

Titre

Du crayon au stylo numérique : influences des interprétations numériques sur l'activité graphique en tâches de conception.

Auteurs

Stéphane Safin
Roland Juchmes
Pierre Leclercq

Adresses postales et électroniques des auteurs

Université de Liège – Lucid group (Lab for user cognition and innovative design)
1, chemin des chevreuils, Bât B52,
4000 Liège
Belgique

stephane.safin@ulg.ac.be
r.juchmes@ulg.ac.be
pierre.leclercq@ulg.ac.be

Numéros de téléphone et télécopie des auteurs

Tel : +32.4.366.95.15
Fax : +32.4.366.95.17

Résumé de la soumission

Notre recherche s'inscrit dans le cadre du développement de logiciels basés sur le dessin à main levée dans le domaine de l'architecture. Dans cet article, nous étudions l'activité de "mise au net" de dessins lors de la phase d'esquisse préliminaire et cherchons à identifier des modifications de cette activité induites par un environnement logiciel. Nous observons quatre activités de conception, deux sur papier-crayon et deux sur environnement numérique et déduisons des conclusions opérationnelles pour le développement de logiciels destinés à supporter le croquis d'architecture.

Mots clés

Conception architecturale, esquisses, interprétation de croquis

Logiciel utilisé

MS Word 2004 pour Mac

Forme de participation

Article de recherche long

Thèmes

Analyse des usages, évaluation de l'impact de nouvelles technologies sur l'activité, interfaces au stylo

Du crayon au stylo numérique : influences des interprétations numériques sur l'activité graphique en tâches de conception.

Stéphane Safin

Roland Juchmes

Pierre Leclercq

Université de Liège – Lucid group (Lab for User cognition and Innovative Design)
1, chemin des chevreuils, Bât B52, 4000 Liège Belgique
prenom.nom@ulg.ac.be

RESUME

Notre recherche s'inscrit dans le cadre du développement de logiciels basés sur le dessin à main levée dans le domaine de l'architecture. Dans cet article, nous étudions l'activité de "mise au net" de dessins lors de la phase d'esquisse préliminaire et cherchons à identifier des modifications de cette activité induites par un environnement logiciel. Nous observons quatre activités de conception, deux sur papier-crayon et deux sur environnement numérique, et déduisons des conclusions opérationnelles pour le développement de logiciels destinés à supporter le croquis d'architecture.

MOTS CLES : Conception architecturale, esquisses, interprétation de croquis.

ABSTRACT

Our research take place in the framework of the development of free-hand sketches softwares in architectural domain. In this paper, we study, in the preliminary stage of design, the activity of « neatening » drawings, i.e. transforming « rough » sketches in « clean » sketches. We try to identify modifications of this activity induced by a software environment. We observe four design activities and define operational conclusions for the development of architectural sketches softwares.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: J.6 [Computer Applications] Computer-Aided Engineering|Computer-aided Design, H.1.2 [Models and principles] User/Machine Systems|Human factors

GENERAL TERMS: Design, Human factors, Experimentation.

KEYWORDS: Architectural design, sketches, drawing interpretation

INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans un large contexte d'études d'usages pour le développement d'applications de conception assistée par ordinateur sur base d'esquisses. Ce type d'environnement pose un certain nombre de questions sur la manière dont les activités d'expression graphiques sont modifiées par les atouts et limitations de tels systèmes. En particulier, nous nous intéressons dans ce papier aux modifications induites par un environnement d'esquisses numériques dans l'activité de remise au net de croquis. Notre étude part du constat réalisé lors d'une étude préalable [17] mettant en lumière une différenciation fonctionnelle et graphique entre des dessins « nets » et des dessins « de brouillon » dans les activités de conception architecturale. Alors que ces deux types de dessins ont été identifiés aussi bien sur système numérique que sur papier-crayon, les modalités de leur construction n'ont pas été étudiées en détail. Notre objectif final est de comprendre la dynamique de cette construction graphique afin d'orienter le développement de nouveaux outils basés sur l'esquisse (et notamment la reconception de l'un de nos précédents prototypes).

Afin d'appréhender l'activité de mise au net de dessins et l'influence d'un environnement de dessin numérique sur cette activité, nous dressons dans un premier temps un court état de l'art sur les interfaces-esquisses, nous explorons ensuite la notion de transformation des croquis dans la littérature, puis reprenons les données de notre étude précédente, et la complétons de nouvelles analyses. Ces dernières sont focalisées sur les moments de mise au net des dessins, avec l'angle d'approche évoqué ci-dessus.

L'ESQUISSE ET LE DESSIN NUMÉRIQUE

La réalisation d'un projet architectural comprend de nombreuses étapes et fait appel à différents acteurs et utilise des ressources et représentations variées [16]. Lors des premières phases du projet, la plupart des concepteurs continuent d'utiliser l'esquisse réalisée sur papier plutôt que les systèmes informatiques d'assistance au dessin. L'esquisse de conception à main levée présente en effet des caractéristiques graphiques bien adaptées aux activités créatives caractéristiques de ces premières étapes : rapidité d'exécution et expressivité graphique [17], abstraction et ambiguïté [13]. Graphique

ment, elles sont composées de nombreux traits imprécis, parfois redondants, présentant peu de variétés (types, couleur, épaisseur etc.) À l'inverse, le dessin numérique réalisé à l'aide de logiciels courants de DAO (dessin assisté par ordinateur) se caractérise par une grande variété de traits, une grande précision et peu d'ambiguïté [11,12]. Le dessin à main levé est en outre jugé moins fini et plus créatif que le dessin numérique [2].

