

De l'esquisse à la maquette digitale : transformation des représentations graphiques en modèles numériques pour l'ingénierie de conception.

Catherine Elsen

Lucid Group, Université de Liège
FNRS Research Fellow
1, chemin des Chevreuils, B52
4000, Liège, Belgique
catherine.elsen@ulg.ac.be

Pierre Leclercq

Lucid Group, Université de Liège
Promoteur de thèse
1, chemin des Chevreuils, B52
4000, Liège, Belgique
pierre.leclercq@ulg.ac.be

RESUME

Ce projet s'intéresse à la place que tient aujourd'hui l'esquisse et les représentations 3D au sein du processus de conception, et plus particulièrement au sein des phases amont de la création chez les designers de produit. La question posée est la pertinence de l'esquisse au sein du système global des représentations externes et sa place actuelle dans le monde des possibles offerts par la CAO. La finalité de la recherche est l'objectivation d'un concept IHM pouvant effectivement et efficacement supporter les designers en phase créative.

MOTS CLES : conception assistée, processus de conception, modélisations graphiques et numériques.

INTRODUCTION

L'activité de conception est supportée depuis 2 décennies par les systèmes de CAO, conception assistée par ordinateur. En donnant aux architectes, ingénieurs et designers des moyens inédits de modélisation, ces outils apportent une valeur ajoutée indéniable à leur travail. Ces instruments numériques ne concernent cependant encore que les phases en aval du processus de conception : celles de simulation et d'optimisation de produits [5]. Cette limitation s'explique par (i) la nécessité d'encoder des modèles entièrement définis, contradictoires avec les représentations floues et implicites générées dans l'activité de création, et (ii) par le recours à des modes opératoires déclaratifs (WIMP), imposés par les interfaces, qui ne correspondent pas aux moyens d'expression spontanés des concepteurs [8]. Ces outils déformeraient même les mécanismes de pensée au point d'influencer négativement l'inventivité de leurs propositions [10]. L'esquisse, par contre, conserve au sein du processus amont une importance qu'il n'est plus nécessaire de prouver. De nombreux auteurs s'accordent en effet pour trouver à cette phase, initiatrice du processus complet de production, de nombreux atouts. Elle permet par exemple au concepteur de viabiliser, en tout cas de soumettre à son jugement, certaines des images mentales, floues, qu'il se fait de l'artefact à produire [11]. Elle allège la mémoire visuelle et spatiale [Bilba et Gero, ci-

tés dans 4] permettant de la sorte de libérer une certaine charge cognitive propre à conserver une dynamique d'échange avec le dessin, propre à aller de l'avant dans l'exploration de l'espace « problème », jusqu'à la convergence vers un binôme problème-solution jugé satisfaisant [1]. Il est donc aisé de comprendre pourquoi le couple « papier - crayon » demeure encore aujourd'hui, malgré la puissance logicielle, le principal outil de conception préliminaire. C'est ce paradoxe que notre projet se propose de dépasser par l'introduction du concept d'esquisse augmentée.

L'esquisse augmentée

Ce concept consiste à transposer la métaphore du papier/crayon dans l'environnement digital et à l'exploiter directement pour la modélisation 3D, l'objectif étant la spécification d'une nouvelle génération d'outils supportant la conception. Ces outils présentent un caractère (i) multimodal : traits libres, annotations et cotes ajoutées sont exploités en tant qu'expression synthétique d'une esquisse 2D pour générer le modèle numérique 3D ; (ii) interprétatif, c'est à dire capable de dépasser les procédures déclaratives contraignantes de la CAO pour permettre au concepteur de rester concentré sur sa tâche créative.

La stratégie scientifique globale construite autour de ce concept tente de répondre aux questions de recherche suivantes :

- > Quelles sont les caractéristiques opératoires des processus de conception préliminaire ?
- > Quelles représentations sont exploitées dans les phases inventives en conception et quels sont les processus de transformation opérés par le concepteur entre ses représentations internes (mentales) et externes (graphiques et numériques) ?
- > Comment faire interpréter la construction ontologique des pensées du concepteur par un dispositif digital et quels principes doit emprunter l'interaction homme-machine destinée à supporter un tel processus créatif ?

