

“Représenter, coordonner, attribuer”
Journées CSI, 11-13 décembre 1995

Coordination par les objets dans les processus de conception

Dominique VINCK et Pascal LAUREILLARD*
CRISTO, Université Pierre Mendès-France-CNRS
Domaine universitaire, BP 47, 38040 Grenoble Cedex 9
E-mail : vinck@inpg.fr

Introduction

Les processus de conception ont fait l'objet de très peu d'études ethnographiques jusqu'à ce jour : les technologues sont focalisés sur la prescription de règles de l'art et sur la définition d'outils d'aide à la conception (Pahl et Beitz, 1984 ; Blessing, 1994) ; les sciences de la gestion étudient la diffusion et les performances des différents modèles de conception (linéaire, concurrente, intégrée) (Trygg, 1991) ainsi que sur la dynamique des coordinations inter-métiers (Moison et Weil, 1995; Hatchuel, 1994) ; les psychologues scrutent l'économie des processus cognitifs et les démarche de planification hiérarchique et opportuniste du concepteur (Visser, 1992 et 1994) ; les ergonomes étudient l'activité de conception (induction et transformation de structures (Falzon, 1995) ; les sociologues s'interrogent sur les facteurs sociaux agissant sur la mise en forme des processus cognitifs de la conception (Poitou, 1984 et 1995) ; les anthropologues mettent en évidence les significations culturelles des pratiques et des outils de conception (Downay, 1992 ; Bucciarelli, 1988 et 1994). Toutefois, rares sont les analyses qui s'appuient sur une observation attentive du travail des concepteurs en le saisissant dans son déploiement socio-technique et organisationnel.

Le présent travail s'inscrit dans une démarche de recherche collective associant des mécaniciens et des sociologues. Ils sont engagés dans une série d'enquêtes approfondies, en entreprise, afin de mieux comprendre les processus de conception. S'il s'agit, à terme, pour les mécaniciens, de développer de nouveaux outils d'aide à la conception, à ce stade, la recherche tend à mieux

* Doctorand de l'Ecole Nationale Supérieure de Génie Industriel, rattachés au Laboratoire de mécanique 3S (Sols, Solides, Structures) de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble et au Laboratoire de sociologie CRISTO de l'Université Pierre Mendès-France.

connaître les concepteurs, les conventions qu'ils partagent, les objets qu'ils produisent et mettent en circulation et les dispositifs par lesquels ils se coordonnent.

Les questions qui se posent sont innombrables parce que nous connaissons encore très mal l'activité de conception. Aussi surprenant que cela puisse paraître, il est difficile de dire qui sont les acteurs de la conception, quelles sont leurs activités et leurs rôles, comment ceux-ci sont-ils distribués et coordonnés entre eux. Le partage entre les activités de conception est d'ailleurs flou et représente un sujet d'ajustements important entre les acteurs, par exemple, entre le donneur d'ordre et le réalisateur que ceux-ci appartiennent ou non à la même organisation. De même, les découpages entre métiers sont d'autant moins simples que les entreprises tendent à réorganiser leurs activités de conception autour de logique de projet. De nouvelles distributions de compétences et définitions de rôles sont en jeu. Les nouveaux outils d'aide à la conception agissent également sur ces redécoupages ; le "virtuel" débarque dans les ateliers mais son intégration implique de redéfinir les compétences de chacun. Comment tout cela est-il régulé et articulé au reste de l'organisation ?

Au cœur de ces régulations figure l'objet en cours de conception. Nous faisons l'hypothèse que son sort, au plus profond de son contenu, n'échappe pas à aux redécoupages et redéfinitions. Entre cet objet technique et le jeu social des acteurs, il n'y a d'ailleurs pas de vide. Nous faisons l'hypothèse et constatons, en adoptant le point de vue volontairement matérialiste de Latour (Latour et Woolgar, 1987 ; Latour, 1993), qu'il y a prolifération d'objets intermédiaires, tous hybrides. Ils donnent à voir l'objet en cours de conception et lient cet "objet virtuel" à des dispositifs et à des processus socio-techniques. Cette hypothèse fait voir comment l'objet final, absent, est constamment rendu présent (présenté et re-présenté) autant que représentant de ceux qui s'en sont occupés. Une approche qui serait seulement organisationnelle du processus (réalisation d'un planning, division et intégration formelle des tâches, etc.) empêcherait de saisir le jeu et l'épaisseur des choses et des acteurs.

