



HAL
open science

Ethnographie des activités de conception et d'innovation : le cas du maquettage numérique

Dominique Vinck

► **To cite this version:**

Dominique Vinck. Ethnographie des activités de conception et d'innovation : le cas du maquettage numérique. Management technologique. Impact de la technologie sur la gestion des personnes, Dec 1999, Grenoble, France. Actes disponibles uniquement sur CD-ROM. hal-00134429

HAL Id: hal-00134429

<https://hal.science/hal-00134429>

Submitted on 2 Mar 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ethnographie des activités de conception et d'innovation : le cas du maquettage numérique¹

Dominique VINCK, Professeur à l'Université Pierre Mendès-France,
Laboratoire CRISTO (CNRS/UPMF), Grenoble

Résumé

L'arrivée des outils de « réalité virtuelle » dans les bureaux d'études des entreprises est la n^{ième} révolution technologique à propos de laquelle se pose la question de l'« impact » des nouvelles technologies sur l'organisation et sur les personnes. Bien que cette notion d'« impact » aie été fortement mise en cause dans la littérature académique, les industriels se la posent dans ces termes. Ils se demandent, notamment : comment anticiper ces impacts ? Quels programmes de formation mettre en œuvre et quel accompagnement organisationnel prévoir ?

En adoptant une démarche délibérément ethnographique, nous avons choisi de comprendre ce qui se joue dans les bureaux d'études à propos des nouvelles techniques de maquettage numérique. Il s'est agi d'aller voir sur place, d'observer les situations et les cours d'action. Nous montrons alors comment les acteurs s'approprient et construisent les nouveaux outils, pour redéfinir à la fois leurs organisations, leurs identités professionnelles et les outils eux-mêmes.

Quand la réalité virtuelle débarque dans les BE

Après avoir fait beaucoup parler d'eux dans les médias et dans les arts, les outils de maquettage numérique et de réalité virtuelle débarquent dans les entreprises, en particulier dans les bureaux d'études. Comme cela est souvent le cas avec de nouvelles technologies, ces outils sont supposés révolutionner les pratiques et les organisations, générer des économies substantielles et améliorer la qualité des produits. Ainsi, les maquettes numériques devraient remplacer les maquettes

¹ Ce texte s'appuie sur une série de travaux de recherche réalisés en collaboration avec Eric Blanco (laboratoire de mécanique 3S de l'ENSHMG), Alain Garrigou, Olivier Lavoisy et Pascal Lécaille (laboratoire de sociologie industrielle CRISTO), dans le cadre d'un projet portant sur les outils de visualisation et de maquettage numérique (DMU-VI) soutenu par le programme européen BRITE-EURAM. La réalisation de ce projet a également été rendue possible grâce à l'accueil réservé à Pascal Lécaille au sein des bureaux d'étude du CERN à Genève.

physiques trop coûteuses (entre 300 et 600 MF pour un avion de transport civil) et souvent nombreuses (200 pour la conception d'un nouveau modèle de voiture). Les maquettes numériques devraient raccourcir les temps de conception puisqu'il est facile de générer des variantes sans repasser par l'atelier. Enfin, elles devraient faciliter la coordination puisque tout étant numérisé, les transferts d'information et le recours à une base de données commune seraient d'une très grande simplicité.

Bien sûr, les industriels s'interrogent aussi. Ils se demandent, par exemple, quelles sont les compétences que devraient avoir les employés pour utiliser au mieux ces maquettes numériques. Quelle formation leur assurer, au-delà de la formation technique sur les fonctionnalités des outils ? Comment motiver les gens et comment surmonter leurs résistances ? Quel est l'impact de ces maquettes sur les nouvelles tâches et sur l'organisation ? Bref, ils se posent, d'une part, des questions techniques (quels outils utiliser ?) et, d'autre part, des questions relevant de la GRH (formation, motivation, recrutement) et de l'organisation (répartition et redéfinition des tâches).

Un regard ethnographique et sociologique

La rencontre des concepteurs d'outils de maquettage numérique et de leurs utilisateurs dans les bureaux d'études livre des informations essentielles pour comprendre ce qui se joue avec l'arrivée cette nouvelle révolution technologique. Nous apprenons ainsi à saisir les choix techniques opérés, leurs motifs et les modalités de leur traduction opérationnelle dans les organisations.

