

# Interface-croquis pour relevés architecturaux: vers la constitution d'une nouvelle activité.

*Stéphane Safin*

*Marie Pecceu*

*Pierre Leclercq*

Lucid Group (Lab for User Cognition and Innovative Design) – Université de Liège  
1, Chemin des Chevreuils, Bât B52 4000 Liège, Belgique  
prenom.nom@ulg.ac.be

## RESUME

Cet article constitue la synthèse du projet de recherche ICC, qui vise le développement d'une interface multimodale et portable de mise au net de croquis de relevés architecturaux en temps réel. Sur base d'une démarche participative, nous exposons et modélisons d'abord les activités traditionnelles de relevé et de mise au net. Nous décrivons ensuite le logiciel ICC et montrons en quoi l'activité ré-outillée se modifie, compte tenu des fonctions d'aide qu'il apporte. Nous décrivons la nouvelle structure de l'activité de relevé avec mise au net sur site, les nouveaux modes de dessin qu'elle induit et concluons en proposant des pistes d'amélioration du logiciel.

**MOTS CLES :** Interface-esquisse, technologie naturelle, relevé d'architecture, modèle d'activité.

## ABSTRACT

This article is the synthesis of the ICC research project, aiming at the development of a multimodal and portable interface supporting in real time scale setting of an architectural measurement sketch. Based on a participative process, we first expose and make a model of the traditional activities of measurement taking and scale setting. We then describe the ICC software and show how the retooled activity changes, taking into account the help functions it brings. We describe the new structure of measurement activity with scale setting, the new drawing modes it induces. We conclude proposing some tracks for the software improvement.

**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 H.5.2.[Information interfaces and presentation] User interfaces.

**GENERAL TERMS:** Design, Human Factors

**KEYWORDS:** Sketch based interface, natural interaction architectural scales drawing, activity modeling

## INTRODUCTION

La conception architecturale a déjà été décrite dans de nombreuses études comme un processus long, comprenant de multiples phases et des productions graphiques de natures différentes [3,10]. Dans cet article, nous nous concentrons sur le relevé architectural, une tâche peu outillée et non décrite dans la littérature. Cette activité consiste à dessiner et mesurer un terrain ou un bâtiment à rénover pour en dresser une description dimensionnelle précise et correcte. Cette activité sur site est toujours suivie par une étape de mise au net visant à transformer le croquis de l'architecte en plan communicable.

Le projet ICC (Interaction par Croquis de Composition) a pour objectif de supporter la mise à jour de plans *as built*. L'idée est la suivante : mettre au point un outil de relevé capable de capturer sur site un croquis dessiné à main levée et de l'interpréter en temps réel en un dessin CAD, résolu et mis à l'échelle. Cet outil associe les technologies de l'ordinateur à stylo, de la reconnaissance graphique, de la reconnaissance vocale ainsi que des méthodes d'interprétation issues de l'intelligence artificielle. Cet article ne traitera pas de la reconnaissance vocale.

ICC se base sur une collaboration multidisciplinaire étroite alliant les compétences d'ingénieurs-concepteurs (architectes et mécaniciens) et d'informaticiens à celles de psychologues ergonomes. Il repose sur une démarche participative intégrant les utilisateurs finaux dans toutes les étapes du développement. Les spécifications et les évaluations sont ancrées dans une démarche d'analyse et de compréhension fine et du contexte professionnel des utilisateurs-cibles.

Le but de notre article est, d'une part, de réaliser une synthèse du projet en termes de développement et d'évaluation et, d'autre part, de montrer en quoi l'introduction de cette nouvelle technologie modifie la nature même des activités visées, par une possibilité de présence sur site et des fonctions d'aide. Notre angle d'approche repose sur la démarche centrée usages. Nous n'évoquerons pas ici de considérations techniques, qui peuvent être trouvées dans un autre article [1].

## L'ACTIVITE INSTRUMENTEE

Le projet ICC est basé sur la théorie de l'activité. Celle-ci pose que la technologie utilisée pour une pratique donnée, dans un contexte donné, n'implique pas une relation mécanique d'entrée et sortie entre l'homme et la machine. Une description beaucoup plus riche de la situation de l'utilisateur est nécessaire pour la conception et l'évaluation des outils [7]. L'activité consiste, pour un sujet, à transformer un objet (matériel ou abstrait) par l'intermédiaire d'un artefact. L'approche instrumentale [11] décrit plus précisément cette relation sujet-objet-artefact. Ainsi, le terme d'artefact est redéfini pour faire place à la notion d'instrument. Celui-ci est composé d'un pôle matériel et d'un pôle d'usage. L'artefact devient un instrument lorsqu'il s'inscrit dans un usage « en tant que moyen qu'il [le sujet] associe à son action » [11]. De même, les personnes modifient les outils et les ajustent en fonction de leurs conditions et besoins spécifiques. L'activité instrumentée se voit donc construite par le sujet. C'est précisément cette construction qui nous intéresse ici.

