

Vers des modeleurs 3D créatifs : Étude de dessins d'architectes

Stéphane Huot

École des Mines de Nantes
La Chantrerie
4, rue Alfred Kastler
BP 20722
F-44307, Nantes cedex 3, France
Stephane.Huot@emn.fr

Cédric Dumas

École des Mines de Nantes
La Chantrerie
4, rue Alfred Kastler
BP 20722
F-44307, Nantes cedex 3, France
Cedric.Dumas@emn.fr

RÉSUMÉ :

Dans cet article, nous présentons une étude de dessins et croquis architecturaux que nous avons menée afin de développer une Interaction Homme-Machine avancée pour la modélisation 3D dans le cadre du projet GINA [4] (Géométrie Interactive et Naturelle). Ce projet vise à produire des outils de modélisation 3D intuitifs et créatifs, basés sur la reconstruction de dessins en perspective. De cette étude, nous déduisons des implications quand aux interactions entre un utilisateur et un tel système.

MOTS CLÉS : Dessin architectural, Croquis, Interfaces de Modélisation 3D.

ABSTRACT

This paper describes an experiment we conduct to provide designers with an advanced 3D modelling Human-Computer Interaction. The main project – called GINA [4], a French acronym for Interactive and Natural Geometry – expect to introduce new intuitive and creative 3D modeling tools, relying on 2D perspective drawing reconstruction. This domain study will help us to deduce implications for Human-Computer Interaction in such a system.

KEYWORDS: Architectural drawing, Sketch, 3D modeling interfaces.

INTRODUCTION

Partant du constat que les outils actuels de modélisation 3D n'intègrent pas réellement de phase créative (malgré le nom de *Conception Assistée par Ordinateur*), de part des méthodes de modélisation et d'interaction très éloignées de la démarche créative, nous proposons avec le projet GINA [4] une approche plus naturelle et intuitive pour un utilisateur. Le principe est de dessiner en pers-

pective 2D la forme de l'objet 3D à modéliser. Une vue perspective d'un objet n'étant pas suffisante à son élévation en 3D, il est également nécessaire de spécifier des contraintes géométriques sur les éléments qui le composent (orthogonalité, parallélisme, incidence). Mais cette tâche de saisie de contrainte peut s'avérer laborieuse et surcharger la tâche de création. Une solution est donc d'anticiper les actions et comportements du dessinateur et d'analyser le dessin en temps réel afin d'en déduire le plus de propriétés possible. Actuellement, le noyau mathématique de GINA [7], est capable de produire un modèle 3D à partir d'un dessin en perspective et des contraintes géométriques associées à ces éléments. Nous travaillons maintenant sur les techniques d'interaction à mettre en œuvre pour la saisie du dessin et des contraintes. La première étape de notre approche a été de mener une étude sur des dessins d'architectes, et plus précisément sur les traits composant ces dessins. De l'analyse de ces données, nous avons pu dégager des besoins au niveau de l'interaction et des solutions pour les mettre en œuvre.

INTERFACES ALTERNATIVES POUR LA MODÉLISATION 3D

Pour faciliter la modélisation 3D, des interfaces gestuelles ont été proposées [2,10]. Même si l'utilisabilité et la démarche intuitive de ces travaux sont prouvées, les interfaces gestuelles posent le double problème d'un ensemble limité de gestes prédéfinis, et de la difficulté pour un utilisateur débutant d'apprendre ces gestes. Pour éliminer en partie ce problème, dans [3], Igarashi a proposé une interface suggestive couplée à une interface de dessin proche du geste. Cette nouvelle approche, implémentée dans le système *Chateau*, combine une interface de dessin « guidé » avec des modules de propositions de résultats que l'utilisateur doit confirmer pour étendre le travail en cours. D'autres méthodes [1,6] utilisent directement le dessin, à main levée ou à base de segments, pour obtenir des modèles 3D. Les propriétés structurelles et les contraintes géométriques des objets sont extraites du dessin pour reconstruire l'objet en trois dimensions. Mais afin de contourner les problèmes liés à cette détection et autres ambiguïtés, les dessins doivent être en vue axonométrique, ou en coupe 2D. Cela reste plus intuitif et naturel que les modeleurs 3D traditionnels, mais tou-

© ACM, 2002. This is the author's version of the work. It is posted here by permission of ACM for your personal use. Not for redistribution. The definitive version was published in *Proceedings of the 14th French-Speaking Conference on Human-Computer Interaction (IHM'02)*, {ISBN : 1-58113-615-3, (2002)} <http://doi.acm.org/10.1145/777005.777051>

jours limité au niveau créatif. Nous proposons donc de combiner le dessin à main levée en perspective avec une interaction contextuelle et suggestive pour obtenir une interface Post-WIMP [9] de modélisation 3D créative.