Objets intermédiaires et modalités de coordination

Ce papier se centre sur un aspect de l'enquête : la nature et le rôle des objets intermédiaires dans les processus de conception. Il s'agit principalement des schémas et dessins industriels, supposés être les vecteurs de la communication entre les gens de métiers. Nous verrons toutefois qu'il en est bien d'autres. La caractérisation de ces objets et leur suivi permettent de visualiser les processus de conception et de mettre en évidence d'importantes différences d'un processus à l'autre (Mer, 1994).

Ces objets intermédiaires sont des représentations d'un objet final, absent. Ils sont supposés être communicables et échangeables entre les partenaires de la conception. Ils ont pour vocation d'améliorer les échanges, de permettre aux points de vue des différents métiers de s'exprimer et aux compromis de se construire. Lorsque la conception est partagée entre différents concepteurs, la

circulation de ces objets devient le lieu de la construction (découpage et intégration) de l'action collective.

Les découpages peuvent être multiples : découpage de l'objet en sous-objets, découpage entre différents points de vue sur un même objet, découpage entre actions successives sur le même objet. La manière dont s'opèrent ces partages (qui en décide et selon quelle logique) soulève le problème des modes de coordination qui s'ensuivent. Dans la conception, la question de la coordination n'est jamais simple. Il ne s'agit pas seulement d'un problème de communication et de circulation de l'information comme tendent à le dire certains gestionnaires, mais celui de l'établissement des compromis nécessaires à l'action conjointe. Au-delà de la performance communicationnelle, la question qui se pose est celle des ajustements et des mises en accord requis par la réalisation d'un objet consensuel. La confiance et l'autorité sont deux dimensions de la coordination qui ne peuvent être ni évacuées, ni rabattues sur la seule performance communicationnelle.

L'établissement des compromis de l'action conjointe suppose que se règlent les limites d'intervention et les marges de manœuvre de chacun. Ici, la confiance et l'ordre pourraient rendre compte de la dynamique du processus si ce n'est que les concepteurs ont aussi à gérer leurs relations avec et au travers de la matérialité des choses. Aussi, la coordination impose également de s'ajuster quant aux degrés d'imprécision autorisés, aux modalités de réglage de la communication et de la réparation de la relation lorsqu'elle est menacée par des désaccords. Sur tous ces points, la confiance et l'autorité hiérarchique se trouvent assistées par des conventions, supposées ou à construire, entre les acteurs.

En outre, les acteurs de la conception n'opèrent pas seuls. Ils sont entourés d'instruments destinés à définir, à valider et à échanger. Souvent, ces instruments ont été conçus en fonction d'un certain type d'organisation (séquentielle et non simultanée) du processus de conception qui n'est, le plus souvent, ni celui qui se rencontre localement, ni celui que visent les réorganiseurs. Le dessin technique, par exemple, semble correspondre à un mouvement de standardisation industrielle et de taylorisation (séparation parfois radicale de la conception et de l'exécution¹) (Deforge, 1981). Les outils de conception assistée par ordinateur (CAO) ont aussi une histoire sociale qui charge chacun d'une définition particulière de l'activité de conception et de son organisation (Gorges, 1995). Certains, par exemple, sont porteurs d'une logique de validation scientifique peu compatible avec la logique d'induction d'une structure nouvelle. D'autres sont farouchement étanches aux reprises et aux retouches en fabrication.

¹ "The designers are allowed access to workshop only on exceptional and particular occasions, and after having been permitted by the workshop manager. It is under all circumstances strictly forbidden to stay in any workshop with which the design office has no business" (Niemitz & Paulsen, cité par Poitou, 1995).

Ce papier tente d'étayer quelques-unes de ces interrogations à partir d'une enquête (observation-participante) dans une entreprise de construction mécanique. Il permet d'illustrer la complexité des mécanismes de coordination et de représentation qui passent par les objets intermédiaires de la conception et, conséquemment, l'importance stratégique de la nature et de la circulation de ces objets.

Privilégier l'entrée par les objets pour saisir les processus de conception peut se traduire de plusieurs façons : lister, caractériser et situer les objets intermédiaires rencontrés dans un processus de conception, suivre un objet depuis le début de sa conception ou reconstituer la conception d'un objet en partant de l'objet final.