L'introduction de toute technologie, par le fait qu'elle introduit un nouvel artefact, induit une modification du rapport instrumental et la constitution de nouvelles pratiques. On assiste donc à un changement dans l'activité. Dans le cas d'ICC, il ne s'agit pas de modifier une tâche, mais bien de supporter deux activités, le relevé et la mise au net, prenant place dans des espaces et moments distincts, avec des outils radicalement différents. Notre objectif est de formaliser ce changement et d'en montrer l'implication pour l'amélioration du logiciel. Ce projet constitue une nouveauté dans la mesure où, actuellement, il n'existe aucun outil permettant de soutenir l'activité de relevé de manière naturelle. Les architectes font toujours appel à un dispositif papier/crayon, notamment pour ses modalités d'interactions très ouvertes, flexibles et simples. [4].

## METHODOLOGIE

ICC repose sur une démarche participative et multidisciplinaire. Une description précise de la méthodologie et du cadre théorique peut être trouvée dans un de nos précédents papiers [2].

Pour le résumer, nous pouvons dire que trois grandes phases, intégrant chacune la participation des utilisateurs finaux, se sont agencées dans des boucles d'itérations :

- Les analyses de besoin : des entretiens, des observations et des analyses d'activités en situation réelle ont permis de faire émerger des besoins et recommandations pour le développement de l'outil.
- La traduction de ces besoins en concepts et en spécifications : ceux-ci ont été définis en commun avec l'ensemble des partenaires (ingénieurs-concepteurs, informaticiens, ergonomes) et systématiquement cri-

tiqués et validés dans des réunions créatives intégrant des groupes d'utilisateurs (*focus groups*).

- Les évaluations des concepts et de leurs implémentations : elles se sont faites par des retours sur le terrain et des expériences de simulation. Ces analyses ont permis de faire émerger spontanément des besoins et d'affiner nos modèles.

Ainsi la boucle besoins – concepts – évaluation a bien été conduite tout au long des trois ans de l'ensemble du projet.

En termes d'analyse d'activités, nous avons observé de nombreuses situations de relevé et de mise au net. De même, nous avons examiné, progressivement et au fil du développement du logiciel, des activités outillées par le prototype ICC. Ces études de terrain nous ont permis de finaliser la compréhension de chacune des activités étudiées et de les modéliser.

Dans cet article nous explicitons les différents modèles réalisés et montrons en quoi ICC apporte une aide pour les tâches de relevé et de mise au net et en quoi l'activité outillée par ce dispositif présente des similitudes mais aussi des différences induites avec les activités traditionnelles.

## LES ACTIVITES DE RELEVÉ ET DE MISE AU NET

Dans cette section nous décrivons les deux activités traditionnelles de relevé et de mise au net. Nous en donnons les contextes dans lesquels elles s'inscrivent, les outils qu'elles utilisent (pôle instrument), les caractéristiques des dessins qu'elles produisent (pôle objet) et dressons un modèle de ces activités instrumentées.

### Activité de relevé

L'activité de relevé consiste à prendre les mesures d'un terrain ou d'un bâtiment dans le but de réaliser un croquis synthétique de l'élément à relever, croquis qui servira, à terme, à la mise en forme du plan précis et correct.

**Contexte.** La réalisation d'un relevé peut s'effectuer dans différents contextes, en fonction du type de projet et des objectifs de l'architecte. Ainsi, la dimension du site à relever, les unités de mesures et le degré de précision peuvent varier grandement : le relevé dressé pour une rénovation de bâtiment sera réalisé au centimètre, alors que celui d'un escalier à modifier, nécessitera des mesures au millimètre près. Par ailleurs, les conditions atmosphériques, le niveau de bruit et l'insalubrité du site peuvent rendre le travail difficile. Enfin, la réalisation du relevé peut débiter sur une page blanche ou se baser sur un fond de plan existant (plan DAO ou photographie par exemple). Le relevé s'effectue souvent à deux personnes, l'une chargée du dessin et l'autre de la prise de mesure.

**Instruments.** L'architecte utilise peu d'instruments pour effectuer son dessin de relevé. Un bloc-notes léger et ex-

trêmement maniable, le plus souvent de format A4, quadrillé ou non, ainsi qu'un crayon ou un stylo-bille constituent la maigre panoplie des outils utilisés. Ce dispositif minimal permet une grande liberté de mouvement à la fois pour le dessin (rotation du support pour orienter le dessin dans l'espace) et pour la manipulation (le support peut être déposé n'importe où). En outre, pour la prise de mesure le professionnel dispose d'un laser et de différents mètres.