Pendant, les enquêtes par entretiens ne décrivent que partiellement les dynamiques individuelles et collectives d'usage de ces outils. Il convient alors d'être présent sur le terrain, d'observer l'activité, voire d'y participer. Ce détour par le terrain permet d'opérer, ensuite, un retour sur la conception des outils. Or, cette démarche est très rarement pratiquée par les concepteurs des nouveaux outils, lesquels, alors, sont souvent en décalage avec les situations de travail de ceux qui sont supposés les utiliser. Il s'ensuit que les outils sont utilisés de manière sous-optimale, qu'ils se heurtent à des résistances, qu'ils produisent lassitude chez les utilisateurs ; bref, ils ne conduisent pas aux bénéfices annoncés par les technologues prophètes.

Comme nous l'avons abondamment montré par ailleurs dans l'ouvrage intitulé « *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie des activités de conception et d'innovation* » (Vinck, 1999), l'observation ethnographique et l'observation-participante² permettent de produire des comptes rendus précis et circonstanciés de l'activité de conception et de comprendre les dynamiques d'innovation qui s'y déploient autour des nouveaux outils de la CAO. Ces démarches permettent d'analyser des phénomènes qui échappent à la seule enquête par interview, par exemple : ce qui se passe pendant une réunion de revue de projet ou lorsque quelques concepteurs se rencontrent autour d'un plan, d'un prototype ou d'un écran d'ordinateur.

Avant de présenter quelques résultats de nos observations, il convient, tout d'abord, d'explicitier les traits caractéristiques de l'approche adoptée.

² L'observateur devient alors acteur de la situation en ayant une mission, par exemple, en ayant la responsabilité d'une réalisation technique ou un rôle de formateur.

L'ANALYSE DES OUTILS EN PARTANT DES SITUATIONS D'USAGE

Notre approche privilégie une entrée dans l'analyse des nouveaux outils en partant des situations effectives d'usage. Elle s'oppose donc à une approche plus ingénieriale, se saisissant des outils en partant des principes qu'ils mettent ou devraient mettre en œuvre et des fonctionnalités qu'ils sont supposés réaliser. Notre posture méthodologique prône donc une analyse des outils, à partir de ce que les acteurs en font et de leur contexte d'usage. Elle est justifiée par les constats établis durant les vingt dernières années, dans les sciences sociales, selon lesquelles :

1. Les outils technologiques résultent de processus de construction progressive au cours desquels des acteurs variés interviennent pour orienter le développement en fonction de leurs intérêts et stratégies propres. Il s'ensuit que les outils traduisent toujours des compromis et des rapports de force, souvent complexes, dont l'histoire n'est jamais simple. Ils ne se résument donc que très rarement à un principe de base, un concept ou une bonne intuition ou, encore, à un cahier des charges établi une bonne fois pour toutes³.
2. Les outils ne font quasiment rien en eux-mêmes. Ils ne déploient leurs performances que dans des contextes organisationnels plus ou moins spécifiques. Ils supposent que soient inventés : savoir et savoir-faire, guides d'action et méthodologies, réseaux d'acteurs compétents, technologies complémentaires ainsi qu'un sens pour les acteurs qui sont supposés les utiliser. Un outil ne peut donc pas être compris en l'analysant isolément des autres outils, des manières de faire et des acteurs qui les manipulent.
3. Le développement des outils et de leurs performances ne s'achève pas au moment de leur mise au point finale ou de leur diffusion commerciale. Au contraire, ils continuent d'être repris et transformés par de multiples acteurs qui les implantent et les adaptent, leur inventent de nouveaux usages, valident ou non les choix de leurs développeurs, etc. Même lorsque les outils sont relativement peu affectés dans leur matérialité, leur développement tient à l'invention d'une organisation, par les utilisateurs, qui leur permettent de produire effectivement quelques performances.

En fait, dans le processus de développement des outils et instruments de travail, les utilisateurs ont un rôle majeur d'adaptation et de rétroaction vers les développeurs. Les outils sont rarement performants à leurs débuts. Ce n'est qu'à la suite d'une série plus ou longue d'interactions avec les développeurs que, finalement, des outils, performants et adaptés, émergent du processus.

Ces leçons majeures, issues de la littérature en sciences sociales (sociologie, histoire et ergonomie)⁴, suggèrent d'accorder une importance prioritaire à l'examen attentif des situations d'usage. Il s'agit de saisir les outils, en suivant les acteurs et le sort qu'ils leur font subir. L'enquête s'éloigne alors des intentions initiales des concepteurs, des principes technologiques fondamentaux et des fonctionnalités prévues en amont pour repérer la variété des situations d'usage et saisir ce qui se joue, pour l'utilisateur, dans la mobilisation ou non de tel ou tel élément de l'outil.

³ Cf. le cas du logiciel de cotation fonctionnelle OI3C, analysé par O.Lavoisy, dans (Vinck, 1999).

⁴ Pour une synthèse accessible de ces travaux, cf. Flichy (1995).