OUTILS D'INTERPRETATION D'ESQUISSES ARCHITECTURALES

De nombreux auteurs ont proposé des outils tentant d'exploiter les esquisses architecturales dans un environnement numérique. Nous distinguons trois approches.

- Les environnements numériques basés sur l'analogie avec les outils traditionnels. Ces environnements ne permettent pas une interprétation des esquisses, mais proposent une transposition dans un environnement informatique des outils traditionnellement utilisés en conception architecturale préliminaire: papier, crayons, gomme, feutres, calques etc. Ils peuvent donc être comparés aux logiciels de dessin utilisés par les graphistes. Nous pouvons par exemple citer « translucent patches » [9] qui est basé sur l'utilisation de la transparence et une métaphore du calque ou encore Electronic Paper [1] qui est un système multimodal alliant geste et dessin pour supporter les activités de conception.

- Les outils d'interprétation de croquis 2D. Ces outils analysent puis interprètent les dessins à main levée pour créer un modèle informatique du projet. *The Electronic Cocktail Napkin* [4] par exemple interprète de diagrammes pour accéder à différentes applications comme la recherche en base de cas. *Structural Sketcher* [15] permet à l'architecte de développer son projet en 2D à partir « d'unités graphiques » du type grilles, contours, circulations etc. Ces systèmes présentent dans leur fonctionnement, de nombreux points communs avec les outils de prototypage rapide d'interface comme *SILK* [10].

- Les outils de modélisation 3D adaptés à la conception préliminaire en architecture. Plusieurs auteurs ont développé des systèmes proposant une alternative aux logiciels de modélisation 3D basés sur le dessin à main levée. Citons par exemple Zeleznik et le système *SKETCH* [20] permettant de créer des scènes 3D par commandes gestuelles au stylo. Plus récemment, Huot [5] a proposé de reconstruire des volumes 3D à partir de dessins d'architecture en perspective. Hors du domaine de l'architecture, *Teddy* [6] est un système intermédiaire entre la reconnaissance de dessins perspectifs et le geste de commande qui permet de modéliser des formes complexes.

Le logiciel utilisé pour notre étude, appelé EsQUIsE, a des points communs avec ces trois catégories. Il utilise une analogie avec un carnet de croquis : l'utilisateur peut dessiner avec différents outils numériques (crayons virtuels de différentes couleurs) sur des calques virtuels et gérer la superposition et la transparence de ces feuillets virtuels. Il réalise une interprétation d'esquisses en plan

annotées à main levée et enfin, il permet la construction en temps réel de la maquette virtuelle du bâtiment et la navigation dans le modèle 3D généré par le système. Ce logiciel se positionne ainsi volontairement dans la phase amont du processus de conception. Notre propos ici n'est pas de détailler le fonctionnement d'EsQUIsE. Le lecteur intéressé pourra trouver l'information dans certaines de nos publications précédentes (pour le fonctionnement d'EsQUIsE, voir [7,8], pour l'interface, voir [18,19]). Ce logiciel étant en cours de réécriture, l'objet de cette étude est de spécifier de nouveaux concepts innovants basés sur les observations issues de l'ancienne version.

TRANSFORMATIONS DES ESQUISSES ARCHITECTURALES

De nombreux auteurs ont étudié la conception préliminaire, notamment en architecture, à travers la succession des représentations graphiques générées. Les esquisses à main levée, largement majoritaires à ce stade du projet, y sont étudiées comme les instantanés caractéristiques de l'évolution du processus de conception. Le processus peut alors être envisagé comme une succession des transformations entre les croquis. C'est l'étude de ces transformations qui nous renseigne sur les intentions du concepteur et sur les opérations cognitives mobilisées.

Goel [3], par exemple, analyse le processus de conception en définissant trois types de transformations entre les représentations : les transformations latérales (le dessin évolue d'une solution vers une solution légèrement différente), les transformations verticales (le dessin évolue d'une représentation vers une représentation plus détaillée de la même solution) et les duplications (le concepteur passe d'une représentation à une représentation équivalente).

En reprenant la caractérisation des transformations proposée par Goel, d'autres auteurs comme Rodgers, Green et McGown [17] utilisent la notion de complexité comme mesure de l'évolution du projet. Les croquis sont qualifiés sur une échelle de complexité allant de 1 (dessin au trait monochrome sans annotation ni ombrage) à 5 (nombreux traits, usage intensif des ombrages, annotations expliquant les choix de conception).

Neiman, Do et Gross [14] utilisent l'analyse rétrospective pour étudier le rôle du raisonnement formel dans le processus de conception. Ils suivent ainsi l'évolution de certains objets architecturaux (colonne, escalier) parmi les différents croquis. Les transformations pistées sont d'ordre géométrique : translations, rotations, changements d'échelle etc.

Notre recherche participe à cette approche de caractérisation des transformations entre croquis successifs mais en adoptant un niveau de granularité plus fin. Nous nous intéressons ici uniquement à une activité particulière, présente dans toutes nos observations, généralement qualifiée de « remise au net », consistant à reproduire un croquis de manière plus « soignée ». Nous recherchons les

caractéristiques de cette activité et ses implications pour le développement d'un environnement supportant l'activité de conception basée sur le dessin d'esquisses.