**Caractéristiques du dessin.** Le dessin de relevé correspond à ce que nous appelons le croquis synthétique [5]: il s'agit d'un croquis simple dont l'objectif est de permettre la communication à soi-même ou à un autre dessinateur, tout en suivant un principe d'économie dicté par des conditions de terrain parfois difficiles. Le croquis synthétique reste au niveau de l'intention car il ne constitue pas en tant que tel une résolution géométrique. En effet, conditionné par le format unique de son papier, l'architecte adapte l'échelle croquis de relevé à la surface de dessin disponible. Le croquis de relevé contient un nombre des traits limité au strict essentiel (principe d'efficacité). Ces traits n'affichent que peu de variabilité dans leurs types (pointillés, épaisseur, couleurs etc.) et ne présentent pas un grand caractère de précision. Le croquis peut, en outre, contenir des annotations de différents types, qui sont reliées directement ou indirectement à un élément du plan et permettent d'explicitier certaines intentions. Les dessins, les cotes et annotations peuvent emprunter toutes les directions puisqu'elles sont générées librement sur un dessin orienté selon la meilleure convenance du dessinateur. L'emploi des symboles est fréquent mais il s'agit toujours de symboles personnels, donc variables et non standardisés mais tout de même interprétables par tout professionnel du bâtiment.

**Modèle.** L'activité de relevé peut être modélisée comme suit :

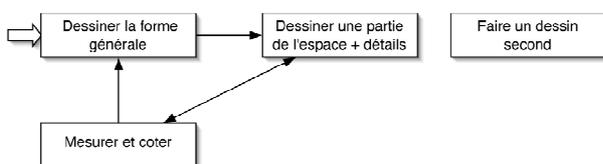


Figure 1 : Modèle de l'activité de relevé

Habituellement, l'architecte débute son esquisse de relevé par le tracé de la forme générale du bâtiment ou du terrain afin de définir son échelle et d'avoir une vision globale de son esquisse.

Il y ajoute ensuite des détails précisant une partie de son plan. Il s'agit d'un espace particulier de la structure à relever (un mur d'une pièce par exemple) où les mesures géographiquement proches peuvent être acquises en une seule séquence d'action. L'architecte oriente donc son esquisse par rapport à l'espace à relever. C'est également à cette étape que le professionnel choisit quels éléments

du bâtiment doivent être transcrits sur son croquis et quelles mesures doivent leur être assignées. Il dessine donc sa sélection des limites nécessaires pour préparer la cotation.

La prise de mesure permet d'associer les cotes aux traits de l'esquisse sous la forme de lignes de cotes (cumulées ou non) ou d'annotations proches des segments à mesurer. En relevé, les cotations sont souvent "juste assez redondantes". En effet, ne disposant généralement pas de système de résolution géométrique sur place (de type distribution d'erreur sur triangulation), l'auteur du relevé préfère limiter la complexité de son relevé et ne cherche pas à dresser un croquis hyper-contraint. Il limite cependant le risque d'omissions en prenant quelques dimensions de contrôle, typiquement les diagonales des espaces mesurés. Une série d'erreurs courantes peut rendre l'esquisse incomplète. Ainsi, l'oubli d'une cote, le manque d'indications, l'existence de données contradictoires ou l'inscription de notes illisibles caractérisent tout croquis effectué dans l'inconfort d'un relevé sur site.

Par ailleurs, l'architecte peut préciser un élément particulier en le développant par un dessin second : plan de détail, élévations locales... Ces dessins seconds sont distincts du croquis principal (sur le même feuillet ou non) afin d'éviter de charger inutilement l'esquisse. Souvent, ce type de plan est relié au plan principal par un lien ou un renvoi.

#### Activité de mise au net

La mise au net consiste, à partir d'un croquis de relevé, à obtenir un plan à l'échelle, complet et non équivoque.

**Contexte.** Cette activité prend place au bureau de l'architecte, parfois plusieurs jours après le relevé. En fonction des objectifs, le plan sera réalisé de manière plus ou moins précise : l'utilisation qui en sera faite détermine le type de normes de représentation à utiliser (couleurs, épaisseurs de traits, niveau de détail). La mise au net du relevé intègre aussi une action de vérification de ce qui a été relevé.

**Instruments:** Pour transformer son croquis de relevé en plan net, l'architecte utilise des logiciels de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO). Sans nous étendre sur leur description, mentionnons simplement que ces logiciels comprennent de nombreuses fonctions et menus permettant d'obtenir un dessin complet et précis. Malheureusement, ils nécessitent un nombre élevé d'opérations assez contraignantes, et ne sont pas utilisables en dehors d'un espace de bureau [6]. Notons aussi que quelques architectes mettent encore leurs dessins au net sur une table à dessin à l'aide d'une latte, d'un compas et de crayons. Ces activités, de plus en plus rares, n'ont pas été considérées dans notre étude.

**Caractéristiques du plan net.** Le plan net supporte clairement un rôle de communication : à travers un système standardisé et partagé par tous les professionnels (normes), il est sensé lever toute ambiguïté ou incertitude dans la transmission de son message. Il fournit donc une description validée géométriquement. Il est construit en tant que représentation cohérente du produit qu'il décrit et ne laisse théoriquement place à aucune interprétation.

Le contenu d'un plan net est forcément hautement codifié. Très précis, complet, il ne comporte que des éléments finis, cotés et parfaitement à l'échelle. Les annotations sont choisies, écrites dans un même sens et selon une typographie bien codifiée pour garder le message le plus clair possible. Les cotations sont précises et données dans le respect infallible de l'échelle. Les cotes sont redondantes pour faciliter différents types de lecture (saisie directe de la dimension d'un détail ou d'un tout) en veillant à imposer le moins de déduction possible à son utilisateur. Les symboles sont très nombreux dans un plan net : par leur figuration standard, ils évitent l'ambiguïté tout en encombrant le moins possible le plan.