Les résultats présentés dans ce texte sont issus d'observations réalisées au sein de l'usine des prototypes du centre de Recherche et Développement de BMW à Munich, au sein de bureaux d'études de l'Aérospatiale et au sein du bureau technique de la division Physique Expérimentale du CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) à Genève. Ils portent sur la mise en œuvre des outils de simulation et de visualisation (CATIA, EUCLID, PRO-ENG, ROBCAD et des SGDT associés) et sur des réunions de revue de projet.

Les dynamiques à l'œuvre

La question de l'impact de l'introduction des maquettes virtuelles sur les compétences, les organisations et les activités est une question formulée par les industriels. Elle suppose qu'à une technologie donnée correspond une série d'effets identifiables et mesurables en termes de déqualification ou re-qualification du personnel, de formes d'organisation et de modalités de gestion.

En fait, la littérature en sciences sociales (Kling, 1991) a largement montré que les transformations sociales dues aux technologies dépendent du type d'organisation et des décisions des acteurs concernés par sa mise en œuvre. Un même équipement peut avoir des conséquences très différentes selon les situations et le jeu des acteurs. Chacun d'eux gère et digère différemment les outils : s'y soumettent, s'en détournent, s'y opposent ou les transforment. Ils agissent sur le maniement et l'usage des outils autant que sur les divisions du travail qui y sont associées (Jeantet et Tiger, 1988). Les situations issues de l'introduction des outils de maquettage numérique sont ainsi des résultats produits par les acteurs, lorsqu'ils s'emparent des nouveaux outils d'aide à la conception.

Plusieurs types de dynamiques de changement ont ainsi été observés. Elles concernent autant les êtres humains et l'organisation que les outils, anciens et nouveaux :

- ◆ **Une modification du rôle des acteurs et l'émergence de nouveaux acteurs** : on observe ainsi la constitution de nouveaux métiers, en particulier les « supports métiers » et les « supports outils » chargés d'accompagner la mise en œuvre des outils de conception et de formaliser l'invention des méthodologies qui émergent de leur usage. Concernant ces nouveaux métiers, la question se pose aux acteurs de savoir s'il convient de former des spécialistes des outils aux métiers qui en font usage ou, au contraire, s'il n'est pas préférable de former aux outils des spécialistes du métier. D'autres acteurs émergent également au cours de ces dynamiques sociotechniques collectives, par exemple, les acteurs d'interface et les responsables de maquettes virtuelles. Ces inventions de métiers et ces redéfinitions des rôles des acteurs résultent, le plus souvent, de dynamiques interactives qui les conduisent à confronter leurs points de vue, leurs contraintes et leurs savoirs, à conquérir des espaces de compétences nouveaux ou, encore, à revendiquer des formes d'assistance spécifiques. Ces processus dépassent les frontières des bureaux d'études et des directions de l'informatique, sans qu'ils ne soient, pour autant, gérés par les services de gestion des ressources humaines.
- ◆ **Une nouvelle définition du rôle des objets** : les maquettes physiques ne sont ainsi pas remplacées par des maquettes virtuelles. Elles sont partiellement

substituées, partiellement redéfinies dans leurs fonctionnalités pour compléter les maquettes virtuelles. Ainsi, est en train de se constituer une nouvelle complémentarité entre les différents types de maquettes. La question se pose alors de savoir : quelles complémentarités les acteurs construisent entre ces outils ? Comment continuent à vivre les outils traditionnels des concepteurs, notamment les plans et les anciennes règles de métiers ?

- ◆ **La constitution d'un rôle pour les maquettes numériques** : leur rôle n'est pas donné dès le départ. De même que les maquettes physiques sont redéfinies et pas simplement remplacées, les rôles et le statut des maquettes numériques ne sont pas donnés d'emblée. Les acteurs doivent encore déterminer la nature de la confiance qu'ils peuvent leur accorder. Ici se pose la question de la légitimité des maquettes numériques au sein des processus de conception et de la conduite des projets.

La capacité à s'exprimer et l'activité de monstration

Rares sont les situations dans lesquelles un concepteur travaille soit toujours seul, soit jamais seul.

