 1840, comme le signalent les brevets d'invention publiés dans le *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*¹⁴.

L'une des premières traces de l'existence du papier calque se trouve dans les livres de compte des papeteries Canson qui évoquent, en 1809, la production d'un « *calque* »¹⁵. Néanmoins, les papiers huilés —papiers enduits d'huile les rendant translucides— existent depuis le Moyen Age au moins¹⁶.

¹³ Je voudrais ici remercier très chaleureusement Fernand BOULOGNE, ancien concepteur de Schneider et membre de l'Académie François Bourdon.

¹⁴ *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, conservé à l'AFB. Voir le chapitre suivant II.3 pour un plus ample développement à propos de ce *Bulletin*. J'y ai découvert un brevet de 1852 sur la « *reproduction sans retouche, des dessins par la photographie* ». Yves DEFORGE, de son côté, évoque le ferro-prussiate mais aussi les techniques de reproduction par voie humide (vélographie): voir DEFORGE Yves, *op.cit.* 107.

Pour aller plus loin : L'étude, non pas tant de la photographie, que des modes de reproductions —telle la photogravure— est encore à faire. Je tiens à signaler l'existence (et remercier leur conservateur) du Musée de la Photographie à Chalon-sur-Saône et le Centre Albert Kahn à Boulogne-Billancourt.

¹⁵ D'après un livre de compte étudié par REYNAUD (Marie-Hélène), *Les moulins à papier d'Annonay à l'ère industrielle : les Montgolfier et Vidalon*, Annonay, 1981 [cité par ANDRÉ (Louis), «Canson et Montgolfier, l'excellence du papier», *Entreprise et Histoire*, juin 1996 (12), 49-60].

¹⁶ On se reportera notamment à FLIEDER (Françoise), et al., *op.cit.*

Ce terme de « *calque* » recoupe une réalité multiple : il est le point de départ de plusieurs supports. Nous reviendrons sur les « *contre-calques* » mais citons-en quelques autres. Encore existant à l'arrivée de notre interlocuteur en 1939, les « *tirage-pâte* », remplacés ultérieurement par le papier « *héliographique* »¹⁷, sont obtenus à partir d'un tirage « *bleu* » que l'on pose sur une table recouverte de gélatine qui est attaquée à l'endroit des traits avant que la table soit encrée et reçoive une feuille de papier sur laquelle sera finalement imprimé le motif à représenter. Outre les « *bleus* », il y a également les « *bruns* »¹⁸, les « *rouges* »¹⁹. Ces dénominations proviennent de la teinte qu'arborent ces graphismes techniques, teinte liée aux produits assurant la réaction photochimique. Ces supports sont utilisés par des « *calqueurs* » qui recopient les graphismes des « *dessinateurs* », pour reprendre les dénominations de notre interlocuteur.

Qui travaille sur le calque ? Comment ? Répondons en deux temps.

En première analyse, si l'on se fonde sur l'interview de notre interlocuteur à propos de sa pratique dans le bureau d'études de Schneider, au Creusot, le travail de production même du calque est effectué exclusivement par la calqueuse (souvent une femme, ou alors un apprenti dessinateur) qui ne fait que recopier à l'encre le travail du dessinateur qui établit le plan au crayon, sur du papier. Dans ce cas, il s'agit d'un travail sans initiative aucune de la part de l'exécutant : « *il (elle) reproduit aussi un cheveu* [s'il se trouve malencontreusement là] ». Les calqueurs travaillent sur des grandes tables, telles que celles encore conservées à l'Académie François Bourdon. Parfois, ils les transforment en plan incliné en glissant des tiroirs au-dessous. Lorsque la taille trop importante du graphisme empêche de déplier complètement la feuille, cette dernière est présentée en rouleau. Des codes existent entre le dessinateur et le calqueur : souvent, un trait fin sur le papier signifie qu'il faut utiliser sur le calque un tire-ligne²⁰ de couleur rouge ; un trait plus épais appelle l'utilisation d'un crayon.

¹⁷J'en ai découvert un datant de 1947.

¹⁸ On en trouve dans la salle des plans de l'AFB, Le Creusot [archives non référencées].

¹⁹ J'ai découvert un graphisme « *rouge* » daté de 1896 [archives non référencées].

²⁰ Pour une description exhaustive des instructions, voir HAMBLY (Maya), *op.cit.*

En seconde analyse, à partir des récits délivrés par notre interlocuteur et l'observation conjointe de nombreux graphismes, il apparaît que la présentation précédente masque un peu certaines pratiques. Elles semblent pourtant se révéler de manière plus complète en y associant les supports du travail de cet ancien concepteur (ou de ses collègues ou prédécesseurs). Ces supports apportent une épaisseur au discours, en permettant à l'ancien concepteur de se remémorer les échanges sous-jacents à ses pratiques et qui étaient gommés lors du premier exposé. Il est aussi possible de les dater approximativement selon, dit-il, que ces supports sont plus ou moins huilés, gras. C'est de cette manière que nous souhaitons préciser la description en associant acteur, instrument et savoir.

La séparation entre la conception sur papier et la reproduction sur calque n'est, en fait, pas si tranchée. En effet, un calqueur peut être associé à un dessinateur, surtout lorsque la taille du plan requiert de travailler jusqu'à un mois à temps plein. Dès lors, le graphisme est produit conjointement et non pas séquentiellement. Le calque n'est pas, de fait, le produit du seul travail du calqueur, mais aussi du dessinateur. En quelque sorte, la fonction de *concepteur* est remplie à la fois par le calqueur et le dessinateur selon des modes de répartition des tâches qui varient selon le projet de conception (les turbines hydrauliques, dans ce cas) en cours sur lequel ils travaillent.

S'il est moins sensible à la déformation que le papier, le calque est plus fragile : il peut casser, se craqueler, se fissurer. C'est pourquoi le contre-calque, copie d'un calque sur un support calque, peut servir d'exemplaire de sauvegarde mais son usage n'est pas forcément restreint à cela. Il peut aussi devenir le support d'un graphisme modifié. En effet, le contre-calque, parfois appelé « *OZA-calque* »²¹, est un instrument de travail privilégié utilisé au sein du bureau d'études.

Le calque et ses dérivés présentent en effet cet intérêt d'offrir des possibilités de modification : il s'agit de mettre à jour, de dupliquer et de répartir le travail. Supposons que

²¹ Encore pratiqué en 1947 : exemple d'un graphisme représentant une locomotive, relevé à l'AFB par mes soins.

L'on souhaite modifier uniquement la valeur d'une cote d'un plan. La manipulation effectuée est alors de gratter l'encre à l'aide d'une lame de rasoir et d'effacer ainsi la valeur de la cote en question pour la modifier, en prenant soin de l'encadrer pour indiquer qu'elle n'est plus représentée à l'échelle du plan. Si le concepteur souhaite conserver l'état initial, ou si le calque de départ est trop abîmé, il est possible de créer un « *contre-calque* » pour obtenir une matrice à partir de laquelle il est possible de « *tirer* » des plans sur papier, à partir des procédés photochimiques déjà mentionnés.