**Modèle.** L'activité de mise au net peut être modélisée de la façon suivante :

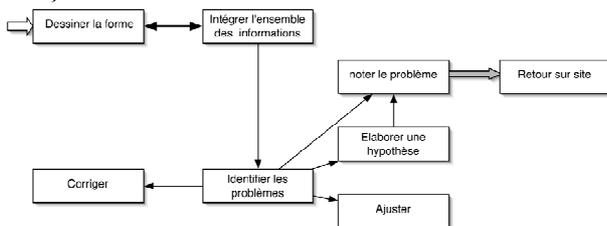


Figure 2 : Modèle de l'activité de mise au net

L'architecte débute soit par le tracé de la forme générale du site, soit par le dessin d'une partie plus intéressante de celui-ci. Une fois la forme d'un contour définie, l'architecte considère les diagonales afin de valider d'emblée par une triangulation la configuration correcte de ces parois principales entre elles. L'architecte intègre ensuite à chaque contour l'ensemble des informations nécessaires à la complétude de son plan, en fonction du degré de précision souhaité.

A tout moment de la mise au net, des problèmes peuvent être identifiés. Liés aux erreurs survenues pendant l'esquisse sur site, les trois principaux problèmes récurrents sont : une cote manquante, une cote erronée et une incohérence portant sur l'ensemble du croquis.

Si le problème rend impossible la continuation de la mise au net, l'architecte est contraint de retourner sur le site afin de corriger son esquisse ou de récolter les informations manquantes. Si le problème n'est pas trop conséquent, on observe la mise en œuvre de trois stratégies de résolutions par les professionnels.

- Ajuster - Cette première stratégie consiste à modifier certaines cotes en considérant les conditions de leur mesure. La mesure d'un mur brut en moellons s'effectue avec une certaine incertitude qui autorise des ajustements pour rendre le plan cohérent.
- Corriger - Cette méthode assigne *définitivement* une valeur là où une information manque ou est inexacte. Cette correction s'effectue principalement sur des éléments peu critiques. Par exemple, une cote fantaisiste notée pour qualifier une cheminée à démolir se voit attribuée d'office d'une valeur plausible.
- Elaborer des hypothèses - Cette dernière stratégie va, contrairement à la deuxième, assigner *temporairement* une valeur là où l'information est absente ou erronée. L'architecte estime les mesures par déduction ou par comparaison avec d'autres cotes, ce qui lui permet de continuer sa mise au net. Néanmoins, il devra signaler le problème et se rendre de nouveau sur le terrain afin de vérifier les valeurs qu'il a estimées.

Ces stratégies font appel à des mécanismes cognitifs élaborés. En effet, les architectes emmagasinent, lors de leur relevé sur site, des informations qu'ils "gardent en tête" et qui ne se retrouvent pas, sinon en partie, dans leurs notes. L'architecte est donc capable d'inférer certaines données grâce à la redondance des informations (contenue dans son esquisse), à sa connaissance liée au métier, à une représentation mentale du site et aux objectifs poursuivis par le projet. Cette activité de mise au net d'un relevé ne se limite donc pas à un simple recopiage au propre. Notamment, il s'avère difficile de remettre au net un relevé qui a été réalisé par une autre personne, même si celui-ci dispose de connaissances identiques. Il en est d'ailleurs de même pour la remise au net d'un relevé réalisé par l'architecte lui-même si un laps de temps conséquent s'est écoulé entre les deux activités. Les professionnels expliquent ces difficultés par deux raisons: d'une part, ils disposent d'informations implicites issues de l'observation spontanée du terrain et, d'autre part, la personnalisation de leur esquisse et de leurs symboles rendent l'interprétation plus ardue pour une autre personne.

#### PROTOTYPE IC&C

Pour soutenir ces deux activités, le prototype logiciel ICC a été développé dans notre laboratoire afin de permettre à l'architecte d'assurer de façon concurrente le relevé et la mise au net directement sur site. Il a été développé en respectant les principes suivants, émergeant des analyses de besoins :

- Il s'agit d'avoir une interface portable et maniable, compte tenu des conditions de relevé parfois difficiles ;
- Le logiciel doit permettre une expression graphique libre de l'architecte. La surface de dessin doit être

optimisée pour permettre divers types de compositions ;

- Il doit permettre l'utilisation d'un fond de plan en plusieurs formats ;
- L'interface doit être invisible, au sens de Norman [8] c'est-à-dire que le l'IHM doit être naturelle, l'interface simple à utiliser et facile à appréhender ;
- Il doit permettre la détection et éventuellement la récupération des erreurs et des omissions directement sur site.