- ◆ **Seul** : il se constitue son propre système de prises sur l'outil, ses points de repère ainsi qu'une méthodologie qui lui est personnelle. Sa pensée est assistée par divers éléments (aide-mémoire, aides à la création, aides à la représentation, règles de travail, etc.) répartis dans son environnement de travail ordinaire. Son système cognitif est ainsi distribué dans une série d'objets (visuels, physiques et textuels) et dans des savoir-faire qu'il a incorporés (routines, automatismes corporels et mentaux). L'outil, par rapport à ces éléments, facilite ou non la constitution de prises personnelles de manière à supporter le processus cognitif de l'individu. La question de l'impact de l'introduction de ces nouveaux outils ne se porte pas seulement sur la formation du personnel aux fonctionnalités de l'outil. Elle est, au contraire, bien plus large. Elle concerne, d'une part, la possibilité de favoriser les apprentissages individuels et collectifs au cours desquels vont s'inventer les prises et les méthodologies pertinentes et, d'autre part, les possibilités de rétroagir sur la conception des outils de manière telle qu'ils offrent effectivement des prises pour l'action des utilisateurs.
- ◆ **En interaction** avec d'autres : le concepteur est conduit à montrer ce qu'il fait et comment il le fait. Il tente alors de rendre explicite une partie de sa démarche afin que ses partenaires puissent s'en saisir. Or, les outils ne se prêtent pas facilement à ce genre de situation d'interaction. Leur conception est encore largement guidée par le mythe ou par le paradigme du concepteur solitaire. Dans les bureaux d'étude, autour des outils de visualisation se pose alors la question de « qui a la main », de qui maîtrise ce qui apparaît ou disparaît de l'écran. Ainsi, le concepteur est parfois seul à avoir la maîtrise de l'outil et des fichiers de données nourrissant la visualisation. Parfois, son partenaire peut s'emparer des dispositifs d'interface (souris, clavier,...) pour montrer ou pour initier une transformation. Par exemple, dans le cas du CAVE (cube composé de 5 faces, à savoir le sol, le plafond et trois côtés, dans lequel plusieurs concepteurs peuvent être introduits simultanément dans une représentation 3D), le même type de problème est

soulevé : un seul d'entre eux peut commander, par ses propres mouvements de tête, l'image qui est projetée. Cette situation introduit alors un écart entre les protagonistes ; ils ont des possibilités inégales de s'exprimer et de faire comprendre leur point de vue aux autres. Cette difficulté est d'autant plus grande que l'image projetée correspondant au point de vue d'un seul acteur.

Tous ces éléments indiquent que des méthodologies et des conventions de coordination nouvelles doivent être inventées par les acteurs pour que les outils contribuent aux performances de leurs activités. Il s'ensuit, en termes de gestion des ressources humaines, qu'il s'agit moins de donner de la formation aux individus que de créer des espaces d'apprentissage et de les accompagner dans l'invention, l'explicitation et la formalisation de méthodologies d'usage.

La question du sens pour le concepteur

À travers les possibilités offertes sur les outils, en termes de fonctions, se jouent notamment les questions du réalisme, de la reprise des anciennes conventions de représentation des objets et des prises signifiantes pour les utilisateurs. Ces éléments renvoient aux capacités à faire sens, pour l'action, de ce qui est représenté.

LA CAPACITE A FAIRE SENS

Concernant les compétences requises pour l'utilisation des maquettes virtuelles et des visualisations, la question se pose de déterminer les capacités des acteurs à utiliser et à faire sens des maquettes virtuelles. Lorsque, par exemple, une image 3D n'est pas aisément interprétée par tous les acteurs ou lorsque la navigation 3D ne leur est pas acquise de la même manière (cf. par exemple, leur expérience antérieure avec des jeux vidéos), les acteurs se retrouvent dans des positions très inégales les uns par rapport aux autres. Il s'ensuit un appauvrissement des interactions.

La compétence à faire sens des maquettes virtuelles est liée, d'une manière qu'il convient encore d'éclaircir, aux habitudes et aux **expériences acquises sur les maquettes physiques**. Ceux qui, pendant longtemps, ont construit et manipulé des maquettes physiques se sont constitué des points de repère dont ils cherchent l'équivalence dans les maquettes virtuelles. L'entrée dans le virtuel se fait, pour eux, à partir de l'expérience physique. Pour ceux qui n'ont pas eu cette expérience, la constitution des points de repère se fait sur d'autres bases, en l'occurrence : les expériences physiques de la vie quotidienne et, quand elle existe, l'expérience "physico-virtuelle" des jeux vidéo.

Parmi les compétences dont il est question figure la question de la formation de l'œil (ou des autres sens mobilisés). Au cours de l'action se constitue une manière de voir, une **structure du coup d'œil**, qui permet ensuite à la personne d'apercevoir immédiatement les éléments pertinents d'une situation. Le concepteur apprend ainsi une manière de voir, différente quand elle est liée soit aux représentations physiques soit aux représentations numériques des choses.

L'existence d'un différentiel de compétences, d'un protagoniste à l'autre, en physique et en virtuel, correspond probablement à une situation transitoire. La question se pose alors de savoir quelle est la dynamique d'évolution de ce genre de situation au cours du temps. Suffit-il, par exemple, d'attendre que les ajustements

s'opèrent et que de nouvelles compétences se forment avec les nouveaux outils ou, au contraire, faut-il intervenir au moyen de programmes de formation, de réorganisation, etc. ?