Former en même temps la matière, l'acteur et le savoir

Au sein des écoles Schneider, au milieu du XXe siècle, la première chose enseignée²² au futur dessinateur est l'écriture. Aux dires de notre interlocuteur,

« *quand j'ai commencé, [j'ai fait pendant] quinze jours de[s] pages d'écriture (...)* [en] *lettres-bâton* [sorte d'écriture en caractères d'imprimerie utilisée sur les graphismes techniques] ».

Ce témoignage est fréquemment corroboré par celui d'autres concepteurs, encore en activité aujourd'hui pour certains²³.

Chez Schneider, l'apprentissage du calque est ensuite la première étape de l'immersion du jeune dessinateur dans le bureau d'études.

En premier lieu, il s'agit d'apprendre les tours de main de conception en les recopiant. En effet, la qualité dans la maîtrise du support et des multiples instruments établit parfois une hiérarchie entre les membres d'un bureau d'études : savoir manier avec dextérité la lame de rasoir et la gomme permet de faire partie de l'« *aristocratie du bureau d'études* », précise un

²² Se référer entre autres aux ouvrages suivants, pour ce qui concerne plus généralement l'enseignement :

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

²³ Jusqu'à ma propre expérience, non pas d'apprenti-dessinateur, mais de futur ingénieur : au début des années 1990, le tout début du cours de Dessin Industriel consistait à écrire ainsi.

ancien chef de bureau d'études d'une autre entreprise²⁴. Suivant la qualité du calque, un dessinateur habile peut en effet modifier jusqu'à sept fois un élément, comme un palimpseste.

En second lieu, c'est l'occasion de travailler en tandem avec des dessinateurs plus expérimentés. En d'autres termes, il s'agit, par la formation, d'intégrer des acteurs —les futurs dessinateurs— dans un contexte professionnel.

En fait, l'apprentissage du graphisme technique s'adresse à tous les acteurs industriels, comme le montre l'exemple des écoles Schneider, centre de formation creusotin interne à l'entreprise. La vocation de cet établissement est double : pour Schneider, il s'agit de fixer la main d'œuvre en ne délivrant pas de diplôme reconnu ailleurs mais aussi d'appuyer la formation sur des exemples directement tirés des activités propres à l'entreprise, comme le montre un grand nombre de dessins d'élèves de la fin du XIXe, consultables à l'Ecomusée du Creusot. Selon notre interlocuteur, le parcours typique d'un jeune habitant du Creusot souhaitant travailler chez Schneider se déroule comme suit. Tout d'abord, il peut devenir forgeron ou mouleur à la sortie de l'« *école professionnelle* ». Il peut aussi continuer dans l'« *école spéciale* », dont les promotions se répartissent grosso modo ainsi²⁵. La moitié des élèves devient, au bout d'un an, chaudronniers : cela correspond à l'acquisition d'un « *savoir faire* [destiné au] *développement d'une pièce* » (i.e. dessiner le détail d'une pièce à partir d'un plan d'ensemble). Un peu moins de l'autre moitié devient, la seconde année, « *ajusteur* » (i.e. celui qui règle les machines, en fonction des exigences de tolérances). Une forte minorité, peut-être un élève sur dix, devient, à l'issue de la troisième année, « *modeleurs* » : ils savent,

²⁴ D'après l'interview en 1997 d'un ancien chef de bureau d'études, Bernard OLIVIER, qui n'était pas employé de Schneider mais de Merlin Gerin à Grenoble (aujourd'hui Schneider Electric).

²⁵ Voici les chiffres exacts donnés par Fernand BOULOGNE, correspondant à son propre souvenir. L'exactitude à l'unité près n'a pas d'intérêt : ces chiffres ne servent qu'à participer à la démonstration de l'importance de la maîtrise du dessin comme élément clé dans la formation *in situ* des futurs employés d'une grande entreprise de construction mécanique avant la seconde guerre mondiale. Total : 314 élèves. « En 3^e, 160 élèves deviennent chaudronniers (il fallait déjà être fort en dessin, pour les développements de pièces). En 2^e, 120 élèves deviennent ajusteurs. En 1^{ère}, 25 élèves deviennent modeleurs (fabriquent le modèle pour les mouleurs). En 1^{ère} supérieure, 9 élèves deviennent dessinateurs, comptables, agents techniques, agents labo, etc. » [d'après un interview de Fernand BOULOGNE, AFB, 1998].

notamment, concevoir un modèle de moule dont a besoin le « *mouleur* ». Quelques élèves sur plusieurs centaines, au bout de quatre ans, deviennent dessinateurs, comptables, agents techniques ou encore agents de laboratoire.

En somme, le graphisme technique participe, dans ce cas, à la formation de tous les acteurs impliqués dans la fabrication, quel que soit leur niveau. Les savoirs développés, mobilisés, transmis consistent au maniement des supports (papier, calques, etc.), des nombreux instruments (lames de rasoir, tire-ligne, encre, gomme, etc.), et des mises en forme particulières de l'information destinée à la fabrication (écriture standardisée, cartouche à remplir, etc.).

Le graphisme technique n'est donc pas déconnecté des activités développées dans les ateliers —comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant—. Tout au long de ce chapitre, les instruments —ce qui nous occupe— semblent être un point de rencontre entre la matière et les acteurs de sa transformation : ce sont, quoi qu'il en soit, des révélateurs privilégiés des pratiques, comme nous allons le voir.

« Le BE et l'atelier très près l'un de l'autre » : *le graphisme comme instrument des méthodes*

Au Creusot, « *le BE [bureau d'études] et l'atelier [sont situés] très près l'un de l'autre* » : les allers-retours sont fréquents. Mais quel type d'information circule ? A quelles fins et pour qui les graphismes sont-ils produits ?

Prenons le cas des turbines hydrauliques que fabrique Schneider dès avant la Seconde guerre mondiale²⁶. « *On fai[t] un projet, en concurrence avec plusieurs constructeurs* », i.e. les concepteurs s'appuient sur des indications fournies par « *[l]e client [qui] nous consult[e]* ». Les caractéristiques sont alors précisées à partir d'indications de débits, de hauteurs de chute²⁷

²⁶ Les récits de Fernand BOULOGNE couvrent effectivement l'avant comme l'après seconde guerre mondiale : arrivé en 1939, il a donc côtoyé des personnes dont la carrière remontait à plusieurs dizaines d'années. Pour autant, l'essentiel des informations concernent sa propre expérience.

²⁷ « *La hauteur de chute* » décrit en fait une énergie disponible, *comme si c'était une chute d'eau* (il y a en fait une correspondance entre l'énergie potentielle et la hauteur). Pour les chutes « *hautes* » (400 à

et du nombre de turbines. Le bureau d'études a recours aux modèles réduits à partir desquels sont extrapolées les dimensions de la future turbine avec des formules dites de similitude. Les concepteurs recréent donc rarement de nouveaux modèles mais s'appuient sur les projets précédents —c'est de la reconception—.