Cette recherche trouve une première application en architecture à travers le logiciel d'interprétation d'esquisses en temps réel EsQUIsE [7]. Ce logiciel, combiné au concept d'« interface invisible » [9], est capable de capter, analyser et interpréter les croquis des architectes en temps réel et de proposer des retours-utilisateur non intrusifs tels que la maquette 3D auto-générée de l'artefact dessiné, les bilans énergétiques ou les graphes topologiques du projet. L'interface choisie, en l'occurrence un bureau virtuel, s'adapte le plus possible aux modes naturels et intuitifs de travail des concepteurs. Cette « feuille de papier » virtuelle supporte n'importe quel type de trait, dessiné grâce à un stylo électronique. Ainsi, EsQUIsE constitue un premier support aux phases amont de la création architecturale, le concepteur étant totalement libre de dessiner et d'annoter, sans aucun carcan déclaratif et sans aucune dépendance vis-à-vis d'actions prédéfinies ou d'une quelconque chronologie.

L'innovation comme contexte

Ce contexte étant défini, notre recherche désire s'attacher principalement à l'analyse de l'activité des designers de produits. Ceux-ci, en comparaison avec les architectes, pouvant en effet nous apporter des informations supplémentaires quant à la relation entretenue, dès les phases amont de la conception, avec la troisième dimension (cette relation étant, on le verra plus tard, bien différente suivant la discipline). De même, nous préférons ce type d'acteur aux designers spécialisés dans des domaines plus pointus (tels que les designers en équipements sportifs, en matériel hospitalier ou mécanique,...), les designers de produits étant selon nous plus enclins à proposer des formes libres et innovantes, procédant plus d'un jet créateur que d'un processus d'optimisation. Nous nous sommes également intéressés à ce domaine particulier car il nous garantissait des sujets capables de fournir dans un laps de temps relativement court des projets suffisamment aboutis, n'impliquant pas trop de considérations techniques et ne nécessitant de ce fait pas l'intervention extérieure de collaborateurs spécialisés. Ce contexte d'innovation « spontanée » correspondait particulièrement bien aux recherches exploratoires et cliniques que nous nous proposons de mener dans un premier temps.

Questions de recherche

Parmi les nombreux axes d'investigation qui s'offraient à nous dans le contexte précité, deux d'entre eux ont été choisis pour initier le processus de recherche.

- > Quelles relations les designers entretiennent-ils avec l'esquisse ? Quelle est sa réelle efficacité, sa contribution au processus de conception et à l'opposé ses principales limitations dans le domaine du design de produit ?
- > Quelles relations les designers entretiennent-ils avec la 3^{ème} dimension ? Comment pourrait-on efficacement

adapter le concept d'esquisse augmentée aux phases préliminaires de conception ?

METHODOLOGIE

Les thématiques sélectionnées ont été abordées selon la méthodologie suivante : tout d'abord les informations de base ont été collectées grâce à un court état de l'art, suivi d'un contact direct avec quelques designers via une interview afin de collecter leurs points de vue sur ces thématiques. Ensuite le caractère pragmatique de deux expérimentations, avec leurs post-interviews, a permis d'asseoir certaines théories sélectionnées et certaines informations collectées. Enfin, l'observation de deux infographistes modélisant en 3D les objets précédemment conçus par les designers a mis en lumière la relation réellement entretenue par les professionnels du milieu avec les outils de CAO actuels.

Interviews

Les interviews de 6 designers professionnels, novices ou expérimentés, enseignants, indépendants ou employés, nous ont éclairé quant à la réelle utilité de l'esquisse, l'aide qu'elle constitue quotidiennement pour les concepteurs mais également les inconvénients qu'elle occasionne. Cette première collection d'informations qualitatives nous a montré, par exemple, que les esquisses souffrent d'une structure trop rigide et fixe, nécessitant l'apport d'une visualisation 3D dynamique et fluide afin de mieux appréhender l'artefact dans sa globalité, d'en communiquer l'essence à des partenaires industriels, des collègues ou encore au client. Cette visualisation est la plupart du temps réalisée par des infographistes, spécialisés dans le maniement de l'outil informatique mais moins sensibles au contenu de l'esquisse puisque ne partageant pas un référentiel commun avec les designers. En conséquence, d'inévitables erreurs d'interprétation apparaissent, suivies d'allers-retours, de modifications et pertes de temps. Ces contretemps peuvent être évités lorsque le designer acquiert lui-même les compétences nécessaires en modélisation (2 à 3 ans de pratique pour une réelle efficacité) ou lorsqu'il fait l'impasse sur l'étape du dessin à main levée, fait cependant rare.