La première démarche permet de dessiner des configurations contrastées d'une organisation à l'autre. Mer (1994) décrit ainsi la conception dans trois entreprises de construction mécanique. Les objets intermédiaires y sont nombreux et très différents : on y rencontre de nombreux documents textuels (Fiche d'instruction commerciale, Fiche d'instruction technique, Document Plan Prix et Délais, Document Prix de Revient Prévisionnel, Avis de Création de Produit, Gamme détaillée, Plans d'opération, Document de synthèse, Fiche d'anomalie, Cahier des charges évolutif, etc.), du dessin technique (Plan de définition, Plan de fabrication, Synoptique, etc.) et des objets physique (Prototypes et Matrices). Leur enchaînement dans un processus de conception permet de mettre en évidence l'organisation du processus, la répartition des tâches, leur séquençage et les lieux de régulation. En analysant plus finement chacun de ces objets intermédiaires, un diagnostic peut être établi quant au caractère plus ou moins séquentiel, concourant ou intégré du processus de conception et quant aux rôles plus ou moins représentatif, actif et prescriptif des objets.

Suivre un objet depuis le début de sa conception permet d'analyser plus finement les modalités de coordination. Les incertitudes portant sur le produit, sur la répartition des tâches et les compétences de chacun et sur les capacités des outils obligent l'observateur à enregistrer finement les multiples ajustements. Cette approche privilégiée présente toutefois l'inconvénient d'imposer une observation prolongée en entreprise. Aussi, la pari a-t-il été fait de tester la fécondité d'une analyse reconstituant le processus de conception en partant de l'objet final. L'observateur délimite ainsi son enquête en partant un objet connu de lui.

Comblant l'écart entre l'objet et son idée

Nous sommes dans l'atelier d'usinage d'une forge produisant des pièces mécaniques lourdes. Le point de départ de l'enquête est une "pièce finie", massive et de forme complexe, qu'un opérateur vérifie en la montant dans un dispositif de contrôle ("montage d'usinage"). Il contrôle le fait qu'elle remplisse la fonction pour laquelle elle a été conçue. De la conception au contrôle fonctionnel, nous nous trouvons ici face à un raccourci saisissant qui pourrait

faire rêver plus d'un philosophe sur le miracle de la technique. En fait, de raccourci, il n'en est point. En remontant le cours de la production et de la conception de l'objet, nous verrons combien sont innombrables les objets, les acteurs et les opérations dont l'articulation, chaque fois locale, permet de rendre compte de l'objet. Entre la demande et la produit, il n'y a pas de rupture mais une série continue d'éléments emboîtés. Le tout est pris dans un mouvement, complexe et largement inverse de celui décrit par Latour (1993), où beaucoup d'objets intermédiaires jouent le rôle signe pour le suivant et de chose pour le précédent.

Ici, le contrôleur a reçu deux objets intermédiaires, le plan de la pièce finie et la pièce usinée. La mise en accord des deux, via quelques éventuelles retouches d'usinage, fera de la pièce usinée et contrôlée une chose. La pièce gagne en réalité de la concordance entre les deux. La coordination entre ceux qui ont négocié l'idée de la pièce et ceux qui la présentent passe par ces deux objets. Ceux-ci renvoient à des processus que nous allons maintenant déployer.

Ainsi, la pièce finie en cours de vérification est fixée par des trous que les usineurs viennent de réaliser et de mesurer. Ils ont aussi taillé certaines surfaces conformément aux instructions exprimées dans la "gamme d'usinage" et dans les plans (plans de la pièce brute et plan de la pièce finie). L'usinage est un lieu où convergent plusieurs processus, chacun représenté par un objet intermédiaire particulier.

La pièce à partir de laquelle ils travaillent est d'abord une pièce "brute". Massive, de couleur gris métallique uniforme et de forme complexe, elle comprend des surfaces gauches, de multiples facettes et aucun angle vif contrairement à la pièce finie. Le mécanicien enquêteur lui reconnaît des qualités esthétiques et ne peut s'empêcher d'exprimer l'impression de force qu'elle produit sur lui. Il en parle, en se référant à sa formation, en disant qu'elle est un volume torturé aux excellentes propriétés métallurgiques : structure cristalline fine, peu de défauts internes, fibrage dû à l'alternance régulière de zones pures et de zones impures, orientation des fibres parallèle à la surface rendant les couches superficielles très résistantes.