L'étude d'une machine hydraulique prend jusqu'à quatre ans de travail pour une équipe de cinquante personnes qui mènent plusieurs projets de front. Au sein du bureau d'études, il y a deux catégories principales d'acteurs : les ingénieurs —chargés des calculs et de la direction des projets, ils ne dessinent pas—, et les dessinateurs qui travaillent en coordination avec des calqueurs (ou calqueuses).

En cas de problèmes sur un site d'installation des turbines, lorsque le service d'essais sur place n'arrive pas à en trouver la cause, il arrive que des membres du bureau d'études se rendent sur place, où tous les « plans » sont à leur disposition²⁸. Dans la plupart des cas, les graphismes sont donc suffisamment clairs pour permettre au service d'essais sur place d'assurer le montage et la maintenance. Ces graphismes apparaissent comme des instruments de travail qui stabilisent les savoirs, en ce sens qu'ils servent à des actions différées : actions à la fois futures (pannes à venir) et passées (revenir à l'état initial, lors de la conception).

Prenons un autre exemple de coordination entre le bureau d'études et l'atelier : la fabrication des locomotives dans les ateliers du Creusot²⁹. Dans ce cas, où se trouvent les graphismes ? Le « *plan d'ensemble* », dit encore « *plan historique* », peut se trouver dans l'atelier, plus précisément dans le bureau du contremaître ou du chef d'équipe. Ces derniers peuvent être amenés à réaliser un plan de détail pour préciser une partie de l'objet à fabriquer³⁰.

2000m), il s'agira de turbines dites Pelton. Pour les chutes « moyennes » (30 à 150m), il s'agira de turbines dites Francis. Pour les chutes « basses » (1,5 à 50m), il s'agira de turbines dites Kaplan.

²⁸ Fernand BOULOGNE a connu un cas, sur le Rhin, en plusieurs dizaines d'années de carrière dans le bureau d'études des turbines Schneider.

²⁹ L'exemple cité concerne l'atelier de fabrication de locomotives, non des turbines. Rien ne permet de généraliser *a priori* cette pratique aux turbines.

³⁰ Note complémentaire. Dans l'état actuel de mon investigation de diverses sources dont je dispose, je ne peux pleinement confirmer ou infirmer ce que je considère encore aujourd'hui comme une hypothèse

Le contenu d'un graphisme (les « *plans* ») dépend par ailleurs de l'outillage utilisé dans l'atelier. En effet, le graphisme contribue à déterminer les opérations à effectuer, et notamment la précision à leur apporter —à l'aide du tolérancement—. Deux cas de figure peuvent apparaître : soit l'ensemble des indications portées sur le plan est suffisamment explicite et se suffit à lui-même, soit il est laissé à la discrétion de l'atelier de traduire en actes de fabrication certains aspects indiqués sur le graphisme. Le premier cas correspond à la manière, fréquente, qu'ont les concepteurs pour décrire encore aujourd'hui leur travail : « *on ne mesurait pas sur le plan, tout était coté* », « *tout est sur le plan* ». Est-ce vraiment systématique ?

A ce stade du chapitre, nous avons pointé, au travers de ces descriptions, quelques éléments propres à l'instrument. Une idée centrale développée dans toute la partie II —et que nous discuterons plus extensivement dans le chapitre suivant (II.3)— est que le graphisme technique aux XIX^e et XX^e siècles est un instrument précisant directement la fabrication. Dans le paragraphe suivant justement, nous débattons, à partir du cas des chantiers navals de Nantes, de ces questions : que pouvons-nous dire des moyens de fabrication ? dans quelle mesure pourrions-nous arguer que le service chargé de la préparation du travail à effectuer dans l'atelier est, en fait, partagé à la fois entre le bureau d'études et l'atelier de fabrication lui-même ? Pour annoncer les questionnements du prochain chapitre, pourrions-nous dire que le graphisme perdrait par ailleurs en précision au fur et à mesure de la standardisation de l'outillage de plus en plus acheté à l'extérieur et non plus fabriqué sur place ?

de travail. Est-ce que les détails sont des éléments qui apparaissent progressivement au cours du XIX^e ? Il n'est pas facile de le savoir. Dans le fonds conservé à l'AFB, les séries de « *plans toilés* » (dont un grand nombre date de la seconde moitié du XIX^e) ne sembleraient pas comporter beaucoup de détails. Ce serait, en somme, surtout des « *plans d'ensemble* ». Pour aller plus loin, comme je l'ai exposé dans le chapitre I.2 qui concerne plutôt la fin du XVIII^e siècle, il faudrait réfléchir sur ce qui a été conservé, comment et pourquoi. Il n'est pas impossible que des graphismes de type brouillons aient été utilisés pour préciser des détails, aient circulé et disparurent ensuite.

2. Instruments et conception

Dans ce que l'on appelle la Prairie au Duc, à Nantes³¹, où les premiers navires furent construits en 1882, d'anciens employés ont fondé l'Association pour l'Histoire de la Construction Navale à Nantes (AHCCN), issue du Comité d'Etablissement de l'entreprise Dubigeon. Leur motivation était de conserver la mémoire de l'entreprise avant la fermeture des Chantiers Dubigeon-Normandie en 1986.

Nantes a connu plusieurs chantiers navals différents depuis le XVIIIe siècle. Ils ont fusionné, fusionné encore, se sont de nouveau séparés. Le propos n'est pas ici de distinguer notamment les Chantiers de Bretagne des Chantiers Dubigeon mais de se focaliser sur quelques points originaux communs à ces industries et, plus spécifiquement, sur la construction navale civile³². La construction militaire fait en effet intervenir d'autres acteurs, d'autres réglementations : dans ce cas, le bureau d'études joue un rôle différent —moins concepteur— car il reçoit généralement les plans des arsenaux.

Depuis 1915 environ, la partie dite « *coque* » —qui nous intéresse— des Ateliers et Chantiers de Bretagne occupe un quadrilatère à flanc de Loire, sur plusieurs hectares, dans lesquelles se juxtaposent une « *salle à tracer* », les ateliers de mécanique et de chaudronnerie et trois cales sèches. L'observation de la salle à tracer sera notre fil directeur pour saisir quelques nouveaux aspects de l'instrumentation de la conception.

³¹ Je remercie l'architecte Julien GAUTHO pour m'avoir indiqué cette piste, et tout spécialement Jean PUIROUX de l'AHCNN (Association pour l'Histoire de la Construction Navale à Nantes) pour sa disponibilité et son amabilité. Mon attention s'est portée principalement sur les archives de l'Association d'Histoire de la Construction Navale à Nantes (AHCNN) qui, nous le verrons, permet d'appréhender l'histoire de la conception sous un angle original.

Voir DENOIT (Nicole), GAUTHO (Julien), «Archives et mémoire d'entreprise : une affaire collective», *Séminaire Objets et pratiques de communications organisationnelles*, Roubaix, 5-6 décembre 1997. [A paraître en 2000 aux Presses Universitaires de Rennes].