UN SENS PARTAGE

Lorsque les compétences des acteurs sont homogènes, la constitution d'un référentiel commun (langage, point de vue, système de repères, expériences et histoires partagées, etc.) partiellement tacite facilite les interactions avec et autour de l'outil : similitude des interprétations de ce qui est montré et des hypothèses implicites, intuition partagée, etc.

Au contraire, lorsque des acteurs de métiers et de compétences différentes doivent interagir autour d'un même objet, la littérature et l'expérience nous enseignent qu'il y a peu d'éléments communs entre les visions et interprétations des uns et des autres. La question est alors posée de savoir s'il convient, au préalable, de constituer une compétence ou un référentiel commun.

Toutefois, aucune évidence ne nous conduit à supposer qu'il faille un référentiel commun. Au contraire, ce qui importe est que l'objet puisse être saisi, par chacun, au sein de son propre système de référence (Brandt, 1997). Lorsque l'acteur réussit à **se saisir de l'objet "commun" à l'intérieur de son propre système**, il développe ses propres évaluations et tente alors d'en communiquer les implications au niveau de l'objet en cours de conception. Ce qui importe est que chacun puisse se ressaisir de l'intervention des autres. Par ajustements progressifs, des uns par rapport aux autres, chacun vérifie pour lui-même l'acceptabilité des solutions. La convergence du processus de conception entre plusieurs acteurs peut alors être assurée sans qu'à aucun moment tous les acteurs voient les choses de la même façon.

Il s'ensuit que l'on peut prendre acte de la diversité de compétence et ne pas mettre au programme la nécessité de réduire cette diversité. Par contre, il importe que l'objet représenté puisse être saisi par chacun afin qu'il l'évalue de son propre point de vue et alimente l'interaction avec les autres protagonistes de la conception.

LE CAS DES FONCTIONS DE DEPLACEMENT

Différentes fonctions de déplacement dans l'espace virtuel sont proposées sur les outils existants ou en cours de développement. Certaines d'entre-elles méritent d'être évaluées à partir de la question du sens qu'elles ont pour les utilisateurs.

La fonction « Fly », par exemple, permet de se déplacer à travers l'espace indépendamment de la scène visualisée. Une version de cette fonction permet également à l'utilisateur de traverser les objets virtuels afin de les examiner d'un côté et de l'autre sans devoir en faire le tour.

Quelle est la pertinence de ces fonctions ? Certains utilisateurs disent qu'elle est faible parce que non réaliste. Leur appréhension de l'objet suppose de retrouver un rapport relativement physique à l'objet, passant, par exemple, par le fait de devoir contourner l'objet si nécessaire ou de consommer un temps représentatif lors d'un déplacement. Voler à travers la scène et/ou à travers l'objet sont des possibilités qui n'existent que virtuellement ; leur accomplissement n'apprend rien à l'utilisateur sur l'objet et ses contraintes, contrairement au déplacement physique. Autrement dit, avec une maquette physique, **se déplacer ne signifie pas seulement passer d'un**

point à l'autre mais accomplir et appréhender l'objet à partir du mouvement même et de l'effort de déplacement. Le passage du physique au virtuel représente, de ce point de vue, une perte. La question est donc de savoir quelle est l'importance de cette perte et, dans le cas où elle serait conséquente, si elle peut être compensée par de nouvelles astuces numériques.

Le Risque de table rase

Les observations et réflexions précédentes conduisent à la conclusion suivante : en matière de passage des maquettes physiques aux maquettes virtuelles, la pratique de la table rase est particulièrement problématique.

Nombreux concepteurs et développeurs d'outils de visualisation et de maquettage numérique imaginent que ces outils devraient se substituer aux anciens. A priori, ils devraient permettre de réaliser plus rapidement ce qui se faisait anciennement avec les maquettes physiques.

Le problème est que les activités de conception et d'utilisation des maquettes physiques n'ont pas fait l'objet de retour d'expériences approfondi. Les acteurs industriels eux-mêmes savent finalement peu de chose sur ce qui se joue avec les maquettes physiques, sur les compétences qu'elles supposent et les savoir qu'elles génèrent. Le risque est alors, avec les maquettes virtuelles, de repartir à zéro, de ne pas tirer profit de l'expérience acquise avec les maquettes physiques, à défaut de l'avoir formalisée.

Par ailleurs, on oublie souvent le fait que les outils de visualisation ne sont pas utilisés dans un univers vierge d'objets.