La pièce est entreposée dans un container, avec d'autres pièces apparemment identiques. Ensemble, elles forment un "lot". Un employé de l'atelier prend, dans ce container, quelques pièces pour effectuer le "contrôle final". De façon répétitive, il place une pièce dans un dispositif appelé "montage" puis actionne une machine "de mesure tridimensionnelle" qui palpe quelques faces. Le mécanicien explique qu'il s'agit de mesurer la planéité de certaines surfaces, le parallélisme entre celles-ci, la distance qui les sépare (la "cote de l'épaisseur"), la longueur de la pièce (la "cote de longueur") et la distance entre deux parties gauches de la pièce (le "déport des parties 1 et 2"). Tout n'est donc pas mesuré. Le mécanicien suppose que les mesures effectuées ont un lien avec les fonctions que la pièce devra assurer. Quant à l'opérateur contrôlant la pièce, il se réfère à deux documents pour orienter son action : une "Gamme de mesure 3D" et une "Fiche d'aide au poste MMT Tri-mesure". Ce

dernier document contient des informations concernant le positionnement de la pièce sur le montage, les faces à palper et d'autres références : indice de plan, indice de gamme, date de validation, nom et numéro de la pièce, nom du programmeur, etc.

Objet-carrefour - Objet-frontière

La fiche est un véritable carrefour avec de multiples panneaux de signalisation. Elle indique la direction à prendre et l'usage à faire de la pièce, au moins au niveau du contrôle final. Elle renvoie également, en amont, vers divers lieux où la pièce a été partiellement définie. Chaque indication contenue sur cette fiche pointe dans une direction donnée que l'observateur peut suivre. La date de validation signifie que l' "homme qualité", auteur du document, ratifie officiellement celui-ci. L'indice de gamme renvoie à l' "homme méthode" et à son atelier. L'indice de plan renvoie aux "hommes d'étude". Le document, par sa matérialité et par sa formalisation textuelle, participe à la coordination entre ces divers lieux. Mais, on le voit, le document est aussi un fragment de l'institution (ratification par l' "homme qualité" qui implique en engagement de la personne).

Les pistes à suivre sont donc nombreuses. Non seulement au départ de cette fiche mais aussi au départ de quelques autres opérations de contrôle effectuées sur les pièces tels que le test de dureté et le contrôle métalloscopique. Laissons toutefois de côté ces pistes pour suivre les pièces elles-mêmes en remontant à partir du container. Celui-ci est un objet-frontière (Star, 1989) : en aval, l'activité de contrôle final et, en amont, la production de la pièce. Au centre, un dispositif aux fonctions multiples : stockage de la production, articulation temporelle et spatiale de la production et du contrôle, pré-configuration de l'activité de contrôle par le découpage en lot correspondant au container (forme de découpage de la population à échantillonner). Le container affecte l'organisation du travail du contrôleur. Il participe à la coordination et à l'ajustement des différentes activités. Cependant, la coordination par la matérialité du container ne va pas sans d'autres modalités ; le container est lui-même réglé en fonction des besoins de la "traçabilité", c'est-à-dire la possibilité de remonter le cours de la production à partir d'une pièce finie, dans le cas où celle-ci présenterait un défaut de fabrication, puis de le redescendre vers l'ensemble des pièces susceptibles de présenter le même défaut.

En amont du container, la production. Les pièces sortent du grenailage. En amont de cette opération, l'apparence des pièces est plus grossier. Elle vise à les débarrasser de la "calamine" due au forgeage et à leur donner un "bel état de surface". Avant cela, elles subissent "un traitement thermique" supposé leur donné une dureté particulière. En amont, elles sont ébavurées. Entre toutes ces opérations, des containers, toujours des containers. Mais aussi toujours le même repère, inscrit tantôt sur la pièce, tantôt sur les bacs.

Plus amont, encore, les pièces sortent d'une presse de 2500 tonnes travaillant à 1200 °C. Un "lopin" (c'est-à-dire un morceau de barre en acier) y est chauffé au rouge, écrasé puis placé dans une "matrice". Celle-ci contient l'empreinte de la

pièce, séparée en deux parties au niveau du "plan de joint". La matrice contient également des accessoires appelés "éjecteurs" et "talons". Le lopin est écrasé dans la matrice et en sort avec une forme qui ressemble, à de multiples défauts de surface près, à la pièce finale.