³² Je renvoie, pour plus amples informations, à KEROUANTON (Jean-Louis), SICARD (Daniel) et al., *La construction navale en Basse-Loire (Loire-Atlantique)*, Inventaire général des monuments et des richesses artistiques de la France, Images du Patrimoine, 1992. En outre, la réflexion sur les salles à tracer qui va suivre a été enrichie par deux articles :

- DE BONNAULT-CORNU (Phanette), «Lire entre les traits : des plans pour quoi faire?», *Technologies Idéologies Pratiques*, 1980 (vol.2 (3/4)), 81-103.

Cas des chantiers navals : conception des coques de navire

Jusqu'au tournant des années 1960, des dessinateurs appelés « *traceurs* » travaillent dans un grand hangar, dit « *salle à tracer* », pouvant mesurer plusieurs centaines de mètres de longueur. Dans ce lieu, à même le parquet, ils tracent des courbes représentant la coque des navires en taille réelle, « *à l'échelle 1* ». Leur but est de fournir à l'atelier voisin, à l'instar des charpentiers, des pièces de bois, ou voliges, qui serviront en quelque sorte de gabarits pour fabriquer, en métal, les différents éléments du futur bateau.

L'étude des chantiers navals, et plus particulièrement de la conception des coques de navires, est un moyen privilégié pour étudier les médiations entre les objets et des acteurs. Comment et à quelle fins se constituent des groupes sociaux dans l'univers technique ? Quel rôle joue la circulation des objets ?

La construction navale a des points communs avec l'architecture et la construction manufacturière comme l'automobile ou l'électronique. Elle emprunte, à la première, des méthodes pour assembler des objets de taille comparable ; à la seconde, bon nombre de techniques de fabrication (matériau, assemblage). Si, en effet, un bateau est peu ou prou un exemplaire toujours unique, il nécessite depuis le XIXe siècle la rencontre de plusieurs métiers : des architectes pour monter la structure, mais aussi des mécaniciens pour fournir au bateau une autonomie de mouvement indépendante de la force des éléments. En cela, un bateau est plus proche d'une automobile que d'un immeuble. Nous étudierons plus spécifiquement la conception des coques³³.

-
- DE BONNAULT-CORNU (Phanette), «Du charpentier-bois à l'ordinateur : le traçage des navires», *Technologies Idéologies Pratiques*, 1981 (vol.3 (2/4)), 32-63.

³³ Les sources constitutives de mon étude sont :

- KEROUANTON (Jean-Louis), SICARD (Daniel) et al., *La construction navale en Basse-Loire (Loire-Atlantique)*, Inventaire général des monuments et des richesses artistiques de la France, Images du Patrimoine, 1992.
- Fonds photographiques de l'AHCNN, notamment :
 - 1) Cote IP 2001P, non datée. Photographie reproduite dans KEROUANTON (Jean-Louis), SICARD (Daniel) et al., *op.cit.*, p.26 et dans l'annexe II.2-2.
 - Cote IP 2003P, non datée, légendée «Chantiers de Bretagne» et dans l'annexe II.2-2.
 - Un troisième cliché est reproduit dans KEROUANTON (Jean-Louis), SICARD (Daniel) et al., *op.cit.*, 49.

Les acteurs de la fabrication d'une coque de navire utilisent, nous le verrons, toute une série de supports qui se complètent sans se répéter.

Changer d'échelle, changer de matière, changer d'acteurs

La position défendue ici est que le passage aux coques en métal entraîne l'apparition d'un nouvel acteur, le traceur dont il existe plusieurs figures mais qui n'apparaissent pas forcément concomitamment. Selon Phanette de Bournault-Cornu³⁴ qui a étudié les chantiers de Méditerranée il y a le « *traceur-coque* », le « *traceur divers* », le « *traceur dessinateur* » (ou « *traceur au 1/10* »), qui travaille cette fois sur des graphismes au 1/10 et non plus à l'échelle 1 sur les planchers en bois comme le fait le « *traceur-coque* ». Dans la suite de ce chapitre, nous ne nous intéresserons qu'au premier, que nous nommerons pour simplifier « *traceur* », et qui correspond au cas étudié à Nantes. Le second apparaît lors du développement de la soudure, durant les années 1950, et s'occupe de tracer les contours des pièces directement sur les tôles. Le troisième, appelé également « *traceur au 1/10* », apparaît après la période qui nous intéresse (avec l'avènement des machines, d'ordinateurs, etc.³⁵).

Le traçage consiste à reporter sur un support intermédiaire les contours des pièces qui sont nécessaires à l'assemblage de la coque. En effet, cette dernière est constituée d'éléments disparates définis un à un au cours du processus de conception pour répondre à l'architecture générale choisie au départ du projet, en fonction de diverses contraintes comme la taille, le type de navire, etc.

-
- Clichés, pris par mes soins, d'objets exposés à l'AHCNN : la reconstitution d'un plancher de salle à tracer, de plans avec dessins et courbes. Voir en Annexe II.2-2.
 - AHCNN, *Histoire de la construction navale à Nantes*, Nantes, 1991 [Reproduit avec l'aimable autorisation de Jean PUIROUX]. Il s'agit de notes rédigées par d'anciens concepteurs des chantiers navals.
 - Interviews et une correspondance avec Jean PUIROUX, l'un des plus actifs membres de l'AHCNN.
 - *Règlement pour la construction et la classification des navires acier. (Tome A : classification-visite)*, Bureau Veritas, 1982 [Archive non référencée de l'AHCNN, Nantes].
 - *Aide-Mémoire Martinenq des Chantiers navals*, 1931 [Archive non référencée de l'AHCNN, Nantes].

³⁴ Voir principalement De BONNAULT-CORNU (Phanette), «Du charpentier-bois à l'ordinateur : le traçage des navires», *Technologies Idéologies Pratiques*, 1981 (vol.3 (2/4)), 32-63.

³⁵ Voir la partie suivante III.

Le type de matériau travaillé est capital. Le métal remplace progressivement le bois à partir du milieu du XIXe siècle —et, dès la fin du siècle, presque complètement dans le cas des navires de commerce—. Dès lors, du fait de la taille des pièces, il n'est plus possible d'ajuster les différents éléments en les limant à l'aide de rabots. L'ajustage au montage ne peut se faire comme auparavant dans la cale sèche. Devant s'adapter du premier coup, les éléments constitutifs de la coque doivent préalablement être définis géométriquement avec une plus grande précision dimensionnelle. En outre —et ce, du moins, jusqu'aux années 1950 avec le développement de la soudure—, les tôles sont assemblées par rivetage : l'emplacement des trous prévus pour les rivets doit être très précisément déterminé³⁶. La préfabrication est bien postérieure à la Seconde guerre mondiale. Même si les « *Liberty Ships* » de la Seconde Guerre Mondiale, reliant en convois les Etats-Unis au Royaume-Uni, sont préfabriqués, ils n'étaient conçus que pour une seule traversée : le passage à la soudure est postérieur. Il s'agit en fait d'une évolution profonde de l'organisation de la production, et pas seulement d'une augmentation de la rapidité d'exécution.