- ◆ Lors des revues de projet, par exemple, l'agencement de la salle, la position relative de l'animateur et de l'écran, des participants et de la porte d'entrée, etc. influent sur la focalisation de l'attention et sur les possibilités d'entrée et de sortie (discrètes ou théâtralisées) des participants (partis chercher un plan, une pièce ou une maquette pour mieux se faire comprendre).
- ◆ Au niveau de la table de travail du concepteur, nos observations dans les bureaux d'études avaient déjà fait apparaître la multiplicité et le rôle des croquis au crayon, des maquettes en pâte à modeler ou en carton jouxtant les écrans de CAO. Les outils numériques ne remplacent pas purement et simplement d'autres formes de représentation.

Dans cet univers d'objets physiques constitutif de l'écologie de la conception, les maquettes physiques semblent jouer un rôle crucial quant à la qualité et la richesse des interactions entre les participants. Celles-ci ne servent pas seulement à rassembler et à visualiser des données pour tester quelques hypothèses en les soumettant à quelques partenaires de choix (professionnels d'autres métiers ou utilisateurs). Elles ne sont pas seulement le support d'une recherche ciblée de données permettant de valider un concept. Les maquettes physiques sont aussi des supports et des vecteurs de la réflexion pour chacun des protagonistes. Elles sont aussi des **objets-frontières** (Star, 1989) qui permettent de réduire le fossé entre différentes compétences et différents langages professionnels.

On constate ainsi que la communication autour des maquettes est d'autant plus fructueuse que les participants ont la possibilité d'exprimer ce que cela leur évoque, même si leurs réflexions ne correspondent à celles qu'attendaient les concepteurs. En fait, **les maquettes évoquent des choses différentes pour chaque participant**. Chacun peut alors aborder des questions et aspects relevant de registres très variés : structure du produit, usage, fiabilité, fonctions... Brandt (1997) et Middler (1993) montrent ainsi que les maquettes physiques s'adressent à plus de sens que ne le font les modèles sur papier ou sur console informatique. Elles induisent plus de réflexion et plus de commentaires. La possibilité d'interagir avec la maquette est un de ses atouts majeurs.

Le passage aux maquettes virtuelles, de ce point de vue, mérite d'être examiné avec attention tant les différences sont grandes, a priori, entre physique et numérique : les sens mobilisés, les possibilités et les modalités d'interaction, la distribution inégale de l'accès à la manipulation des maquettes, etc.

La nature des maquettes physiques est également un facteur décisif (Ehn, 1992). Grossières ou raffinées, elles ne suscitent pas les mêmes réactions. Les plus simples et grossières, aisément démontables et transformables, provoquent le plus de réactions de la part des participants. Ces réactions concernent, en outre, une multiplicité de registres considérable et des aspects partiellement imprévisibles. Au contraire, les maquettes les plus finies et détaillées canalisent plus fortement les réactions des participants sur des détails particuliers. Il y aurait donc une relation étroite entre le type de maquette et la qualité des échanges de vue entre les concepteurs. Cette conclusion est probablement aussi valable pour les maquettes physiques que virtuelles. Elle est, en outre, corroborée par les analyses et les nouvelles tendances concernant le dessin industriel et la priorité accordée, en amont du processus de conception, aux formes de représentation les plus ouvertes et grossières, évitant de figer trop rapidement les détails des solutions.

Dans ce contexte, **l'autorisation ou l'interdiction d'utiliser des maquettes physiques en complément de la visualisation numérique** semble alors être un facteur important, au moins transitoire, favorisant, freinant ou transformant la nature du passage à la visualisation numérique. Elle affecte la nature des apprentissages individuels et collectifs et donc les compétences produites à terme.

Être attentif à l'amont et à l'aval de la visualisation numérique

De même que s'est posée la question de la capacité à manipuler la visualisation et les pointeurs, se pose la question de la maîtrise de l'outil de simulation : préparation des scénarios, conduite des simulations, constitution de la mémoire des débats et décisions.

Il ne s'agit pas de se limiter à la comparaison entre deux types de maquettes, physique et numérique, et à leurs fonctions respectives. Le passage de l'une à l'autre ne se réduit pas à un transfert de fonctionnalités d'un support à l'autre. Bien plus que cela, il s'agit de changer des ensembles d'activités de maquetage et d'usages des maquettes. **Il ne s'agit donc pas de comparer seulement deux objets l'un à l'autre, mais deux processus de conception-fabrication-usage** de ces objets.

LE CHOIX D'UN SCENARIO DE MAQUETTAGE, SIMULATION ET VISUALISATION

Pour comprendre ce que les utilisateurs manipulent dans une maquette, il convient de comprendre aussi l'activité de leur concepteur. Une maquette physique ou virtuelle n'est pas un objet brut, simplement réaliste. Elle est, au contraire, toujours conçue en fonction d'une perspective, de quelque chose à montrer, à explorer ou à tester.