LE CROQUIS DANS UN ESPACE NUMERIQUE

Les premières évaluations de l'usage d'EsQUIsE lors de notre étude précédente (comparaison entre EsQUIsE et le papier-crayon, voir [19]) ont révélé différentes caractéristiques qui s'avèrent propres au dessin numérique. Dans les activités sur papier virtuel, une différenciation entre calques contenant des dessins « brouillons » et « nets » est apparue. Dans les activités papier-crayon, chacun des calques contient conjointement des dessins de brouillon et des dessins au net. Ceci nous a amené à identifier deux types d'esquisses utilisées dans la phase conceptuelle de la conception :

- **L'esquisse de simulation.** Il s'agit de dessins « de brouillon » caractérisés par un haut degré d'ambiguïté et de personnalisation et par une multiplication des solutions graphiques au problème architectural, qui rendent ardue voire impossible leur communication à autrui. Dans le travail au stylo électronique, nous avons constaté que les architectes réalisent ces esquisses de simulation exclusivement en couleur et sur des calques dédicacés afin d'éviter leur reconnaissance par le logiciel qui se traduirait par des incohérences dans l'interprétation (en effet, dans notre dispositif, le concepteur peut utiliser des crayons digitaux de différentes couleurs, mais seule la couleur noire est utilisée pour interpréter le croquis).

- **L'esquisse synthétique.** Elle est issue d'activités régulières de mises au net. Le dessin est moins ambigu et plus conventionnel que les précédentes. Chaque frontière (mur, paroi vitrée...) est représentée par un trait unique et ces frontières servent à circonscrire des espaces différenciés et donc à arrêter un agencement spatial particulier. L'esquisse synthétique est en grande partie interprétable par un autre architecte. Dans le croquis électronique, ces esquisses n'apparaissent que sur des calques au net et sont dessinées en noir.

OBJECTIFS DE L'ETUDE

Partant du constat de différenciation des deux types de dessins, nous nous posons la question des mécanismes sous-tendant le passage d'une représentation à l'autre (du brouillon vers le net, ou de l'esquisse de simulation vers l'esquisse synthétique). En effet, alors que les deux types de dessins sont observables et comparables dans l'environnement numérique et sur papier, les modalités de construction de ces dessins peuvent être très différentes. L'émergence claire de ces deux types de dessins dans l'environnement numérique est-elle une dénaturation du processus de conception architecturale ou, au contraire, le logiciel permet-il de supporter une pratique courante de mise au net ? La construction de dessins nets sur base de dessins de brouillon est-elle différente sur calques numériques et sur papier-crayon ? L'explicitation à un logiciel d'interprétation correspond-elle à la mise au net de versions du bâtiment pour soi-

même ? En d'autres mots, l'approche logicielle change-t-elle radicalement la nature des dessins et de leur construction ou soutient-elle l'activité de mise au net telle que présente « naturellement » à l'étape du croquis ?

METHODOLOGIE

Afin de répondre à ces questions, nous avons observé l'activité de quatre étudiants ingénieurs-architectes en fin de formation dans un exercice de conception architecturale simplifié mais réaliste, calibré pour une durée de quatre heures maximum. Il s'agit de la réalisation d'une école de 240 élèves en milieu rural, avec un certain nombre de contraintes strictes consignées dans un cahier des charges. Cet exercice, quoique assez éloigné de la complexité de la pratique architecturale (qui nécessite de nombreuses compétences autres que celles mobilisées dans le cadre strict de la conception préliminaire), est néanmoins représentatif de l'activité de *conception architecturale*, c'est-à-dire la définition des concepts-clés, de la forme et du fonctionnement d'un bâtiment.

Deux de ces activités ont pris place notre environnement numérique, les deux autres sur un dispositif papier-crayon classique. Afin de permettre aux observateurs de contextualiser les actions du concepteur, une procédure classique de *think aloud* a été mise en place. Chacune de ces activités a été intégralement filmée. Trois de ces activités avaient déjà été analysées dans leur globalité pour notre étude précédente, la quatrième ayant été ajoutée ici pour compléter nos données. Dans le cadre de cet article, nous nous sommes intéressés à des moments particuliers des activités, analysés plus en détail.

- Pour l'outil numérique, il s'agit des séquences durant lesquelles l'architecte travaille sur plusieurs calques dans un laps de temps assez court. Ces périodes correspondent aux moments où les esquisses de brouillon (généralement présentes sur un seul calque) sont remises au net sur les différents calques « nets ».
- Pour le papier-crayon, il s'agit de moments de mise au net que nous définissons comme le fait de reproduire toute ou une partie d'une esquisse sans modifier l'interprétation que l'architecte a de son dessin. Retracer à la règle, sur un nouveau calque, le plan d'un étage préalablement esquissé à main levée est une opération de mise au net. Repasser au marqueur épais le contour extérieur d'un bâtiment est aussi une opération de mise au net.

Nous avons cherché à comprendre la dynamique du processus de transformation des dessins. Pour ce faire, les extraits vidéos des moments concernés ont été analysés en détail par un ergonomie et un architecte. L'objectif est de comprendre le déroulement de ces moments de transformation de l'esquisse du point de vue cognitif mais aussi sémantique et architectural. L'analyse, qui se veut qualitative et exploratoire, vise à définir des concepts d'interaction pour la définition d'interfaces graphiques.