Les tôles métalliques formant la coque ont une épaisseur maximale variant entre dix huit et vingt quatre millimètres, et mesurent plusieurs mètres d'envergure. Le matériau est de l'acier non inoxydable. L'aluminium, plus cher, plus cassant et moins facile à travailler ne semble pas être utilisé. Parfois, le cahier des charges du navire stipule que l'acier doit pouvoir résister, par exemple, aux eaux glaciales du Grand Nord. Les contraintes concernant les matériaux à utiliser font l'objet de recueils complets de normes, de registres, d'abaques. Ces pièces sont en fait fabriquées à partir de gabarits, comme pour la construction de la charpente d'un bâtiment dont les chantiers navals reprennent certains termes de vocabulaire.

Le choix du support pour la représentation graphique est également important, car le papier peut se déformer dans des proportions qui engendrent des imprécisions de forme préjudiciables au montage du navire. Le changement d'échelle est plus important que dans

³⁶ Pour aller plus loin, sur le rivetage, voir JACOMY (Bruno), *Une histoire des techniques*, Seuil, Sciences, 1990, 279-293.

d'autres industries de construction mécanique : la coque d'un navire peut faire une centaine de mètres de long. Les traits sur un plan au 1/100 ne permettent de préciser les formes des pièces du navire qu'à +/- 5cm, +/- 2mm sur un plan au 1/10. L'étude des archives et l'interview d'anciens concepteurs montrent que la forme du navire est représentée avec une précision croissante. Le matériau utilisé pour les différents instruments de la conception est également important. C'est ainsi, par exemple, que le tracé effectué à l'échelle 1/10 peut être effectué sur un papier lui-même collé sur une plaque de métal, pour que le support ne se déforme pas trop. Les tracés 1/100, eux, sont faits sur des calques, ils permettent d'obtenir soit des plans sur papier (des « bleus », par exemple) soit des « contre-calques ».

En bref, un lieu sert de changement d'échelle entre la coque définie tout d'abord sur le papier puis sur le plancher de la « *salle à tracer* », parfois appelée « *salle à gabarits* » au XIXe siècle. Elle jouxte les ateliers de fabrication des différentes pièces des coques et les cales de montage de ces dernières, comme le montre une photographie aérienne prise vers 1940³⁷. Comme le montrent d'autres clichés³⁸, la salle à tracer est un long hangar sans piliers centraux. Elle est parfois située dans les combles d'un grand bâtiment du chantier. Le plancher en bois n'est pas verni. Des lattes de bois sont posées sur des poutres métalliques de la charpente.

D'après Kerouanton et Sicard³⁹, la grande salle à tracer de la Prairie au Duc est abandonnée en 1964 pour être remplacée par le tracé à l'échelle 1/10. C'est avant cette mutation, qui sort de notre propos, que nous demeurons dans le paragraphe suivant.

Divers enjeux de l'instrument

L'ambition de ce paragraphe est de montrer que l'instrument permet, dans la conception et la fabrication, tout à la fois de représenter les formes, de construire des objets intermédiaires et de matérialiser des savoirs. Il ne s'agit pas ici, de reprendre la perspective générale exposée

³⁷ Voir KEROUANTON (Jean-Louis), SICARD (Daniel) et al., *op.cit.*, p.48.

³⁸ Photographies conservées à l'AHCNN.

³⁹ KEROUANTON (Jean-Louis), SICARD (Daniel), *op.cit.*, 26. L'information m'a été fournie directement par Jean PUIROUX, en février 1998.

dans l'introduction sur l'instrument, mais d'en considérer quelques avatars dans des contextes particuliers (les chantiers navals, en l'occurrence).

Le premier constat que nous pouvons établir, en discutant avec d'anciens concepteurs, est que la conception d'un navire ne part pas de rien. D'après les données fournies par l'armateur (type de navire, vitesse, rayon d'action, contraintes pour la fréquentation de certains ports, rivières, volume, etc.), le bureau d'études appartenant à la « *section projets* », détermine les caractéristiques du navire soit par comparaison avec des navires existants, soit par expérience. Les expériences sont menées à partir de 1952-53 lorsqu'apparaissent les « *bassins de carène* » dans lesquels des maquettes de coques sont testées.

Au début de la phase de conception sont utilisés les « *chapeaux de gendarme* ». Ce sont des courbes en forme de cloche qui sont une représentation particulière de la coque. Précisons. Le chapeau de gendarme —ressemblant à une courbe de Gauss⁴⁰— est à la fois un instrument de calcul et de mémorisation. Tracé dans un rectangle de cinquante par vingt centimètres quelle que soit la taille de la coque, c'est un élément de définition de la forme de la coque. Cette dernière est divisée, dans le sens de sa longueur, en vingt sections verticales (les « *couples de tracé* ») et, dans sa hauteur, en dix parties (« *lignes d'eau* », ou « *horizontaux* »). Sur l'axe horizontal sont reportées les surfaces de vingt sections (en mètres carrés) ; sur l'axe vertical les coordonnées des points de la coque sur les différentes sections. A partir de ce croquis, il est possible de calculer le volume de la coque du navire (le « *maître couple* »). Le bureau d'études possède une collection de chapeaux de gendarme, à laquelle se réfèrent les concepteurs à chaque nouveau projet. Ce graphisme mémorise ainsi la forme générale de la coque du navire de manière unique.

Un second document utilisé est le « *cahier des 1/2 ouvertures* », qui est un recueil de la position de points particuliers de la coque. Précisément, les « *demi-ouvertures* » sont les

⁴⁰ Voir l'annexe II.2-2. Réalisé à main levée par Jean PUIROUX pour commenter les plans observés dans les archives de l'AHCNN, le croquis présenté en Annexe II.2-1 montre également un « *Horizontal* » (immédiatement en dessous du Chapeau de gendarme), à droite un « *Vertical* » et en dessous un « *Longitudinal* » : ces trois figures seront représentées au 1/100.

distances entre l'axe et les points d'intersection d'une ligne de forme et la ligne d'eau n°N (de 1 à 16 ou 17). Appelé aussi « *devis* », ce cahier est enrichi au fur et à mesure des allers-retours entre les différents acteurs de la conception et de la fabrication de la coque, comme nous allons le voir : il ressemble à un cahier des charges qui se construit progressivement⁴¹, en ce sens qu'il détermine partiellement les étapes suivantes du processus.

A partir des informations qui lui sont données à la fois dans ce document et le plan d'ensemble, dit « *plan de formes* »⁴², le traceur dessine une à une les « *lignes d'eau* » (i.e. droites qui représentent une horizontale sur la coque d'un navire, parallèlement à la surface de l'eau) jusqu'en haut de la carène (i.e. la ligne d'eau 16 ou 17). Il les trace en blanc à l'aide d'un cordeau de charpentier (i.e. une cordelette fine enroulée autour d'un « *virolet* »). Lorsque toutes les lignes d'eau sont tracées et toutes les sections intercalées en travers à intervalle régulier, un quadrillage apparaît sur le plancher de bois. Le traceur reporte alors les points des couples géométriques, puis les couples réels qu'il obtient à l'aide de longues lattes de bois flexibles (les « *voliges* », terme propre également à la charpenterie), leur élasticité permettant une courbure régulière. Le traceur utilise plusieurs sortes de règles, pour tracer ces différentes lignes courbes. Ainsi, progressivement, le « *vertical* » est tracé. Vient ensuite, toujours en grandeur nature, le « *longitudinal* » qui donne une vision horizontale des formes de la coque sur lequel se trouvent également les « *lignes d'eau* » et les « *couples* ». Le traceur procède de même pour l'autre tracé longitudinal en « *élévation* » (vue de face).