Se posent alors d'innombrables questions dont les réponses permettent de mieux comprendre le contenu et le rôle des maquettes. Ainsi, par exemple, en ce qui concerne **l'origine de la demande** : d'où vient la demande ou l'idée de réaliser une maquette ? Qui demande ou suggère telle maquette, telle simulation ou telle visualisation ? Qu'est-ce qui est effectivement demandé ? Pour quelles raisons et pour quoi faire ? Quand et comment est exprimée la demande ou suggestion ? Et, pour ce qui nous concerne avec les maquettes numériques, sont-ce les mêmes acteurs, les mêmes demandes, les mêmes raisons, les mêmes finalités et les mêmes modalités de demande dans le cas des maquettes physiques et des maquettes numériques ?

Ensuite, vient **le choix** d'un type de maquette, d'un scénario de simulation ou de visualisation. Qui opère ce choix ? S'agit-il vraiment d'un choix ou, au contraire, de la reproduction d'une tradition dont les motifs sont plus que tacites ? Quelles discussions et négociations y a-t-il autour des choix opérés ? Quels acteurs sont impliqués dans ces choix ?

Nous avons également observé le fait que **le choix d'un scénario de simulation et de visualisation ne précède pas nécessairement la préparation des données et la réalisation de la simulation**. Parfois, le choix reste implicite et concourant au processus de réalisation.

LA PREPARATION DES DONNEES A VISUALISER

La comparaison, terme à terme, des maquettes ne suffit pas. Leurs processus de conception et de fabrication respectifs sont profondément différents. Une maquette physique n'est pas fabriquée par les mêmes acteurs qu'une maquette numérique. Dans le premier cas, ce sont des ouvriers qui sont mobilisés. Ils ont une expérience industrielle du produit. Leur avis et leur savoir-faire affectent la conception des maquettes. Parfois, ils contribuent à l'établissement des gammes de production du produit à partir de l'expérience qu'ils auront acquise au cours de la réalisation de la maquette.

Avec l'introduction des maquettes numériques, nous observons un **changement majeur au niveau de la population des acteurs concernés**. Au lieu d'ouvriers, la réalisation des nouvelles maquettes passe dans les mains de spécialistes des nouveaux outils informatiques. Ceux-ci opèrent des choix de conception des maquettes liées à de toutes autres sphères de compétences que celle des ouvriers et donc aussi en fonction d'autres critères. Les acteurs et les activités qui président à la conception et fabrication des maquettes, simulations et démonstrations changent en amont des maquettes elles-mêmes. **La réflexion ne peut donc se limiter à la définition des fonctions à inclure ou non dans les outils de maquettes numériques ; elle doit aussi porter sur le dispositif organisationnel qui accompagne le recours à l'une et à l'autre des maquettes**. Ainsi, se pose la question

de la place accordée, dans le choix et la réalisation des maquettes et des scénarios, aux ouvriers de métiers différents.

LA REALISATION DES SIMULATIONS ET VISUALISATIONS

Maquettes physiques et numériques diffèrent également au niveau des modalités d'usage qu'elles rendent possibles. Ainsi, nous avons observé qu'en dehors d'une réunion de revue de projet où était présentée une maquette physique, les participants revenaient voir la maquette pour tester l'une ou l'autre idée nouvelle. Avec les maquettes virtuelles, une fois la simulation terminée, le concepteur qui veut y revenir est contraint soit de pouvoir utiliser lui-même les nouveaux outils de visualisation, soit de passer par ceux qui peuvent le faire.

En cours de réunion de revue de projet également, la dynamique des interactions autour des maquettes se trouve modifiée. Là où plusieurs pouvaient intervenir en même temps pour montrer ou se déplacer pour voir autrement pendant que d'autres discutent, la maquette virtuelle impose un point de vue unique pour tous les participants, point de vue généralement piloté par un seul d'entre eux. Bien que l'organisation des réunions de revue de projet ait souvent prévu l'institution d'un chef de séance et d'un ordre du jour, la dynamique effective semble parfois pilotée par des acteurs moins officiels, telle que la personne qui pilote l'écran de visualisation. Il semble que le rôle et l'influence de celle-ci soient sous-estimés et peu pris en compte.