### Interface

Le logiciel, installé sur une ardoise digitale de type Tablet PC, est basé sur une interface simple comprenant les éléments suivants (figure 3) :

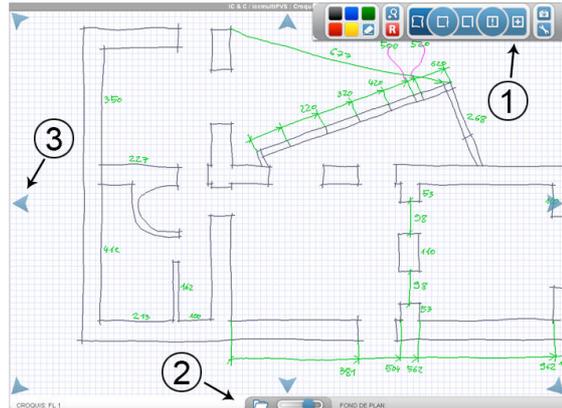
- une surface de dessin la plus grande possible permettant une expression graphique complexe malgré la résolution d'écran de l'ardoise (1021 X 780) ;
- Une palette de commande permettant de sélectionner la couleur du trait et d'accéder aux différents modes de dessin (voir plus loin) et aux préférences. Cette palette de commande est mobile afin d'optimiser la surface de dessin et comprend de grandes icônes pour en faciliter la manipulation sur support mobile.
- Deux onglets dans le bas de l'écran permettent de gérer les feuillets de plan et de fond de plan via un menu de navigation par vignettes (images réduites des feuillets).

### Modes de dessin

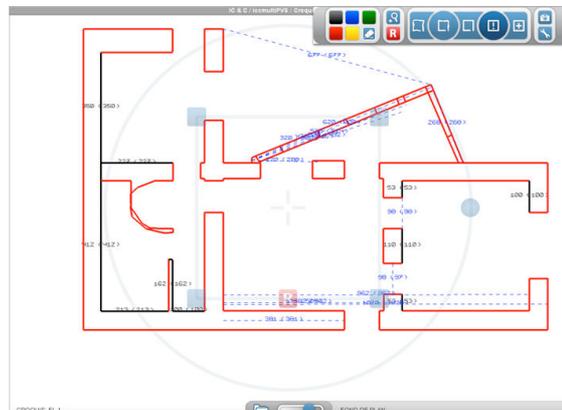
ICC fonctionne en plusieurs modes de dessin, accessibles en temps réel par un simple clic sur des boutons.

**Le mode croquis** est le mode principal de travail, qui permet une expression libre du dessinateur. Dans sa version prototypique, ICC impose certaines contraintes au dessin pour faciliter la reconnaissance : les murs et découpes doivent être faits en noir, les autres éléments et cotations doivent être faits en couleur; les lignes de cotes et diagonales doivent respecter une forme particulière de tracé (typique dans les cas de relevé) et les symboles sont aussi contraints. Néanmoins, un module d'apprentissage de l'écriture permet à l'utilisateur d'apprendre au logiciel sa propre façon d'écrire, et permet la reconnaissance des écritures dans toutes les directions, autorisant l'utilisateur à tourner sa tablette dans tous les sens lors de son croquis. Un exemple de croquis dans ICC peut être trouvé dans la figure 3.

Les manipulations permises sur le dessin sont volontairement contraintes. Il y a un seul niveau de zoom (x2) afin d'éviter de proposer aux utilisateurs des affordances qui les inciteraient à élever le niveau de détail de leurs croquis par rapport à leurs habitudes sur papier. En outre, les translations sont limitées pour garder une analogie papier au format limité et éviter à l'architecte de s'égarer dans une esquisse trop étendue.



**Figure 3 :** Interface de dessin en mode croquis. 1 – Palette de commandes. 2 – Onglets de gestion de calques. 3 – Flèches pour la translation



**Figure 4 :** Croquis mis à l'échelle

**Le mode synthèse** affiche la reconnaissance du dessin par ICC. Les traits sont synthétisés, les cotes et annotations typographiées et les lignes de cotes reconnues. Il est ainsi possible de vérifier si les interprétations faites par le logiciel sont correctes. La synthèse conserve les dimensions et la topologie d'origine du croquis afin de garder une correspondance claire entre les deux dessins. Il est aussi possible de continuer le relevé et modifier l'esquisse dans ce mode de travail.

**Le mode échelle** permet de visualiser le croquis mis au net et à l'échelle (Figure 4). L'accès à ce mode lance automatiquement le déclenchement du moteur de remise au net. Celui-ci positionne les points de l'esquisse un par un, tout en explicitant à l'utilisateur les règles utilisées (triangulation, trait droit continu, perpendicularité, parallélisme...). Ce moteur est susceptible de s'arrêter quand un point calculé s'écarte trop de son positionnement sur la topographie du croquis (notamment en cas d'erreurs de mesure). A ce moment une boîte de dialogue demande à l'utilisateur s'il veut continuer le processus de remise au net sur base du point calculé, où s'il préfère l'arrêter pour modifier son croquis. Un code couleur permet à l'utilisateur de voir d'un coup d'œil les cotes calculées et les co-

tes extrapolées par le logiciel sur base de l'esquisse (informations manquantes).