D'un coup d'œil —sans instrument donc—, le traceur contrôle le bon alignement de tous les points pour chaque ligne ou couple. Chaque point corrigé sur le plan horizontal doit l'être sur le plan vertical —et réciproquement—. Le « *balancement des formes* » est le fait de situer sur les trois vues tous les points remarquables, le traceur (avec un ou plusieurs apprentis)

⁴¹ Voir TIGER (Henri), «L'établissement du Cahier des Charges des équipements automatiques : une procédure complexe qui doit faire appel à de nouveaux concepts», *Colloque ARRP [Action de Recherche en Robotique et Productique] du Ministère de la Recherche et de la Technologie*, Paris, 15-16 juillet 1991.

marque à la craie, à la « *rainette* » ou plus tard au bic, les tracés du « *vertical* » qui sont conservés jusqu'à la fin de la construction du navire.

Le traceur et l'apprenti reportent ensuite dans le « *devis* » toutes les dimensions tracées. Ce « *relevé de tracé à la salle* » ainsi complété se présentant sous forme de tableaux⁴³, retourne au bureau d'études afin d'y établir tous les plans de détail.

De nouveau dans la « *salle à tracer* », à l'aide de ces plans et du « *vertical* », le traceur (en général le même que le précédent) prend alors des repères pour « *développer* » les éléments du navire. Ce travail consiste à trouver les vraies grandeurs et les volumes des éléments du « *bordé* » (i.e. de l'ensemble des tôles constituant l'enveloppe du navire) et à les tracer sur le plancher afin de faire soit des « *gabarits de forme* » (pour les tôles très courbées), soit des « *grilles* », soit des « *branchettes* » (pour les tôles ayant « *peu de galbe* » ou « *peu de creux* »). Plus précisément, un « *gabarit de forme* » consiste en un volume en bois, tout à fait semblable à une partie de la carène du bateau et comportant des portions de membrures sur lesquelles doit s'appliquer la tôle. Celles-ci donnent la déclivité du joint supérieur au joint inférieur, du haut en bas de la tôle, et sa courbure longitudinale.

Le traceur doit faire ensuite tous les relevés sur des règles, petites baguettes de bois mesurant le plus souvent deux centimètres sur deux. Elles portent des inscriptions, des points de repères, des cotes. Sur la règle sont par exemple reportés les écartements de tous les couples de navire. Ces écartements ne sont pas les mêmes au milieu de la carène et aux extrémités, où les couples sont plus proches les uns des autres pour renforcer ces parties. Sur une face est portée une série de couples, numérotées, les autres couples étant sur les autres faces de la règle. Le traceur efface au fur et à mesure les indications dont il n'a plus besoin. Une règle est faite une fois pour toutes pour chaque bateau et sert pour tous les traceurs.

⁴² Pour les paragraphes qui suivent, je dois beaucoup à De BONNAULT-CORNU (Phanette), «Du charpentier-bois à l'ordinateur : le traçage des navires», *Technologies Idéologies Pratiques*, 1981 (vol.3 (2/4)), 32-63.

⁴³ D'après DE BONNAULT-CORNU (Phanette), «Du charpentier-bois à l'ordinateur : le traçage des navires», *Technologies Idéologies Pratiques*, 1981 (vol.3 (2/4)), 39.

Jusqu'aux années 1950, il existe plusieurs types de règles (« *longitudinales* », « *transversales* », « *pour les profilés* »). Selon Phanette de Bonnault-Cornu, il s'agit d'une période qui voit une évolution dans la forme même des tôles que l'on utilise pour assembler la coque : elles sont plus droites, moins courbées et moins nombreuses à façonner (c'est l'un des aspects du développement de la soudure et de la préfabrication).

Le travail de report sur les règles terminé, le traceur descend à l'atelier pour faire les reports sur les tôles, tracer leurs dimensions et y positionner tous les éléments longitudinaux. Les tôles doivent être coupées précisément (« *sans sur-longueur* ») pour que tous les trous de rivets des pièces à assembler soient préparés et se présentent en face les uns des autres.

L'ouvrier qui assemble les éléments du « *bordé* » travaille avec un plan. Il cadre la pièce dans une tôle brute et a la responsabilité de ne pas gâcher de tôle et de faire le moins possible de chutes inutilisables. A l'époque du rivetage, le traceur doit également indiquer sur les éléments tracés, les emplacements des trous de rivets, dont la position est également précisée sur un plan d'échantillonnage que reçoit le traceur. Pour les tôles de bordé, il y a deux rangées de rivets en long, aux joints, et une rangée à chaque membrure (il y a environ dix membrures par tôle de bordé). L'espacement des rivets aux différents endroits dépend de la taille des rivets utilisés, et cela est indiqué sur le plan d'échantillonnage donné au traceur⁴⁴.

A ce stade, il reste un dernier travail pour l'apprenti : marquer d'une part au « *pointeau* » (sorte de pointe sèche) les trous de rivets ainsi que certains repères, d'autre part au « *pinceau* » le numéro de commande du navire, les numéros de couples extrêmes, etc. Pour les tôles à façonner, ces lettres et chiffres se tracent au burin.

Nous voyons ainsi, par cette description de la circulation des informations au cours de la définition progressive de la coque, qu'aucun des graphismes —en y ajoutant le « *cahier des 1/2 ouvertures* »— ne se suffit à lui-même pour décrire complètement la coque à assembler. De plus, certains d'entre eux font des allers-retours entre les différents lieux.

⁴⁴ D'après De BONNAULT-CORNU (Phanette), *op.cit.*

Outre la salle à tracer, que dire des plans ? Il y a tout d'abord les « *dessins au 1/100* » (i.e. à l'échelle 1/100) sur support calque⁴⁵ correspondant au stade de l'avant-projet. Les dessins sont d'abord faits à l'échelle 1/100, sur un calque. Cette pratique a perduré jusqu'en 1970 pour la coque. Une première hypothèse est que la décennie 1970 voit l'introduction des instruments de dessin et de conception informatisés (parfois regroupé sous le terme DAO-CAO⁴⁶). Une étape particulière, délicate aux dires des concepteurs, est le réglage des formes qui est de

« [f]aire correspondre dans trois plans —vertical, horizontal, longitudinal— tous les points respectifs [de la coque] »⁴⁷.