L'APRES SIMULATION

Un autre acteur, dont personne ne parle habituellement, est celui qui assure le secrétariat de la réunion de revue de projet : il note, par exemple, sur une base de données un certain nombre d'informations (chiffre, délai, coûts, responsable) issus de la discussion. Il remplit une fonction de mémorisation. Toutefois, de nombreuses questions se posent en ce qui concerne cette fonction, laquelle est exercée de manière variable selon les individus et les entreprises. L'annotation d'un modèle numérique ou d'un graphique posé sur la table n'est pas gérée de la même manière ni au moment de l'annotation ni ensuite dans son devenir.

Conclusions : outils, organisations, métiers et savoirs

En termes de gestion des ressources humaines, les principales leçons qui se dégagent de ces investigations portent moins sur les formations à assurer, sur les nouveaux recrutements à opérer ou sur les stratégies de motivations du personnel à mettre en œuvre. Au contraire, les enjeux s'expriment en termes d'outils (rétroaction sur la conception et prises offertes à l'action des concepteurs), d'organisation (redéfinition des rôles et émergence de nouveaux métiers), de collaboration et de coordination (confrontation des points de vue autour des maquettes, compétences mobilisées dans la conception et fabrication des maquettes). De manière transversale à ces réflexions, émerge la question des dynamiques d'apprentissage qui sont ou non mises en place à l'occasion de l'introduction des nouveaux outils. Les anciens registres d'action des métiers et de l'organisation sont remis en cause. Ils sont travaillés de l'intérieur par les acteurs. Les métiers et les organisations s'y forment à

l'épreuve des situations nouvelles d'action et de travail. Or, ces situations sont multiples et les compétences et les activités sont distribuées. En outre, une caractéristique majeure des processus de conception tient à la capacité des acteurs à coprescrire (Hatchuel, 1994), à se prescrire les uns aux autres des contraintes, des objectifs et des opportunités à saisir.

Ne pas tenir compte de ces éléments, condamne les concepteurs d'outils à rester en décalage permanent par rapport à l'activité industrielle. Il s'agit, au contraire, d'inscrire les outils dans l'action, ce qui implique aussi d'inscrire les possibilités d'action dans l'outil. Il importe donc de construire, à la fois, des outils donnant les moyens aux acteurs d'agir en mobilisant des connaissances anciennes et nouvelles et de rendre possible les nécessaires ajustements au sein de l'organisation. Aussi, ce que nous prônons à l'issue de cette investigation⁵, est le développement d'espace d'apprentissage au sein desquels les acteurs (à la fois sur l'axe « concepteurs – utilisateurs » des outils et sur l'axe des métiers intervenant dans la conception), de manière précoce, puissent faire connaître leurs contraintes. Nous sommes donc tout à l'opposé d'une logique de rationalisation et d'optimisation de l'activité de conception, à coup d'outils de maquettage numérique, de programmes de formation pour adapter les individus aux outils et de programmes de réorganisation pensés à partir des outils. Au contraire, tant au niveau de la conception des outils de conception qu'au niveau de leur usage dans la conception de produits, il s'agit de permettre aux acteurs d'inventer les outils qui facilitent la construction des compromis entre les exigences contradictoires dont ils sont les porte-parole et qui rendent également possible la mémorisation des contraintes de chacun et celle des compromis construits.

Bibliographie

- Brandt (Eva), 1997, How do mock-ups support collaboration between designers and users ?, miméo
- Ehn (Pelle), 1992, Setting the Stage for Design as Action. Artifacts for participatory design in theory and practices, *Nordisk Arkitekturforskning*, 4.
- Flichy P., 1995, *L'innovation technologique*, Paris, La Découverte.
- Hatchuel A., 1994, Apprentissages collectifs et activité de conception, *Revue Française de Gestion*, juillet, 109-120.
- Jeantet (Alain), Tiger (Henri), 1988, *Des manivelles au clavier*, Paris, Syros.
- Kling (Rob), 1991, Computerization and Social Transformations, *Science, Technology and Human Values*, 16(3), pp 342-367.
- Middler (Christophe), 1993, *L'auto qui n'existait pas. Management de projet et transformations de l'entreprise*, Paris, Inter-Editions.
- Star (Susan L.), 1989, The structure of ill-structured solutions : Heterogeneous problem-solving, boundary objects and distributed artificial intelligence, pp 37-54, in Huhns M., Gasser L. (eds), *Distributed artificial intelligence*, vol 2, San Mateo CA, Morgan Kaufman.
- Tollenaere M. (dir.), 1998, *Conception de produits mécaniques. Méthodes, modèles et outils*, Paris, Hermes.
- Vinck D., 1999, *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie des activités de conception et d'innovation*, Grenoble, PUG.

⁵ Recommandation convergente avec les travaux issus de la longue collaboration développée entre sociologues et mécaniciens, cf. le chapitre 5 de A.Jeantet et J.F.Boujut dans Tollenaere (1998),