Ici l'esquisse n'est plus modifiable, car la topographie ne correspond plus à l'esquisse d'origine. Il est à ce stade possible de manipuler le dessin (rotation, zoom, translations infinies) à l'aide d'un Kite [9], dispositif simple permettant toutes ces manipulations à l'aide d'un seul stylo.

**Le mode net** permet de visualiser le plan net tel qu'il sera exporté dans un logiciel de DAO. Les différents éléments du dessin sont normalisés suivant des codes de bonnes pratiques en architecture. Il est possible de manipuler le plan mais pas de le modifier.

### **L'ACTIVITE DE MISE AU NET DE RELEVES EN TEMPS REEL**

Sur base de la modélisation des deux activités, des observations de l'utilisation spontanée de notre logiciel et des validations en réunions utilisateurs, caractérisons la nouvelle activité induite par le support d'ICC.

#### **Contexte de l'activité de relevé avec ICC**

Le contexte est ici le même que pour un relevé "classique". Les conditions d'ambiance impliquent la nécessité de disposer d'un système extrêmement mobile. L'utilisation du logiciel ICC requérant l'attention d'une personne, le relevé se fait systématiquement à deux, ce qui correspond aux pratiques habituelles des architectes.

#### **Les instruments**

L'architecte prend toujours ses mesures avec ses outils traditionnels (mètre et laser).

En ce qui concerne ICC, il s'avère, aux dires des 5 architectes l'ayant testé, que la prise en main du logiciel est naturelle et intuitive. Le tracé du dessin est simple et les différentes commandes sont aisées à appréhender. Par contre, le support matériel ne correspond pas aux attentes en termes de portabilité. A l'heure actuelle, il n'existe pas de dispositif hardware qui permette une expression graphique du dessinateur tout en étant portables, légers, disposant d'une autonomie suffisante et de dispositifs anti-reflets. Plusieurs solutions partielles existent et nous sommes en contact avec des industriels pour prospérer le marché. Notons enfin qu'ICC, qui reste un prototype de recherche, présente encore quelques petits problèmes de robustesse et de stabilité.

#### **Implications pour le dessin**

Nous observons que la nature du dessin issu des activités avec le prototype ICC est profondément modifiée par rapport aux activités de relevé et de mise au net. En effet, l'objectif du dessin dans ICC est d'arriver à une expression suffisamment claire et non ambiguë de la part de l'architecte. Il s'agit en fait d'un dessin qui doit être com-

munié à une machine ne disposant pas d'informations implicites sur le site, d'un peu de connaissances liées au domaine de l'architecture mais pas de « sens commun ».

Le dessin dans ICC se situe à un niveau intermédiaire entre le croquis et le plan net en termes d'explicitation. Tout d'abord, l'échelle est intrinsèquement différente du croquis sur papier. En effet, l'ardoise digitale offre une résolution d'écran limitée quoique performante. Un trait d'un pixel est plus large qu'un trait au crayon sur une feuille de papier. Parallèlement, pour que la reconnaissance des écritures soit optimale, il est nécessaire de ne pas écrire des caractères trop petits. Ensuite, le dessin reste contraint, tout du moins dans la version prototypique. Les lignes de cotes et symboles doivent être tracés d'une certaine manière et les traits doivent être assez soignés (segments en un trait, intersections claires, angles découpés...), même si l'esquisse peut être orientée dans tous les sens. Cependant, les tests sur le terrain ont montré qu'une formation d'une demi-heure permet à l'utilisateur d'intérioriser ces quelques contraintes opérationnelles pour la première utilisation. Enfin, la modification essentielle du dessin se situe dans le degré d'explicitation du croquis. En effet, le croquis sur papier contient nombre d'informations implicites relativement compréhensibles par l'ensemble des architectes. Dans le cadre de l'utilisation d'ICC, il est nécessaire à l'utilisateur d'explicitier ces informations comme, par exemple, les liens entre cotes et segments.

Le croquis sur ICC devra donc être plus complet et moins ambigu que sur papier. Ceci constitue une modification des pratiques des architectes, qui nécessite un certain temps d'adaptation.

#### **Modèle.**

Le relevé sur ICC est plus long qu'avec des outils traditionnels. Mais, l'étape fastidieuse d'encodage sur outil DAO étant réduite, ICC permet un réel gain de temps pour l'architecte. En outre, le repérage des cotes manquantes et des erreurs directement sur site élimine des étapes superflues parfois considérables, surtout si l'architecte est géographiquement éloigné du site. On observe que cette nouvelle activité combine les principales étapes du relevé et de la mise au net. On y retrouve notamment les trois composantes de base de l'esquisse de relevé traditionnelle et plusieurs éléments de la mise au net (figure 5).