RESULTATS 1 : ACTIVITES PAPIER-CRAYON

Nous observons que les moments de mise au net ne constituent pas des *phases* du processus. L'architecte ne fait pas une pause dans la conception pour retracer tout son projet à un stade précis de développement. Il s'agit plutôt d'une activité que l'on retrouve à toutes les étapes du processus et de manière récurrente.

Activité de Benoît

Dans l'activité du premier sujet, appelons-le Benoît, nous observons différents mécanismes et fonctions de la remise au net.

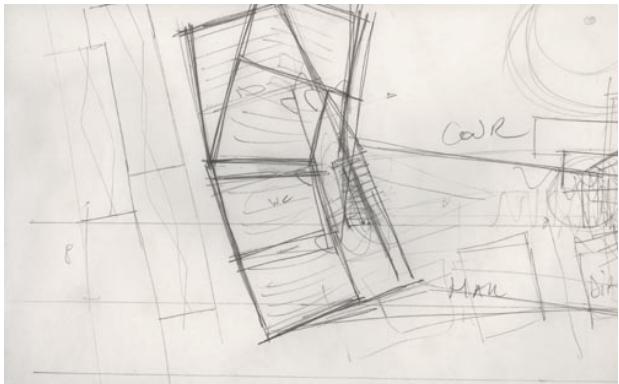


Figure 1 : Esquisse brouillon de Benoît

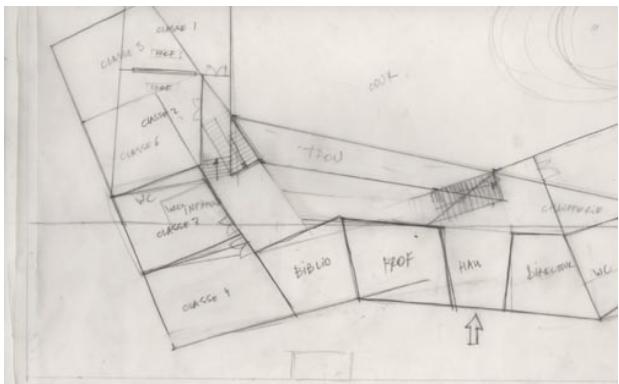


Figure 2 : Esquisse nette de Benoît

1. Choisir un tracé. Sur le dessin de brouillon (figure 1), les éléments architecturaux sont fréquemment délimités par plusieurs traits plus ou moins superposés plutôt que par contour simple. Lors de la mise au net, ces traits sont remplacés par un tracé unique, généralement plus épais (voir figure 2). De cette opération découle donc une simplification du dessin et une réduction du flou graphique. Cela consiste à remplacer un groupe de traits par un seul. Mais nous observons qu'il ne s'agit pas uniquement de retracer la solution la plus saillante. Il s'agit surtout de poser un choix conscient: sélectionner une seule position pour un objet quand le dessin de brouillon en présentait plusieurs. Ce choix n'engage cependant pas le concepteur pour l'entièreté du processus : le dessin remis au net pourra de nouveau devenir brouillon et ces choix pourront être remis en cause. Cependant la mise au net aura

permis de figer certains éléments, de donner un contexte provisoire à l'activité de conception.

2. Dessiner à la règle. Le dessinateur abandonne le dessin à main levée préférant utiliser une règle pour tracer les segments de droite. Il s'agit donc ici aussi d'un mécanisme de réduction du flou et de l'imprécision du tracé. Le trait se rapproche de la projection de l'objet architectural qu'il figure (par exemple le mur).

3. Préciser les mesures. Benoît affecte une mesure précise aux traits lors de la remise au net. Il ne s'agit pourtant pas d'une action de conception mais d'une mesure de vérification. Le dessin de brouillon découlait déjà d'une réflexion sur les dimensions mais le flou et l'imprécision de cette représentation ne permettaient plus de contrôler les contraintes du programme architectural. La réduction du flou graphique s'accompagne d'une réduction de l'imprécision et souvent d'une vérification fonctionnelle des dimensions.

4. Expliciter le fonctionnement. La mise au net s'accompagne aussi d'ajout de légendes permettant de situer les locaux. De plus, on observe l'ajout d'informations : représentation du mobilier, position des portes, annotations etc. La vitesse d'exécution de cette tâche, quasi automatique, nous laisse croire qu'il s'agit d'une opération d'explicitation (réduction de l'ambiguïté) plutôt qu'une opération de conception. L'aménagement intérieur n'est pas conçu à ce stade, le dessin du mobilier permet simplement de donner des indications sur le fonctionnement du bâtiment.

5. Utiliser la gomme. Benoît utilise la gomme sur son dessin au net, ce qui n'est pas le cas pour ses dessins de brouillon. Pour ces derniers, il laisse coexister des traits de toutes sortes et des solutions multiples. La correction se fait par incrémentation du croquis.

Ces cinq éléments montrent que la remise au net fait évoluer le dessin d'une représentation floue et imprécise, que nous pouvons qualifier de conceptuelle, vers une représentation précisée géométriquement.

On observe en outre deux types de mise au net. Le premier, évoqué ci-dessus, consiste à opérer un choix parmi plusieurs solutions. Ce choix, éventuellement validé par une vérification dimensionnelle, est retracé dans une plus grande précision géométrique. Le second type de mise au net consiste uniquement à retrancrire le dessin « au propre ». Ici les traits sont repassés finement, sans augmentation de la précision et sans vérification dimensionnelle. Il s'agit simplement de reporter des éléments non aboutis d'une représentation à une autre. Les éléments sont simplement retracés, ils feront l'objet de réflexions de conception plus tard dans le processus. Lorsque Benoît utilise un nouveau calque pour redessiner le projet, ce calque peut être à la fois composé d'éléments mis au net (sélection consciente parmi les possibles) et d'éléments simplement retracés (dupliqués). Cette méthode lui permet de valider certaines par-

ties du projet sans attendre la cohérence complète de la représentation.