A nouveau, nous voici à un carrefour à partir duquel plusieurs pistes devraient être suivies pour rendre compte de l'objet final. En remontant de la pièce au lopin, on note que celui-ci est puisé dans un bac. Les lopins proviennent du découpage d'une barre d'acier, elle-même issue d'une coulée. C'est la référence de celle-ci qui est inscrite sur les bacs et sur les pièces. En suivant, le lopin, nous remontons au laminoir et aux laboratoires de métallurgie. En suivant le repère inscrit sur les bacs, nous rencontrons, entre autres, le service "qualité" qui veille à la traçabilité de la production. Toutefois, comme notre préoccupation porte sur la conception de la pièce, en particulier sa forme, c'est la piste du travail de mise en forme du lopin qu'il convient de suivre. A nouveau, ici, deux pistes se présentent, celle de la "matrice" qui moule le lopin et celle de l'opérateur qui s'active sur la presse.

Ajustements autour des objets

Suivons tout d'abord cette piste. L' "homme de production" se réfère à des "ordre de lancement" définissant ce qui doit être forgé, à quel moment et en quelle quantité. Ces ordres renvoient eux-mêmes aux "hommes de l'ordonnancement" chargés d'éviter les stocks et leur indésirable corrosion. Avec eux, la coordination prend surtout la forme d'une autorité déléguée ; elle cadre la production. Le travail de l'opérateur est également cadré dans le contenu même de son activité par la "gamme de forgeage". Celle-ci vient du bureau des méthodes et est supposée définir la bonne manière d'agir sur le lopin. L'opérateur, de son côté, dans l'espace doublement définit par le planning et par la gamme, s'affaire constamment pour parer aux imprévus. Les pannes mécaniques sont, en effet, nombreuses. Elles sont liées à l'usure trop rapide des matrices ou à la casse des éjecteurs. La conception de ces matrices semble être un point délicat qui renvoie, elle aussi au bureau des méthodes. L' "homme méthode" assure le lien entre ce bureau et l'atelier lorsqu'il transmet sa gamme pour réaliser les prototypes (pièces réalisées dans les conditions réelles de la production en série), corrige cette gamme et la valide avec l' "homme de la production". La coordination passe ici par le "texte" de la gamme, par la matière de la matrice mais aussi par les négociations et ajustements locaux entre les acteurs. Les objets intermédiaires mobilisés sont prescriptifs ; ils imposent une action donnée à l'opérateur. Toutefois, pris dans un dispositif d'ajustement mutuel, ils autorisent quelques adaptations. Le comportement de la matrice elle-même, pendant la production des prototypes, et la forme des prototypes sont des éléments actifs de la coordination. Ils soutiendront la voix, tantôt de l' "homme méthode" qui dit que ça va passer, tantôt de l' "homme de production" qui dit que ça va casser ou qui, parfois, parlent d'eux-mêmes envers et contre l'accord à priori entre les hommes.

L'homme méthode définit la gamme de forgeage et la matrice en partant d'une "matrice d'essai", en résine, produite par les modeleurs. Cette matrice correspond à la forme de la pièce brute désirée. Elle est, pour lui, de l'ordre du signe et de l'intention. Son travail est d'en faire une chose qui va dans le sens de la réalisation de l'objet final. Au moyen d'une presse d'essais, l'homme méthode établit les données nécessaires à l'établissement de la gamme de forgeage et à la disposition des accessoires (trous d'éjecteurs et frein de bavure) sur la matrice qui sera utilisé pour les prototypes et pour la production. Doté de sa presse d'essai, de sa matrice d'essai et d'un lopin de plasticine, il forge sa pièce. En dialogue avec la plasticine, il définit la position que doit prendre le lopin dans la matrice, vérifie que celle-ci se remplit correctement et que la pièce ne présente aucun défaut (par exemple, des replis). Il travaille aussi avec des lopins de plasticine contenant des tranches de plusieurs couleurs ; il coupe alors la pièce et en étudie le "fibrage". Cette étude permet de déterminer le sens de frappe de la presse le mieux adapté.

Une fois les paramètres établis, l'homme méthode commande la fabrication d'une matrice métallique, à usiner par copiage de la matrice d'essai. Les accessoires que doit comprendre la matrice métallique sont définis et communiqués par l'homme méthode au moyen des "plans d'outillage".