Expérimentations

Les entrevues nous fournissant un profil clairement défini des designers, deux d'entre eux ont été sollicités pour une expérience de conception en temps réel sous l'œil des caméras et d'un observateur. Le caractère exploratoire de cette phase initiale de la recherche implique en effet une étude à caractère plus clinique que statistique, la granulométrie relativement fine ainsi obtenue brassant de ce fait, et dans un premier temps, de plus nombreux aspects de la conception. Les participants sont tous deux considérés comme experts [2], l'un d'eux ayant 3 ans d'expérience et étant particulièrement familiarisé à l'outil informatique, l'autre ayant plus de 30 ans d'expérience dans le monde du design mais ne modéli-

sant jamais lui-même ses projets. L'artefact à produire, en l'occurrence une télécommande multi-fonctionnelle, a fait l'objet d'une longue analyse et d'une validation par un designer professionnel complètement étranger au processus exploratoire mis en place. La télécommande a été choisie pour son potentiel à conduire à des esquisses où la relation à l'utilisateur, l'ergonomie, la représentation 3D seraient prégnantes. Les sujets devaient proposer, dans un contexte « think aloud », au minimum un projet esquissé de manière suffisamment complète que pour pouvoir être modélisé par la suite.

Codage et analyse des données

Des grilles d'analyse ont été dressées afin d'étudier les différents croquis réalisés en relation avec les commentaires et gestes simultanés des concepteurs. Ces grilles s'intéressent, entre autres, aux différentes étapes du processus de conception (le concepteur analyse-t-il, cherche-t-il, propose-t-il ou évalue-t-il ?), aux esquisses (que dessine-t-il ? le trait, avec son degré d'abstraction, génère-t-il un dessin conceptuel, des courbes maîtresses, des détails, annotations, un rendu contextualisé, ... ?) et à l'externalisation choisie (vue en plan, de profil, perspective ? pourquoi ?) Le découpage des différentes étapes de la conception en actions (défini précédemment à toute analyse) et leur chronométrage a fourni deux grands types de résultats. D'une part, des graphiques représentant les proportions (en temps passé et en nombre d'actions) allouées aux différents critères observés et comparés, et d'autre part leur évolution chronologique tout au long du processus. Ces données, couplées à l'analyse du contenu sémantique de l'esquisse, ont mis en lumière plusieurs résultats.

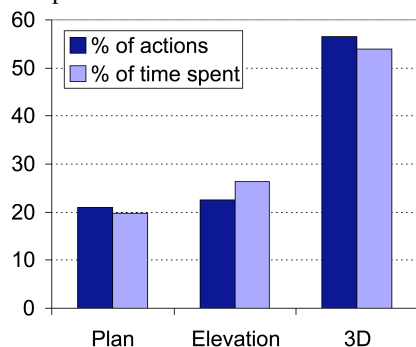


Figure 1 : Graphique type « proportions »

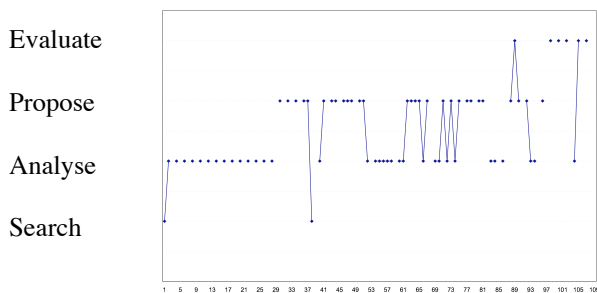


Figure 2 : Graphique type « évolution chronologique »

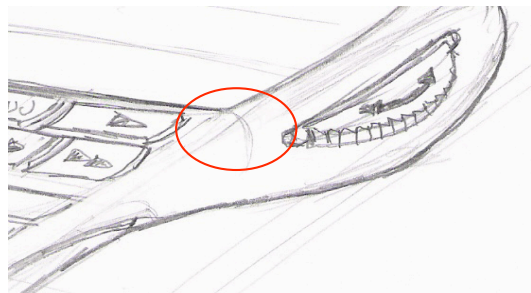


Figure 3 : Analyse du contenu de l'esquisse et de ses codes graphiques.