Activité de Marie

Dans l'observation de l'activité au crayon de Marie, nous distinguons deux types de mise au net.

La première correspond à l'activité observée chez Benoît : la sélection d'un tracé parmi les multiples possibles du dessin de brouillon. Marie, comme Benoît, utilise sa latte et prend des mesures pour la vérification des dimensions du projet. La seconde activité correspondant à la définition d'une opération de mise au net consiste à surligner, sur le même calque, une partie du dessin. Ici, Marie surligne avec un marqueur épais les traits de certains locaux. Un local dont le contour est surligné est temporairement « gelé » : le concepteur n'y travaillera plus avant un certain temps. Ce surlignage n'est pas précis (trait épais et tracé à main levée) mais concerne toujours des éléments issus d'une mise au net précédente.

Le premier type permet de préciser et simplifier la représentation tandis que le second (le surlignage) sert à délimiter des zones aux frontières figées, dont le fonctionnement intérieur ne fait plus partie des problèmes de conceptions envisagés dans cette représentation.

Nous observons chez Marie que l'activité de mise au net n'est pas clairement dissociée de l'activité de conception : les moments de mise au net sont entrecoupés de moments de conception.

RESULTATS 2 : ACTIVITES SUR LE BUREAU VIRTUEL

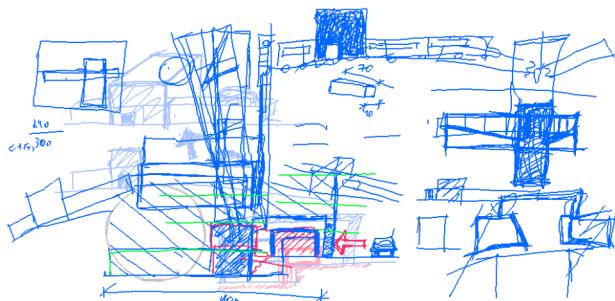


Figure 3 : Esquisse numérique brouillon de Gilles

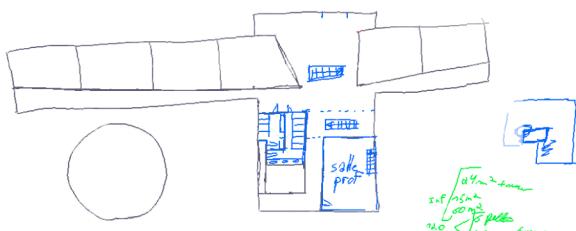


Figure 4 : Esquisse numérique nette de Gilles

Dans notre étude précédente [19], nous avions observé une méthode de travail très particulière liées aux activi-

tés de conception avec notre environnement numérique. Alors que l'essentiel de l'activité se déroulait sur un seul calque, nous avions identifié des séquences ponctuelles lors desquelles l'ensemble des informations d'un calque « brouillon » était mis au net sur des calques « nets ». L'activité de mise au net est bien circonscrite dans le temps et peut donc être comprise comme une « phase » du travail de conception. Nous décrivons ci-dessous plus en détail les opérations menées lors de ces « phases de mise au net ». Un exemple de calque numérique brouillon et de calque numérique net sont donnés aux figures 3 et 4.

Activité de Quentin

Conformément à ce qui vient d'être dit, Quentin différencie les calques de simulations, contenant les dessins au brouillon, et les calques remis au net. Il utilise en fait un seul calque de simulation tout au long du processus de conception. L'activité de simulation est ponctuée par des phases de remise au net. Lors de ces phases, Quentin remet au net les représentations de tous les niveaux du bâtiment. De plus, les mises au net concernent toujours l'entièreté des plans. En effet, contrairement à la mise au net sur papier qui peut ne concerner qu'une partie du plan ou être interrompue par des actions de conception, l'activité de Quentin consiste à produire en une fois une représentation complète et cohérente du bâtiment.

Après une phase de simulation, Quentin ne recrée pas de nouveaux dessins au net. Il utilise la possibilité offerte par le système d'effacer des traits et corriger les plans au net déjà tracés, conformément au nouvel état d'avancement du projet. Il établit ainsi un lien direct entre les représentations nettes et l'interprétation qu'en opère le logiciel (ici une maquette 3D auto-générée).

Une autre caractéristique de la remise au net effectuée par Quentin est qu'elle ne concerne que les contours des locaux. Il ne redessine pas le mobilier et n'ajoute pas de légendes. Il s'agit donc bien de reproduire uniquement ce qui est interprété par le système.

Contrairement aux résultats des observations des concepteurs sur papier, Quentin ne multiplie pas les représentations. Il utilise un calque dont aucun trait n'est interprété sur lequel il effectue toutes ses simulations et trois calques représentant chacun un étage du bâtiment.

Dans le cas de Quentin, il apparaît clairement que l'activité d'interprétation du logiciel (la génération de la maquette 3D) influence fortement la méthode de travail.