La traduction de la forme d'une matière à l'autre

Le passage de la matrice en résine à la matrice métallique est une opération de traduction en ce sens qu'il s'agit de faire passer une forme d'une matière dans une autre, que cette opération implique des transformations de la forme et que cette traduction n'est réussie que si elle obtient l'adhésion des hommes de la production et la soumission des lopins d'acier.

La production de la matrice en résine est elle-même une petite chaîne de traduction. Cette matrice vient des modeleurs. Ceux-ci possèdent des machines à commande numérique avec lesquelles ils usinent la matrice, c'est-à-dire qu'ils imposent une forme à la résine : ils font passer la forme du monde virtuel au monde matériel. La forme est d'abord définie informatiquement, puis transformée en base de données, enfin récupérée par un autre module du même logiciel. Celui-ci génère, de façon assistée par l'opérateur, les trajectoires de outils de la machine à commande numérique.

Les règles de traduction tout au long de cette petite chaîne sont partiellement dictées par le logiciel Euclid. Ainsi, la matrice virtuelle est définie comme une forme composée d'une peau d'épaisseur nulle appelée "représentation surfacique". Celle-ci est construite à la manière d'un couturier qui taille et assemble ses morceaux d'étoffe. Le point de départ de ce travail est une autre "représentation surfacique", celle de la pièce, également virtuelle.

La traduction de la forme de la pièce idéale mais virtuelle en une pièce brute mais réelle suppose le réglage et la coordination autour de nombreuses déformations intermédiaires. Ainsi, le modeleur est-il occupé à valider les déformations, apportées à la pièce, opérées en amont par le bureau d'étude. Sur la représentation surfacique de la pièce reçue par le modeleur, celui-ci vérifie les

surépaisseurs ajoutées à la pièce finale (“dépouilles” et “rayons de raccordement des surfaces”). En effet, pour obtenir la forme de la pièce brute, étant donné que celle-ci est destinée à être produite par forgeage et non par coulage, des épaisseurs de matière sont ajoutées en certains endroits pour s’assurer qu’il y en ait assez aux endroits critiques. Le modelleur les vérifie et signe un document attestant qu’il valide ces déformations (Fiche d’accompagnement et d’affectation). La coordination par les documents, réels ou virtuels, est ici confortée par un engagement personnel formalisé.

A ces déformations définies en amont et validée par le modelleur, il faut encore en ajouter d’autres, dues au modelleur lui-même : celles qui sont liées à la maîtrise de la dilatation et de la rétraction de la matière. L’opérateur dilate son modèle, sa pièce virtuelle, pour définir le plan de joint (là où la matrice sera coupée en deux) et parallèlement à ceux-ci les surfaces externes de la matrice, là où viendra frapper la presse. Pour obtenir les deux moitiés de la matrice virtuelle, il relie la “représentation surfacique” de la pièce dilatée et épaissie aux surfaces externes de la matrice.

Des objets qui se tiennent et qui lient les acteurs

La “représentation surfacique” de la pièce, qui sert de point de départ aux concepteurs de la matrice d’essai, est un “modèle virtuel” qui vient du bureau d’étude. Il ne s’agit toutefois pas de la seule représentation de la pièce qui circule entre le bureau d’étude et le bureau des méthodes. Deux types de documents, papier, circulent : les plans de la pièce brute et les plans de la pièce finie. Ils sont issus de la représentation virtuelle de la pièce mais sont produits sur papier à l’intention des forgerons et des usineurs qui travaillent rarement dans le virtuel. Ces plans, objets intermédiaires, sont accompagnés de la Fiche d’accompagnement et d’affectation (une sorte de fiche de suivi de la pièce). Celle-ci enregistre les étapes de la conception et permet de retracer son parcours. Les plans et la fiche font autorité par rapport à la représentation virtuelle non seulement parce qu’ils circulent d’un bout à l’autre de la conception et de la production mais aussi parce qu’ils véhiculent des informations supplémentaires : les cotes, les tolérances ainsi que des notations diverses. Ces indications certifient que certaines surfaces sont fonctionnelles, c’est-à-dire qu’elles devront remplir des fonctions, et donc qu’elles ne peuvent être modifiées sans conséquence. Les autres surfaces, pourront si nécessaire être retravaillées en fonction des contraintes propres aux autres acteurs de la conception et de la production.