Les graphismes qui ne sont pas inscrits sur le plancher de la salle à tracer passent ensuite par la phase de vérification réalisée par des sociétés dites « *de classification* »⁴⁸, qui doivent en quelque sorte certifier et inscrire le navire dans un registre officiel. En outre, ces graphismes demeurent dans le dossier de classification du navire qui est réexaminé régulièrement⁴⁹. Nous n'avons pas décrit l'ensemble des graphismes : certains plans sont par exemple faits spécifiquement pour les sociétés de classification.

Au tournant des années 1960, les formes à l'échelle 1 sont reportées directement sur les tôles et les profilés grâce à des instruments comme le pantographe ou des systèmes optiques. Le métier de traceur évolue, de nouvelles définitions de métiers accompagnées de nouvelles grilles salariales⁵⁰ apparaissent et la conception s'effectue dans d'autres lieux : dans un bureau à part, avec un effectif de six à neuf personnes à comparer avec le bureau d'études coque & électricité qui emploie jusqu'à soixante-dix personnes, pour la conception et la fabrication simultanée de trois ou quatre navires (deux en cale, un à deux en armement une fois la mise à l'eau effectuée)⁵¹. Mais ceci est une autre histoire qui sort du cadre de la partie II.

⁴⁵ Voir l'annexe II.2-2 pour des photos scannées.

⁴⁶ Dessin Assisté par Ordinateur ; Conception Assistée par Ordinateur : voir la Partie III de ce mémoire.

⁴⁷ AHCNN, *Histoire de...*, *op.cit.*, 1991, 127.

⁴⁸ Deux exemples : Véritas et la Lloyd's.

⁴⁹ Il arrive qu'un navire soit « *déclassé* » au cours de sa vie.

⁵⁰ Du moins en Provence, d'après DE BONNAULT-CORNU (Phanette), *op.cit.*

⁵¹ Note complémentaire : est-ce que les « *tracés au 1/10* » disparaissent à ce moment ou, au contraire se développent ? Ce point n'est pas parfaitement clair. Rien de ce que j'ai étudié à Nantes ne me permet

3. Qu'est-ce qu'un instrument ?

La posture adoptée, rappelée dans le préambule de ce chapitre, est que les acteurs, les instruments et les savoirs sont inséparables. Le lien entre les acteurs (traceurs, calqueurs, dessinateurs), les artefacts (règles, lame de rasoir, etc.) et les savoirs (gratter, tracer, organiser un espace sur un plancher, mémoriser, etc.) passe par la matérialité des situations d'action. La traduction analytique que nous faisons est de suivre les objets en pratique (au Creusot chez Schneider, dans la salle à tracer des chantiers navals nantais), sans utiliser des catégories comme la forme et le fond, voire une autre plus générique —l'*information*—.

Au terme de ce chapitre, il est possible de mieux préciser que nous entendons par instrument. Nous avons évoqué des planches, des viroles, des lames de rasoir, etc. Le commun de cette énumération est qu'il s'agit d'entités matérielles (i.e. palpables) qui sont utilisées pour une action dans laquelle cet objet n'est pas la finalité première : l'activité du traceur ne se résume pas dans la maîtrise du virolet mais consiste à articuler un ensemble d'instruments pour définir, à son niveau, ce que sera la coque du futur navire. En ce sens, les instruments sont des produits dérivés de la conception : pour reprendre le propos de l'introduction, ils donnent forme à la fois à l'action (représenter successivement les éléments constitutifs de la coque, notamment) et aux objets (les supports intermédiaires qui tendent vers la coque : calques, planchers, voliges, éléments métalliques). Concevoir, nous allons l'explicitier, consiste à la fois à remettre en forme et mémoriser, ainsi que nous l'avons vu dans le chapitre précédent.

Des chaînes de remises en forme

« A priori, *tout est sur le plan* »,

d'affirmer, à l'instar de De BONNAULT-CORNU (Phanette), *op.cit.*, 45, à propos des chantiers navals de Provence à la Ciotat et de Porc-de-Bouc, que
 « l'utilisation de [la] méthode de traçage au 1/10^e est liée à l'introduction de nouvelles machines à oxycoupage, équipées de têtes de lecture électronique, lisant les plans au 1/10^e. Il devenait alors plus rapide de faire directement les développés au 1/10^{me}. (...) Ainsi, l'étape du report sur la tôle avant la découpe disparaît presque complètement. Tracé sur la tôle et découpe, ne sont plus qu'une seule opération. »

lit-on souvent dans des ouvrages didactiques⁵², ou entend-on « de prime abord » de la bouche de nombreux concepteurs. Les échanges entre la conception et la fabrication ne datent pas de la fin du XXe siècle, répétons-nous tout au long de ce mémoire.

Nous avons vu, principalement dans le cas des chantiers navals, que la proximité entre le bureau d'études et l'atelier autorise des allers-retours qui ont effectivement lieu. En outre, la première étude sur Schneider au Creusot a montré que les interactions entre le dessinateur et le calqueur ne sont pas inexistantes, bien au contraire.

Est-ce que ce mode de coordination, fondé sur la circulation des graphismes et gabarits, est modifié par le développement des instruments comme les machines-outils, les machines-transfert, les ordinateurs, etc. ? A la fin des années 1950 ou début des années 1960, le bureau de calque disparaît dans l'usine de turbines de Schneider au Creusot. Derrière l'argument de la réduction des coûts, la raison d'être du calque comme matrice pour obtenir des plans évolue. Non seulement il est possible d'obtenir un plan directement à partir d'un autre plan (c'est le « *copycat* ») mais nous verrons ultérieurement que l'émergence de la DAO-CAO⁵³ redistribue les cartes. Pour autant, l'usage des calques ne disparaît pas systématiquement. Ce n'est nullement pour dire que l'un succède à l'autre : l'objet de la partie III sera justement de montrer que cette vision génétique est une impasse. Pour l'heure, n'abordons pas plus avant la question, sauf à signaler que le bureau d'études de Creusot-Loire Industries se sert encore de calques vieux de plusieurs dizaines d'années. Certains remontent au début du siècle. Un employé est spécialement chargé d'effectuer des tirages et de préserver les milliers de graphismes.

Est-ce que le numérique rompt la chaîne matérielle⁵⁴ ? Nous y reviendrons dans la troisième partie de ce mémoire. Le propos défendu ici est de refuser *a priori* un partage, une

⁵² Voir par exemple l'*Encyclopédie internationale des sciences et techniques*, Presses de la Cité :

- «Dessin industriel», décembre 1970 (vol.4), 309-311.
- «Etudes techniques et dessin industriel», mai 1971 (vol.5), 428-451.

⁵³ Dessin Assisté par Ordinateur.

⁵⁴ L'hypothèse de continuité matérielle, au sujet de la conception des coques des navires, m'a été suggérée par Jean-François BOUJOUT —que je remercie—.

rupture entre l'avant-numérique et la période actuelle. En fait, l'étude tend à montrer qu'il y a, tout au long du processus de conception et de fabrication des *traductions* au sens où nous l'avons vu dans le chapitre I.2, des *remises en forme* d'un support matériel à l'autre.