Activité de Gilles

Comme chez Quentin, on observe dans l'activité de Gilles, de longues séquences de simulation sur un calque unique. Ces séquences sont ponctuées par des moments de remise au net lors desquelles tous les étages du bâtiment sont redessinés en une seule phase. Cependant, une

fois la remise au net terminée, Gilles ne revient pas sur son calque de simulation. Il transforme un dessin venant d'être remis au net en espace de simulation comme nous l'avons observé lors des activités sur papier. Ce dessin devient alors l'unique esquisse de simulation jusqu'à la phase suivante de remise au net de tout le bâtiment en une seule étape.

Comme s'il travaillait sur papier, Gilles effectue la remise au net de certains traits à la règle et vérifie précisément ses mesures. Par contre, entre les éléments remis au net et les brouillons, on constate une moins bonne correspondance que sur papier. Certains éléments retranscrits ne sont pas directement issus du brouillon. Cela s'explique notamment par le fait que le dessin de tous les étages nécessite, en vue de faciliter l'interprétation logicielle, des opérations de coordination entre les niveaux qui sont reportées à plus tard dans l'activité sur papier. Gilles gère donc son espace de dessin en partie comme sur papier : un dessin, remis au net devient un espace de simulation. Par contre il organise son temps de manière différente en réalisant la mise au net exhaustive de tous les étages en une seule étape.

La remise au net dans EsQUIsE n'a pas uniquement un rôle « interne » pour le concepteur. Elle est utilisée pour décrire le bâtiment à la machine en vue de son interprétation, notamment pour la génération du modèle 3D. C'est sans doute pour cette raison que les concepteurs sont attentifs à retracer des plans complets (plutôt que la partie qui les intéresse à un moment donné) et tous les niveaux dans la même étape. Cela permet de vérifier l'interprétation du logiciel et la cohérence du modèle de bâtiment généré.

DISCUSSION

Comparaison des deux types d'activités

On retrouve des différences et des similitudes dans l'ensemble de ces activités. En synthèse, l'on peut dire que les opérations de transformations du dessin de brouillon en dessin net sont les mêmes dans les quatre activités :

- **une simplification graphique** opère par réduction du nombre de traits, soit en choisissant un trait parmi plusieurs possibles, soit en ne recopiant pas dans la mise au net certains éléments graphiques (hachures, annotations etc.) Cette opération permet de réduire le flou de l'esquisse, mais ne s'accompagne pas nécessairement d'une réduction de l'imprécision.
- **une réduction de l'imprécision** s'observe de manière très claire lors des mises au net à la règle qui s'accompagnent très souvent de vérifications dimensionnelles (largeur d'un couloir, surface d'un local, recul du bâtiment etc.).
- **une réduction de l'ambiguïté** s'opère par une évolution du dessin vers des conventions graphiques

partagées ou par l'explicitation du contenu par ajout de légendes ou de symboles.

- une **sélection d'une solution**. Sur les esquisses de brouillons, il n'est pas rare de voir coexister plusieurs solutions architecturales. La mise au net opère un choix parmi différents possibles présents dans l'esquisse de simulation.

Par contre, les objectifs de ces transformations ne sont pas les mêmes dans les deux environnements. Dans les deux cas il s'agit d'arrêter temporairement une version du bâtiment. Lors du travail sur papier, la mise au net vise avant tout à réduire la complexité du problème architectural en passant de dessins aux solutions multiples et imprécises à un dessin présentant une solution unique. Sur les croquis numériques, cette mise au net vise à dialoguer avec la machine, à décrire le plan en vue de l'interprétation et, en retour, en recevoir des évaluations (le modèle 3D). C'est donc principalement à cette étape, outre la sélection d'une solution, que le concepteur procède à la vérification de la solution.

Par ailleurs, la gestion de l'espace virtuel de dessin composé de l'ensemble des calques est différente dans l'activité sur papier et sur ordinateur. Sur papier, les calques se succèdent et reçoivent des représentations nettes qui deviennent ensuite une base pour l'activité de simulation. On assiste donc à la coexistence des deux types de représentations sur la même feuille. Au contraire, les calques numériques sont spontanément dédiés à l'une ou l'autre de ces activités (particulièrement chez Quentin).

La gestion du temps est aussi différente selon les supports utilisés. Les périodes de simulation et de remise au net alternent sur papier. Le concepteur passe aisément de l'une à l'autre, changeant ou non de calque. Par contre, au stylo électronique, le concepteur engagé dans une phase de remise au net poursuit cette activité jusqu'à l'obtention de tous les plans du bâtiment.

Fonctions du dessin de brouillon et du dessin net

L'esquisse de brouillon permet de concevoir sans choisir. L'architecte, grâce à l'imprécision et au flou de l'esquisse, ne fige pas son projet mais au contraire autorise la coexistence sur un même dessin de plusieurs solutions parfois contradictoires. À l'heure actuelle, ce genre de mécanisme n'est pas possible dans les outils de DAO classiques (clavier-souris) qui contraignent l'utilisateur à manipuler une solution unique qui va évoluer jusqu'à la fin de la conception [7].

La remise au net permet de choisir sans concevoir. Elle permet de passer d'une représentation où de multiples solutions coexistent, à la représentation d'un objet architectural unique. Il s'agit donc de choisir la meilleure option dans l'ici et maintenant de la conception. Le dessin mis au net est un instantané.