Tout comme dans l'activité traditionnelle, l'architecte débute son relevé par le tracé de la forme générale du bâtiment ou du terrain en vue aussi de définir une échelle approximative et d'avoir une vue globale. Il y ajoute ensuite des détails afin de préciser une partie de son dessin et de préparer la cotation et la prise de mesure. La prise de mesure et l'attribution de cotes restent bien sûr des étapes essentielles du relevé. Néanmoins, comme évoqué

précédemment, la cotation est plus contrainte dans ICC que sur papier, notamment en termes d'explicitation, et

nécessite donc plus de temps et de ressources attentionnelles.

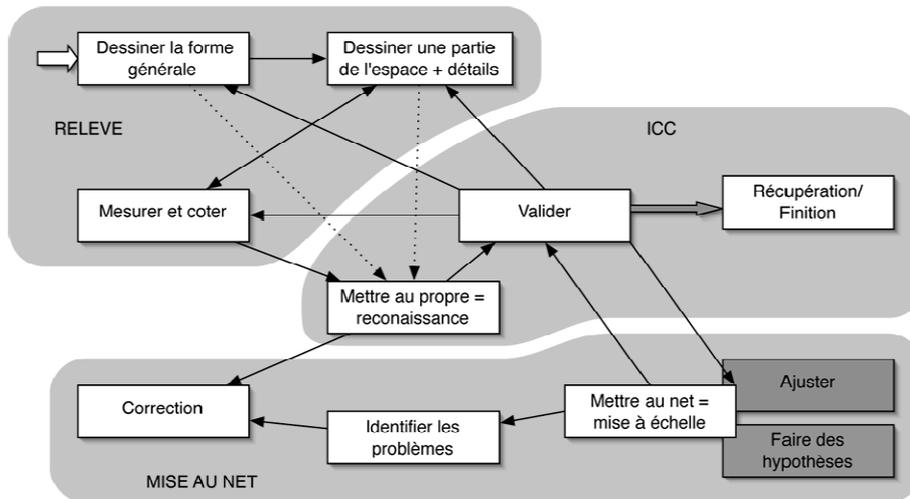


Figure 5 : Modèle de l'activité de mise au net en temps réel

Cette nouvelle activité induite par ICC fait émerger une composante centrale de validation explicite. Le tracé de chacun des traits et l'introduction de cotes ou de notes textuelles nécessitent en effet une reconnaissance de la part du logiciel. Pour effectuer cette validation, l'utilisateur active régulièrement une option de « mise au propre » (option du dessin synthétique) permettant de s'assurer de l'exactitude de la reconnaissance par le logiciel. En cas de non reconnaissance, il corrige en recommençant le tracé des cotes ou segments non reconnus. Dans le cas d'une validation, il continue son relevé normalement.

A certains moments clés, après validation de la reconnaissance, le professionnel décide de mettre son plan, encore à l'état d'ébauche ou terminé, à l'échelle. C'est précisément ici que la mise au net en temps réel se déroule. Par rapport à la mise au net habituelle, cette nouvelle activité. Est réalisée directement à partir de l'esquisse de relevé tracée sur ICC. Il n'est donc plus nécessaire pour le professionnel de redessiner la plan du bâtiment ou du terrain, ni d'y intégrer les détails. Ces activités sont en partie prises en charge par le logiciel (dessin de la forme générale, triangulation des espaces fermés et insertion des détails tracés), tandis que d'autres feront partie d'une étape ultérieure de finition (voir plus loin).

A ce stade, la mise au net peut être validée et le dessin poursuivi, ou certains problèmes peuvent émerger. L'identification de ces problèmes peut être opérée par le logiciel, qui interrompt le processus en cas d'incohérence majeure ou par l'utilisateur qui repère très rapidement certaines omissions, certaines erreurs ou un problème global de cohérence grâce à la visualisation renvoyée par le mode échelle.

Des trois stratégies de résolution de problèmes mises en évidence pour la mise au net traditionnelle, le professionnel assure la correction, alors que les autres (ajuster et élaborer des hypothèses) sont prises directement en charge par le logiciel. En effet, ce dernier procède à des ajustements (modifications des cotes et des angles) et fait des hypothèses automatiques sur les cotes manquantes, en fonction de la topologie du croquis. L'architecte, quant à lui, peut participer aux ajustements en spécifiant la certitude qu'il assigne à certaines cotes et adapte le plan en ajoutant les cotes manquantes et en corrigeant les erronées. Pour ce faire, encore présent sur site à ce moment, il dispose de l'ensemble des éléments lui permettant de continuer aisément son relevé.

Au terme de l'activité, l'architecte récupère ses plans sur son outil DAO habituel, les intègre dans un plan final et opère certaines finitions (notamment classer les différents traits dans les couches et avec les couleurs souhaitées).

Globalement, l'activité de remise au net en temps réel est plus complexe que celle effectuée ordinairement. De nouvelles étapes sont créées, d'autres sont supprimées, donnant ainsi naissance à une activité relativement différente. Les processus cognitifs mobilisés sont autres. Dorénavant, une partie croissante de la tâche consiste à surveiller le processus et à traiter les incidents. L'utilisateur, outre son travail de reconstitution de dessin, est davantage impliqué dans la supervision, la gestion de l'information et la prise de décision. Certaines parties de l'activité sont automatisées et facilitées par une présence sur le terrain, notamment en ce qui concerne les stratégies de détection et de récupération d'erreurs.