PREMIERES OBSERVATIONS

Ce processus exploratoire a tout d'abord permis de cerner, parmi certaines des théories cognitives proposées dans la littérature, celles qui semblent les plus adaptées à la conception dans le domaine du design de produits. Ainsi, la vision opportuniste du processus de conception [11] correspond particulièrement bien au processus, avec une résolution des problèmes au fur et à mesure où ils apparaissent, sans réel schéma de conception pré-établi. De même, la théorie de la conception vue comme une construction de représentations [11] expliquerait les intenses relations entretenues avec le dessin, dont certains aspects avaient déjà été explicités par la théorie du « see-transform-see » [Schön, 1983 cité dans 11]. Ensuite, un lien intéressant a pu être tiré entre la conception en design et l'utilisation de la 3^{ème} dimension. En architecture, le siège d'honneur souvent réservé à la 3D est peu à peu remis en question. Pour autant que la conception soit concernée, les architectes esquissent en effet principalement des vues en plan et coupe (seuls 5% des dessins sont des perspectives [6]), la 3D n'étant utilisée qu'à des fins évaluatives [3].

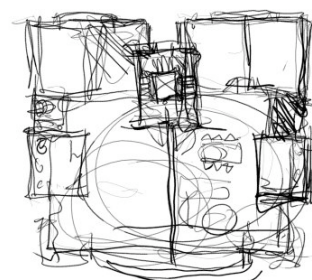
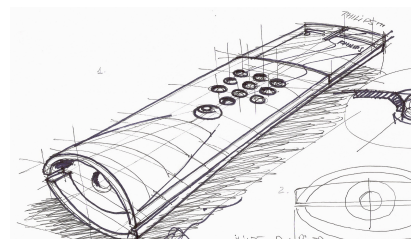


Figure 4 : Les représentations externes principales : en haut, travail en perspective pour le designer ; en bas, travail en plan pour l'architecte

Cette première recherche exploratoire, bien que représentant un caractère clinique peu enclin aux généralisations, incite à adopter un point de vue plus flexible lorsque la 3^{ème} dimension est abordée dans le domaine du design de produit. En effet, les résultats montrent que ce type d'externalisation est dans ce cas bien plus qu'un outil d'évaluation ou de communication. Les designers la considèrent comme une étape à part entière du processus de conception, introduite très tôt, pour ne pas dire à l'instant initial. L'externalisation de la 3D, sous forme de perspective dessinée à main levée dans un premier temps, permet au concepteur d'intégrer des considérations ergonomiques, techniques et esthétiques. La plupart des courbes maîtresses sont définies sur la perspective, répondant à des choix dimensionnels ou des détails fixés sur les vues orthonormées qui n'en restent pour autant pas moins déterminantes.

La vue 3D est également utilisée pour formaliser des textures, des rendus, des contextualisations. L'expérience menée nous a montré que les formalisations précises correspondent généralement à des phases de proposition dans le processus du concepteur, tandis que les effets d'ombrage correspondent eux à des phases d'évaluation du projet.

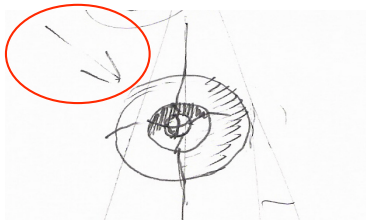


Figure 5 : Un exemple explicite de l'utilisation de l'ombrage en tant qu'outil d'évaluation

Si l'on s'intéresse de plus près au contenu de l'esquisse, on observe que des traits légers forment la structure de composition, marquent les principaux axes du dessin (symétrie, trame etc.) tandis que les traits considérés comme « finalisés » sont eux toujours plus épais, mis de cette manière en évidence et « cristallisés ». L'observation des croquis nous apprend par ailleurs que les designers entretiennent avec le phénomène « essayer-erreur » une tout autre relation que les architectes. Ces derniers préféreront commencer tout dessin neuf sur une feuille ou un calque distinct, tandis que les designers, eux, travailleront leurs différentes propositions sur le même dessin, les traits précédents semblant nourrir littéralement l'émergence des traits neufs.