Remise au net et conception

La signification des traits imprécis du dessin de brouillon n'est pas modifiée lors du changement de représentation. La mise au net ne consiste cependant pas uniquement en une duplication de certains traits, elle peut s'accompagner d'une explicitation du projet (réduction de l'ambiguïté) par exemple en ajoutant des légendes au dessin. Par contre une modification de la topologie des espaces, de la forme, l'ajout ou le déplacement d'un élément architectural est une opération de conception. Cela ne signifie cependant pas que la mise au net est indépendante de la conception. Choisir de redessiner ou de surligner, choisir une échelle de dessin, changer de couleur de trait, sont des actes qui participent activement au processus mais pas par une action directe sur l'objet projeté.

Cependant, dans le cas du travail en croquis numérique interprété, une solution complète et cohérente doit exister pour permettre la génération de la maquette 3D. Cette contrainte supplémentaire implique, en plus des opérations de mise au net, de convoquer les processus cognitifs de vérification de la cohérence de l'objet, qui relèvent directement des activités de conception.

Influences du logiciel de croquis numérique

Dans l'ensemble, le logiciel d'interprétation graphique n'induit pas de perturbation fondamentale dans la structure du dessin. Les dessins de brouillon et au net sont comparables à ceux sur papier-crayon, tout comme les opérations qui permettent de passer de l'un à l'autre.

Par contre, on remarque des différences induites dans les objectifs et fonctions de l'activité de mise au net entre les deux types d'environnements. Alors que la mise au net intervient de façon régulière dans le papier-crayon et a pour objectifs de préciser et fixer temporairement le dessin, sur EsQUIsE il s'agit de se faire comprendre par le logiciel, en vue de bénéficier de la valeur ajoutée de l'interprétation 3D.

On remarque que la présence de ce modèle 3D autogénéré induit chez le concepteur un focus très fort sur ce modèle, structurant en partie son activité. Pour bénéficier d'une maquette virtuelle 3D utile, il est nécessaire de proposer un modèle unique du bâtiment, qui soit complet, cohérent et suffisamment précis pour être compris par le logiciel. On retrouve ici toutes les caractéristiques du dessin « net » présent sur papier-crayon. Mais ces contraintes impliquent que ce modèle soit complété et précisé à des moments spécifiques, durant les « phases » observées de mise au net. En outre, ces phases constituent plus que le recopiage et les choix observés dans la mise au net : il s'agit aussi d'étapes de validations et d'évaluations explicites, notamment sur base de la 3D.

Par ailleurs, EsQUIsE modifie aussi en partie le lieu de simulation : alors que les dessins nets et de brouillon

sont entremêlés sur les plans papier, ils sont séparés, ou à tout le moins en partie, sur les calques électroniques. Ceci provient aussi sans doute du fait qu'il est important de produire un modèle « épuré » pour faciliter l'interprétation logicielle.

Ainsi, EsQUIsE n'imposerait pas de contraintes sur le contenu, mais bien sur la structure, c'est-à-dire le temps et l'espace dans lesquels s'inscrit la conception :

- les moments de mise au net qui, au lieu de s'inscrire dans le cours de la conception, s'en détachent pour devenir des phases à part entière ;
- les lieux de mise au net, l'outil logiciel invitant à inscrire les dessins de brouillons et nets sur des calques différents.

PERSPECTIVES : IMPLICATION POUR LE DEVELOPPEMENT D'IHM GRAPHIQUES INTERPRETATIVES

Il convient tout d'abord de souligner les limitations de l'étude. Le nombre réduit d'observations et le public observé (étudiants) ne nous permettent évidemment pas de tirer des conclusions définitives. Cependant, nos observations nous apparaissent suffisantes pour proposer des perspectives en vue de développements futurs ainsi que des propositions d'études complémentaires.

L'étude de l'activité de remise au net nous a permis de mieux appréhender l'activité de conception préliminaire par dessin d'esquisse en architecture. Les différences observées entre les conceptions réalisées sur papier et avec le logiciel d'interprétation, nous permettent aujourd'hui dégager quelques pistes pour le développement de la prochaine version du logiciel. Nous nous référerons dans ce qui suit aux trois grandes catégories de logiciels identifiées dans l'état de l'art.

- Pour les logiciels sans interprétation, basés sur une analogie avec les outils traditionnels, les qualités essentielles sont la fluidité, la souplesse d'utilisation et l'expressivité graphique. L'observation de l'activité sur papier montre que l'outil doit proposer différents types de traits (crayons, feutres etc.), de différentes couleurs, sans sémantique attachée au type de trait. Le logiciel doit permettre un mode de fonctionnement de type *palette graphique*. L'utilisation d'une latte – réelle ou virtuelle – doit être rendue possible pour permettre les opérations de réduction de l'imprécision. Il nous semble aussi primordial de soutenir la coexistence des deux types de dessins identifiés. Pour notre logiciel, une diversification des outils de dessins (crayons de couleurs, surligneurs épais etc.) est envisagée afin de permettre la coexistence de différents dessins et faciliter l'expression graphique.

- Dans le cadre de l'interprétation 2D, le système ne doit pas tenter de tout interpréter en temps réel. La différenciation entre les dessins nets et de brouillon, et la correspondance de ceux-ci entre le papier-crayon et l'esquisse numérique nous invitent à penser que le paradigme de l'interprétation complète de l'esquisse de conception est quelque peu illusoire. Au-delà de la diffi-

culté technique (l'esquisse de simulation est par nature incomplète et incohérente), nos observations montrent que le dessinateur a tendance à se protéger du regard du système en utilisant des couleurs non interprétées par le logiciel jusqu'au moment où il décide d'expliquer son travail au système. L'esquisse de brouillon est, et doit rester, un lieu privilégié d'exploration personnelle de solutions, sans aucune contrainte. Nous proposons donc un outil spécifique (sous forme de surligneurs) pour l'explication du dessin.