Le plan de la pièce brute est élaboré par les usineurs au départ du plan de la pièce finie. Ils y indiquent les surfaces de départ et les “cotes de brut” à réaliser par le forgeron pour, qu’après usinage, la pièce soit conforme. Ce plan circule entre les usineurs et les forgerons afin que s’expriment les différents points de vue et que soit validés ces objets intermédiaires destinés à devenir prescripteurs.

Le plan de la pièce finie est élaboré par le bureau d’étude. On est ici dans un monde complètement virtuel. La forme de la pièce est définie par un “modèle surfacique”. Celui-ci est un compromis dont un des enjeux est le coût. Pour

l'usineur, ce coût est d'autant plus faibles que les surépaisseurs sont faibles et donc que les opérations d'usinage seront moins nombreuses. Pour le forgeron, au contraire, le coût minimum est lié à des surépaisseurs suffisantes afin de n'avoir que des formes simples à forger. Le coût est également limité si la quantité de matière est plus faible mais la pièce doit être suffisamment résistante et ne pas être affaiblie par l'usinage. Les compromis ne sont pas toujours aisés, aussi concepteurs, usineurs et forgerons doivent se concerter, de visu mais surtout via la mise en circulation de la fiche de suivi et des plans ainsi que des signatures successives.

A côté du modèle surfacique de la pièce, les concepteurs travaillent également sur un "modèle volumique". Dans celui-ci la pièce apparaît comme un volume dont on peut étudier le mouvement et analyser les relations avec les représentations équivalentes des autres pièces qui composeront l'ensemble du mécanisme. Le modèle volumique permet de travailler sur les fonctions mécaniques que doit remplir la pièce. Il est établi à partir des données comprises dans le "cahier des charges fonctionnels" rédigé par un groupe de concepteur sous la responsabilité d'un chef de projet, en réponse à la demande d'un client.

La coordination par les objets intermédiaires

L'analyse des objets intermédiaire n'est pas simple tant ils condensent provisoirement et partiellement une multiplicité des processus :

- La représentation rétrospective : ils sont les porte-parole de ceux qui les ont produits et façonnés. Les plans de la pièce brute, établis par les usineurs, sont leurs porte-paroles auprès des concepteurs de la même manière que les plans de la pièce finie représentent l'intention et les choix des concepteurs. Au fur et à mesure de leur circulation, surtout manifeste dans le cas de la fiche de suivi, les objets intermédiaires en viennent à sommer l'ensemble des représentations.

- La représentation prospective : ils sont les porte-parole d'un objet qui est seulement en train de naître. Représenter ici prend le sens fort de rendre présent l'objet (la pièce finale) autour duquel les acteurs doivent s'accorder.

- La commission : les objets intermédiaires véhiculent les intentions de leurs auteurs. Les gammes de forgeage et d'usinage, les plans d'outillage et les plans de pièce finie, la matrice métallique, etc. sont autant d'objets commissionnaires, vecteurs supposés neutres de leurs concepteurs (Vinck et Jeantet, 1995).

- La médiation : les objets intermédiaires trahissent et transforment ces intentions de ces mêmes auteurs. La modélisation surfacique introduit ses propres règles de traduction dans le passage du modèle virtuel de la pièce aux trajectoires des outils qui vont creuser la résine.

- La prescription : les objets intermédiaires tendent à imposer des choix et des décisions à leurs utilisateurs.

- La facilitation des interactions, des confrontations et des interprétations. Ils permettent que les compromis se construisent mais aussi que des ajustements locaux s'opèrent là où la prescription n'est pas contraignante. Certains objets

prêtent ainsi prise mieux que d'autres (les plans sur papier) aux mises en accord parce qu'ils sont à la fois résistant (d'autant plus stables qu'ils ont été éprouvés) et flexibles (susceptibles d'encaisser des modifications).

Outre la multiplicité des processus qu'ils opèrent, ils sont rarement saisissables isolément. Non seulement, ils se renvoient les uns aux autres (on pourrait parler d'interobjectivité (Latour, 1994) mais ils tiennent aussi à l'engagement des personnes (signature, confiance, délégation d'autorité) et des corps (la manipulation des claviers, des pièces de plasticines, des presses et de meules), à des règles (la procédure de développement des projets en six phases propre à cette entreprise, les algorithmes d'Euclid) et à des conventions (différentes selon les modalités de la représentation : modèles virtuels / plans sur papiers). Les objets intermédiaires sont profondément hybrides de matérialité, d'autorité, de convention et de confiance. Ils présentent toujours une réalité complexe, intentionnelle et idéale par leur origine, factuelle et matérielle par leur destination, inter-objective et inter-subjective. A leur niveau s'opèrent constamment des renversements, de la réalisation et de la transformation.