## CONCLUSION ET DISCUSSIONS

Cet article synthétise l'ensemble du projet de recherche ICC, en insistant sur la dimension psycho-ergonomique de la démarche multidisciplinaire. Il a aussi pour ambition de montrer l'utilité des modèles d'activités pour la conception d'outils. En effet, les modèles d'activités traditionnelles permettent de dériver des besoins et la mise sur pied d'un modèle de l'activité outillée, validé et affiné par des observations de terrain, peut à son tour structurer les évaluations et mettre en exergue les améliorations et ajustements à apporter.

Cette étude montre clairement en quoi l'introduction d'une nouvelle technologie, créée pour supporter deux activités préalablement présentes à des lieux et moments distincts et mobilisant des stratégies et ressources différentes, engendre une nouvelle activité en partie distincte des deux précédentes. Celle-ci est plus complexe, mais ouvre le champ des possibilités d'actions grâce à une présence sur site et l'aide apportée par le logiciel, en termes de détection et récupération d'erreurs notamment.

L'ambition d'ICC pour la suite est de rendre cette activité encore plus simple et naturelle, à l'image de celle du croquis de relevé, tout en facilitant la détection et la récupération des erreurs par des moyens intuitifs. Pour ce faire, certaines pistes restent à être explorées :

- L'échelle du dessin modifiée implique qu'il est nécessaire d'inciter l'utilisateur à utiliser plus d'un écran pour faire son dessin. Une fonction "dézoom" permettant une vue globale et le tracé de la forme générale du bâtiment va donc être implémentée, afin de correspondre aux pratiques spontanées de l'architecte.
- Il s'avère que l'étape de validation de l'interprétation prend une place essentielle dans l'activité. Or le dessin synthétique ne permet pas à l'heure actuelle une vision claire et précise des résultats de la reconnaissance automatique. S'il permet de vérifier l'interprétation des cotes et annotations, il est encore difficile pour l'utilisateur d'identifier quelles cotes sont assignées à quels segments. De même, en cas d'interprétation erronée, nous estimons nécessaire de permettre une interface de correction simple, basée sur les mêmes principes d'interaction naturelle sur lesquels est basé le logiciel (tracé et vocal).
- Enfin, au niveau de la mise au net, le résultat produit par le système peut parfois être surprenant car le dessin mis au net peut visuellement être très différent du croquis initial. Un réel travail sur le retour et l'explicitation du comportement du moteur de remise au net doit donc être effectué.

## REMERCIEMENTS

Ce projet est financé par le programme WIST - Wallonie Information Société et Technologies de la Direction Générale des Technologies et de la Recherche, Région Wal-

lonne, 2003-2007. Il associe les équipes de l'Université de Liège (Ingénierie de conception, Génie logiciel, Traitement d'image et Ergonomie de conception) et des Facultés Polytechniques de Mons (Traitement du signal vocal). Nous remercions aussi les utilisateurs qui ont activement participé aux multiples *focus groups* et testings.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Azar, S. Couvreur, L. Delfosse, V. Jaspard, B. & Boulanger, C. Agent-based Multimodal Interface for Sketch Interpretation, *MMSP-06 : Eighth international workshop on multimedia signal processing*, British Columbia, Canada, October 2006.
2. Boulanger, C. Decortis, F. & Safin, S. Portable Tool for Finalizing Freehand Drawings : Activity Analysis and Design Requirements. *Proceedings of EACE 2005 : Annual Conference of the European association of Cognitive Ergonomics*, November 2005.
3. Lebahar, J-C. *Le dessin d'architecte - Simulation graphique et réduction d'incertitude*. Edition Parenthèses, Paris, 1983.
4. Leclercq, P. Le concept d'esquisse augmentée. *Proceedings of SCAN'05 : Séminaire de Conception Architecturale Numérique*. Paris, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Val de Seine, France, 2005.
5. Leclercq, P. & Elsen, C. Le croquis synthétique numérique. *Proceedings of SCAN 07 : Séminaire de conception architecturale numérique*, Liège, Belgique, 2007.
6. McCall, R., Ekaterini, V. & Zabel, J. Conceptual design as hypersketching. In *Proceedings of CAAD Futures '01*. Kluwers, Dordrecht. 2001.
7. Nardi, B. *Context and Consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction*. Cambridge, MA : MIT Press, 1996.
8. Norman, D.A. *The invisible computer*, MIT Press, Cambridge University Press, MA, 1998.
9. Pranovich, S. *Structural sketcher : a tool for supporting architects in early design*. PhD dissertation, Department of Mathematics and Computing Science, Technische Universiteit Eindhoven, Pays-Bas, 2004.
10. Prost, R. *Conception architecturale. Une investigation Méthodologique*. Paris, L'Harmattan, 1992.
11. Rabardel, P. *Les Hommes et les Technologies. Approche Cognitive des Instruments Contemporains*. Paris : Armand Colin, 1995.