- Dans le cadre de la génération d'un modèle 3D, nous devons nous garder de transformer un outil de support à la conception en modeleur explicite, même si les opérations sont réalisées au stylo. Nous avons observé que la possibilité de disposer de vues 3D modifiait l'activité du dessinateur en le poussant à remettre au net l'entièreté du dessin plutôt que de travailler de manière locale, en fonction de ses besoins. Cette observation nous pousse à croire que la génération du modèle 3D (et les retours d'interprétation de manière générale) ne doit être réalisée que sur demande et que ces informations complémentaires ne doivent pas être affichées à l'écran en permanence.

Enfin, à plus long terme, cette étude nous renseigne sur une piste intéressante dans l'interprétation des croquis. En effet, plutôt que de tenter d'interpréter toutes les traces produites (brouillon et nettes), ou au contraire d'imposer à l'architecte d'expliquer son dessin, un logiciel d'interprétation pourrait analyser les dessins sur base du *processus* de mise au net. Les temps de réflexion, les tracés précis et lents, l'utilisation de la règle, sont autant d'indices d'opérations de mise au net. En approfondissant et en systématisant ces études de l'activité de transformation graphique, il sera peut-être possible de parvenir à un modèle dynamique de l'esquisse de conception, et d'interpréter les dessins sans contraindre ni interrompre le flux créatif de la conception architecturale.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aliakseyeu, D., Martens, J.-B., Rauterberg M., A computer support tool for the early stages of architectural design. *Interacting with Computers*, vol. 18, num. 4, 528-555, 2006
2. Brown, A.G.P., Visualization as a common design language: connecting art and science. *Automation in Construction*, vol 12, 703– 713, 2003
3. Goel V., *Sketches of thought*, Cambridge, MA, MIT Press, 1995.
4. Gross, M. D., The Cocktail Napkin, the Fat Pencil, and the Slide Library. In *Proceedings of Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA '94)*, St Louis. 103-113, 1994
5. Huot S., Dumas C., Hégron G., Toward Creative 3D Modeling: an Architects' Sketches Study. *Actes de IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT'03)*, pp. 785-788, Zurich, Switzerland, 2003.
6. Igarashi T., Matsuoka S., Tanaka H., Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design. In *proceedings of ACM SIGGRAPH'99*, Los Angeles, 409-416, 1999
7. Juchmes, R., Leclercq, P., Azar, S., A multi-Agent System for Architectural Sketches Interpretation. *Proceedings of Eurographics Workshop on Sketch-Based interfaces and Modeling*, Grenoble, France, 53-62, 2004.
8. Juchmes, R., Leclercq, P., Azar, S., A freehand sketch environment for architectural design supported by a multi-agent system. Special issue of *Computers and Graphics on Calligraphic Interfaces*, vol 29, num. 6, 2005.
9. Kramer A., Translucent Patches – Dissolving Windows. *Proc. of ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. Marina del Rey, CA, 1994.
10. Landay, J. A., SILK: sketching interfaces like krazy. In M. J. Tauber (Ed.), *CHI '96 Conference Companion on Human Factors in Computing Systems: Common Ground*, 398- 399, 1996
11. Leclercq, P., Le concept d'esquisse augmentée. *Actes de SCAN'05 : Séminaire de Conception Architecturale Numérique*. Paris, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Val de Seine, France, 2005
12. Leclercq, P., Elsen, C., Le croquis synthé-numérique. *Actes de SCAN 07 : Séminaire de conception architecturale numérique*, Liège, Belgique, 2007
13. MacCall, R., Ekaterini, V., Zabel, J. Conceptual design as hypersketching. *Proc. Of the 9th Int. Conference CAAD Futures*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 285-298, 2001
14. Neiman, B, EY-L Do and MD Gross, Sketches and Their Functions in Early Design: A Retrospective Analysis of Two Houses, Design Thinking Research Symposium '99. W. Porter and G. Goldschmidt, 1999.
15. Pranovich, S., Achten, H.H., Wijk, J.J. Towards an Architectural Design System Based on Generic Representations. In Gero, J.S. (ed.). *Artificial Intelligence in Design'02*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 153-164, 2002
16. Prost, R., *Conception architecturale. Une investigation Méthodologique*. L'Harmattan, Paris, 1992
17. Rodgers, P.A., Green, G. and McGown A., Using concept sketches to track design progress. *Design Studies* 21 5, 451–464, 2000.
18. Safin, S., Boulanger, C., Leclercq, P., Premières évaluations d'un Bureau Virtuel pour un processus de conception augmenté. *Actes de IHM'05 : 17ème conférence francophone sur l'interaction homme-machine*. Toulouse, septembre 2005.
19. Safin, S., Leclercq, P. & Decortis, F. (2007). Impact d'un environnement d'esquisses virtuelles et d'un modèle 3D précoce sur l'activité de conception architecturale. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, Vol. 8, num. 2, 2007
20. Zeleznik, R.C., Herndon, K.P., Hughes, J.F. SKETCH : a, interface for sketching 3D scenes, In *Proceedings of SIGGRAPH'96*, 163-170. 1996