Bibliographie

- Blessing L.**, 1994, *A Process-Based Approach to Computer-Supported Engineering Design*, Cambridge, Blessing-Black Bear Press.
- Bucciarelli L.**, 1988, An ethnographic perspective on engineering design, *Design Studies*, 9 (3), 185-190.
- Bucciarelli L.**, 1994, *Designing Engineers*, Cambridge, MIT Press.
- Deforge Y.**, 1981, *Le graphisme technique. Son histoire et son enseignement*, Seyssel, Champ Vallon.
- Downay G.**, 1992, CAD/CAM saves the nation ? Toward an anthropology of technology, in **D.Hess and L.Layne** (eds), *Knowledge and Society : the anthropology of science and technology*, London, JAI Press.
- Falzon P.**, 1995, Les activités de conception, *Performances Humaines et Techniques*, 74, 6-11.
- Gorges I.**, 1995, The impact of the society on CAD research in the USA, France and Germany, 1955 through 1985, papers presented at the COST workshop "The role of the design in the shaping of technology", Lyon, 2-3 feb.
- Hatchuel A.**, 1994, Apprentissages collectifs et activité de conception, *Revue Française de Gestion*, juillet, 109-120.
- Latour B., Woolgar S.**, 1988. *La vie de laboratoire*, Paris, La découverte (éd. original anglaise 1979).
- Latour B.**, 1993, Le "Pédofil" de Boa Vista, pp 171-223, dans **Latour B.**, *La clef de Berlin et autres leçons d'un amateur de sciences*, Paris, La Découverte.
- Latour B.**, 1994, Une sociologie sans objet ? Remarques sur l'interobjectivité, *Sociologie du travail*, (4), pp 587-608.
- Laureillard P.**, 1995. *L'activité de conception. Approche par les objets intermédiaires du processus de conception des pièces forgées chez Renault Véhicules Industriels*, Mémoire de DEA en Génie Industriel, ENSGI, Grenoble, 35p.

-
- Mer S.**, 1994. *Processus de conception de produit : expérimentation du concept "d'objet intermédiaire" dans la conception*, Mémoire de DEA en Génie Industriel, ENSGI, Grenoble, 107p+annexes.
- Moison J.C., Weil B.**, 1995. Collective Design - Lack of Communication or shortage of Expertise ? Analysis of coordination in the development of new vehicles. pp 97-110, in **D. MacLean, P. Saviotti and D. Vinck** (eds). *Management and New Technology : Design, Networks and Strategy*. COST Social Science serie. Bruxelles. Commission of European Union.
- Pahl G., Beitz W.**, 1984, *Engineering Design*, London, Springer Verlag.
- Poitou J.P.**, 1984, Dessin technique et division du travail, *Culture Technique*, 12, pp 197-207.
- Poitou J.P.**, 1995, Social shaping of cognitive processes, papers presented at the COST workshop "*The role of the design in the shaping of technology*", Lyon, 2-3 feb.
- Star L., Griesemer J.**, 1989, Institutional Ecology, «Translations» and Boundary Objects : Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-1939, *Social Studies of Science*, 19, pp 387-420.
- Trygg L.** 1991, *Engineering design - Some aspects of product development efficiency*, Göteborg, Chalmers University of Technology.
- Vinck D., Jeantet A.**, 1995. Mediating and Commissioning Objects in the Sociotechnical Process of Product Design: a conceptual approach. pp 111-129, in **D. MacLean, P. Saviotti and D. Vinck** (eds). *Management and New Technology : Design, Networks and Strategy*. COST Social Science serie. Bruxelles. Commission of European Union.
- Visser W.**, 1992, Designers' activities examined at three levels : organization, strategies and problem-solving processes, *Knowledge-Based Systems*, 5(1), pp 92-104.
- Visser W.**, 1994, The organisation of design activities : opportunistic with hierarchical episodes, *Interacting with Computers*, 6(3), pp 239-274.