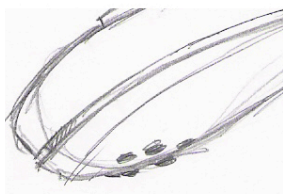


Figure 6 : Superposition des traits dans un cycle « essayer-erreur »

Enfin, la modélisation par des infographistes professionnels d'un des artefacts produits lors de nos expérimentations a complété la liste des limitations induites par les outils de CAO actuels, et l'apparition de réguliers problèmes de compréhension et d'appréhension du croquis nous ont confortés quant à la nécessité d'un support à la conception pour ce stade particulier du processus.

PERSPECTIVES FUTURES

Cette première phase exploratoire de recherche nous montre à quel point l'esquisse et la vue 3D constituent de puissants outils d'aide à la conception pour les designers de produit. Le concept d'esquisse augmentée semble donc pouvoir également supporter leur processus de conception, mais il doit tenir compte des particularités de celui-ci et doit s'adapter à ses spécificités. Et ceci tout en respectant la philosophie de base qui a fait de ce concept ce qu'il est aujourd'hui dans le domaine de l'esquisse architecturale (voir travaux associés, P. Leclercq). Si on considère les spécificités requises plus particulièrement dans le domaine du design, un tel outil devrait entre autres supporter une interprétation en temps réel de vue orthogonales mais aussi de vues en perspective, le système proposant pour les vues cachées une interprétation assumée de la coopération et validation du concepteur (à l'heure actuelle EsQUIsE effectue en réalité une extrusion verticale d'éléments dessinés en plan). Loin de vouloir concurrencer des logiciels d'interprétation existants, tels que Teddy (Takeo Igarashi), qui proposent le plus souvent une vision en « blobs », l'intérêt serait ici d'offrir à l'utilisateur une vue plus construite de son artefact: traits de composition, de construction, de recherche formelle et de rendus, qui correspondent plus à l'image mentale qu'il s'en fait aux divers stades préliminaires de la conception. L'analyse des formes libres à travers la reconnaissance de traits, de leur contenu sémantique et leurs caractéristiques graphiques semble être dans ce cas-ci le modèle le plus adapté. L'objectif global est de « faire le pont » entre le jet créateur du concepteur et l'interface CAO indispensable pour les phases ultérieures de la conception, mettant ainsi à disposition un véritable carnet de croquis virtuel et « intelligent ». Ce leitmotiv animera la poursuite de nos travaux : les thématiques abordées à travers nos questions de recherche seront investiguées grâce à des analyses longitudinales de l'activité de conception et une collection d'expérimentations plus pointues sur la relation entretenue avec les diverses externalisations tout au long du processus amont de la création.

BIBLIOGRAPHIE

1. Cross N. *Strategies for Product Design, Third Edition*. The open University, Milton Keynes, Ed. Wiley, UK, 2000.
2. Ehrlenspiel K. *Integrierte Produktentwicklung*. Ed. Carl Hanser Verlag, München, 1995.

3. Estevez D. *Dessin d'architecture et infographie, l'évolution contemporaine des pratiques*. CNRS Editions, Paris, 2001.
4. Gero J.S. & Bonnardel N. *Does sketching off-load visuo-spatial working memory ?* In *Studying Designers '05*, Key Centre of Design Computing and Cognition, University of Sydney, Australia, 2005.
5. Jonson, B. *Design ideation : the conceptual sketch in the digital age*. University of London, Design Studies 25, 6, November 2005.
6. Leclercq P. *Environnement de conception architecturale préintégré – Eléments d'une plate-forme d'assistance basée sur une représentation sémantique*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Appliquées, Université de Liège, Belgique, 1996.
7. Leclercq P. & Juchmes R. *The absent interface in Design Engineering*. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, AIEDAM Special Issue : Human-computer interaction in Engineering contexts, Cambridge University Press, USA, 2002.
8. McCall, R., Ekaterini V. & Joshua Z. *Conceptual design as hypersketching*. CAAD Futures' 01, Kluwers, Doordrecht, 2001.
9. Safin S., Boulanger C. & Leclercq P. *A virtual Desktop's First Evaluations for An Augmented Design Process*. Proceedings of Virtual Concept, France, 2005.
10. Van der Lugt R. *How sketching can affect the idea generation process in design group meetings*. Delft University of Technology, Design Studies 26, 2, March 2005.
11. Visser W. *The cognitive artifacts of designing*. Ed. Lawrence Erlbaum, London, 2006.