L'instrument est un support de l'action. On peut parler d'objet dans l'usage, en ce qu'il quitte sa simple objectivité pour donner naissance à d'autres objets, à partir de savoirs et de positions d'acteurs (soumis à des contraintes, engagés dans des logiques d'action, etc.).

La mémorisation

Les savoirs ne s'expriment pas uniquement à un instant donné, correspondant à l'interaction entre deux acteurs, entre un acteur et un instrument, etc.

Dans le cas des chantiers navals, parfois support de la mémoire de conception, base de calcul, objet prescripteur pour la fabrication, aucun des graphismes techniques pris isolément ne permet à lui seul de concevoir puis fabriquer le navire. Des métiers se construisent et se déconstruisent avec l'évolution des instruments de la conception —et réciproquement—⁵⁵. *Objets intermédiaires* comme disent Dominique Vinck et Alain Jeantet, *objets-frontières* selon Susan Star⁵⁶, ces graphismes techniques sont des supports des interactions entre les phases de conception et de fabrication : courbes, dessins, règles en bois, tableaux circulent entre le bureau d'étude, la salle à tracer (le cas échéant) et l'atelier notamment. Ils sont

⁵⁵ Voir DE BONNAULT-CORNU (Phanette), *op.cit.*, 1980 ; 1981 ainsi que KEROUANTON (Jean-Louis), SICARD (Daniel) et al., *op.cit.*, 1989.

⁵⁶ Voir :

- JEANTET (Alain), «Les objets intermédiaires dans la conception. Éléments pour une sociologie des processus de conception», *Sociologie du Travail*, 1998 (3/98), 291-316.
- 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.
- STAR (Susan Leigh), GRIESEMER (J.), «Institutional ecology, 'translations' and boundary objects : amateurs and professionals on Berkeley's museum of vertebrate zoology», *Social Studies of Science*, London : Sage, 1989 (Vol.19), 387-420.
- STAR (Susan Leigh), «The structure of ill-structured solutions : Heterogeneous problem-solving, boundary objects and distributed artificial intelligence», in HUHNS (M.), GASSER (L.) (eds.), *Distributed artificial intelligence*, San Mateo CA : Morgan Kaufman, 1989 (vol. 2), 37-54.

intermédiaires entre une interaction passée et une future, ils actualisent des savoirs qui ne sont pas figés.

Dans le cas de Schneider, nous avons surtout évoqué les calques. Les « *micro-fiches* » sont un autre support, utilisé pour « *limiter le volume [des] archives* ». Pour autant, du moins au Creusot, son usage ne s'est pas vraiment imposé, sauf dans la situation d'urgence propre à la Seconde guerre mondiale : une partie du Creusot est bombardée.

Qu'est-ce qui est conservé ? L'étude des chantiers navals révèle que le plancher de la salle à tracer est raboté (ou repeint, dans certains cas) après la fin de la construction du navire. En revanche, nous avons vu que le « *cahier des 1/2 ouvertures* » et le « *chapeau de gendarme* » sont conservés systématiquement. Une première remarque serait que ces derniers occupent moins de place, alors qu'il est difficilement envisageable de conserver les planchers sur lesquels, souvenons-nous en, la coque est représentée à l'échelle 1. Les différentes vues horizontales sont tronquées et représentées en deux moitiés l'une à côté de l'autre. Ainsi, ces vues d'un navire mesurant cent mètres n'occupent que cinquante mètres au sol.

Néanmoins, il ne semble pas y avoir eu de tentatives pour garder une trace directe du travail des traceurs. En fait, les deux premiers types de documents sont les plus importants pour la capitalisation du travail de conception, aux dires des concepteurs eux-mêmes. Ce qui revient à dire qu'ils attachent moins d'importance aux plans. Ainsi, nous voyons que les supports privilégiés de la mémorisation sont les plus abstraits, en ce sens qu'ils ne représentent pas directement la coque du navire (chiffres, courbes). Est-ce parce qu'ils sont moins contextualisés qu'ils permettent ainsi de mieux s'adapter ? C'est l'une des clés de l'argumentation que nous développerons dans un prochain chapitre (III.1), dans le cadre d'une étude d'un logiciel de CAO. Pour les chantiers navals, antérieurs, il semble bien que l'enjeu soit le même.

En somme, le graphisme technique est un instrument qui permet à la conception de se déployer dans le temps. En ce sens, l'instrument permet l'actualisation d'une mémoire : c'est ainsi que les acteurs peuvent récupérer les astuces, les accords stabilisés d'anciennes

conceptions au travers d'une courbe, d'un dessin. Symétriquement, il permet de mettre en forme une situation : navire en devenir, turbines à installer.

Créer des instruments, ou matérialiser la conception

Au fil de ce chapitre, nous avons précisé les enjeux de l'instrument dans la perspective de la conception et de la fabrication. Les instruments et les diverses productions graphiques apparaissent finalement de moins en moins séparables et, tout au contraire, se renvoient les uns les autres. Il s'est agi précisément dans ce chapitre de vérifier en quoi le graphisme technique ne peut s'abstraire de son support. Calques, planchers et règles en bois, plaques de métal sont les instruments à partir desquels les acteurs développent des savoirs pour produire, conserver, mémoriser des courbes, des codes, des inscriptions, des plans. Nous avons défendu dans le chapitre précédent l'idée selon laquelle la nouvelle forme de coordination, la *prescription ou l'ordre sans contrainte*, correspondait en fait, au cours du XIXe siècle, à l'émergence de la conception. Pour autant, cette prescription n'est pas univoque. Dépendant des contextes, ses caractéristiques sont en étroite relation avec les supports de l'action (objets, matériaux) qui circulent, s'échangent entre les acteurs, puis disparaissent ou, au contraire, sont conservés. En fait nous verrons ici en quoi les graphismes sont à la fois fond et forme, i.e. support et information. En d'autres termes, la coordination se matérialise : elle est bien portée par des acteurs, des instruments et des savoirs.

S'il est acquis que le graphisme technique joue un rôle privilégié dans les mutations concernant à la fois le travail de la matière, la définition des acteurs et la constitution de savoir, il n'en reste pas moins que la question de la coordination reste posée. Entre prescription et instrument, la conception en développement aux XIXe et XXe siècles demande un approfondissement.

Si la question de la mise en forme des produits et des manières de produire prend sa source dans le développement de la prescription (chapitres II.1 et II.2), cette dernière demeure cependant une notion incertaine. Les marges de manœuvre restent importantes : quel est le sens de l'activité de conception et de sa faiblesse prescriptive ? Nous nous sommes intéressés,

dans ce chapitre, à la nature de l'instrument. Il s'agit maintenant d'étudier celle de la coordination, à laquelle il manque plusieurs aspects ne se résumant pas à la prescription et à l'instrumentation. En quoi consiste la spécificité de cette nouvelle forme de coordination, qui se trouve dispersée et distribuée le long de chaînes d'objets intermédiaires agissant comme autant de médiateurs entre les acteurs ? Ce sera le propos du prochain chapitre (II.3).

* *

*