ÉTUDE SUR LE DESSIN ARCHITECTURAL

Afin de définir une interaction adaptée à cette tâche de dessin en perspective, nous avons mené une étude sur la façon de dessiner dans le domaine de l'architecture. Cette étude porte sur la phase de croquis, afin de comprendre les gestes et habitudes du dessinateur et pour tenter d'isoler des invariants et des propriétés générale de la phase de dessin. Contrairement à d'autres travaux, comme ceux de Suwa [8], notre étude ne se focalise pas sur la perception et les intentions de l'architecte lors de la création, mais sur le processus de dessin créatif en lui-même.

Les sujets, étudiants en architecture et architectes, devaient réaliser un seul dessin. 21 étudiants et 4 architectes ont participé. Même si le nombre de sujets ne suffit pas pour obtenir des résultats généraux (un échantillon plus conséquent serait nécessaire), cette première étude informelle nous est utile afin de cerner la composition d'un croquis architectural. La consigne était :

“Dessiner un bâtiment dans une vue en perspective unique, vu de l'extérieur. Vous ne devez utiliser aucun document (images ou photographies) et il est préférable de concevoir un nouveau bâtiment plutôt que d'en dessiner un existant. Enfin, il n'est pas nécessaire de dessiner l'environnement autour du projet (arbres, ciel, oiseaux, etc.)”

Les dessins ont été numérisés en temps réel avec une tablette graphique connectée à un PC standard. Nous avons utilisé une tablette qui permet de dessiner sur une feuille de papier normale, avec un stylet à encre, de manière à ne pas perturber les sujets par l'utilisation de périphériques nouveaux. Les sujets étaient seuls dans une pièce pendant leur travail, et leurs actions étaient filmées.

UNE TAXINOMIE DES TRAITS ARCHITECTURAUX

La littérature architecturale définit un vocabulaire de haut niveau pour les objets du domaine et des symboles courants utilisés par les concepteurs. Mais à notre connaissance, il n'y a pas de définition précise des traits composant un dessin. Nous proposons donc une taxinomie des traits du dessin architectural, déduite de nos observations et de discussions avec des architectes :

- **construction**, pour guider dans le dessin en vue perspective (points et lignes de fuite, horizon, points de repère, etc.).
- **principaux**, constituant la forme et le contour. Cette classe est divisée en deux sous catégories :
 - **primaires**, qui sont les premiers dessinés pour créer le contour,
 - **secondaires**, pour tous les repassages, appuis et “gribouillages” sur les traits principaux primaires.

- **détail**, représentant les caractéristiques du bâtiment (portes, fenêtres, etc.).
- les traits de **décor**, pour une apparence plus réaliste du dessin (matériaux, ombres, etc.).
- **style/embellissement**, pour représenter l'environnement, sans lien avec la forme principale (arbres, nuages, herbes, etc.).

Cette taxinomie, permettant d'identifier les traits d'un croquis architectural, nous a permis d'effectuer des analyses sur notre corpus de dessin d'architectes afin d'extraire des invariants et des spécificités du dessin créatif, en particulier dans le domaine architectural. Nous avons développé une application (figure 1) pour « rejouer » le dessin chronologiquement, en étiqueter les traits et appliquer des outils d'analyse.

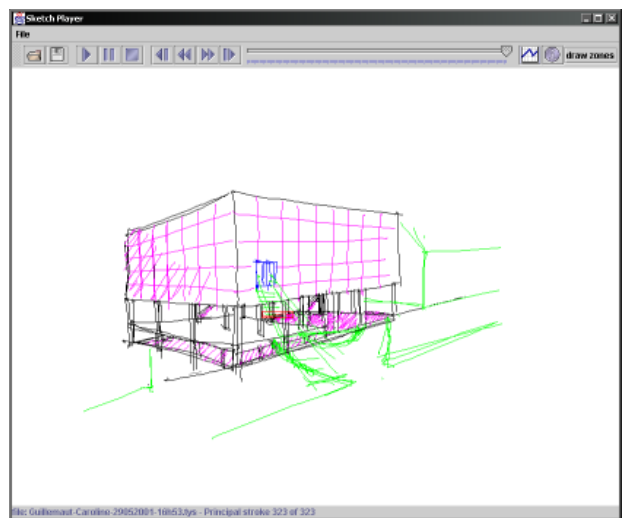


Figure 1 : Un des dessin du corpus, après étiquetage des traits suivant la taxinomie proposée.

RÉSULTATS ET IMPLICATIONS

Le corpus comporte 24 dessins (une des réalisations s'est avérée inexploitable) pour un nombre de 9858 traits. Notre première observation est que le temps utilisé pour effectuer le travail demandé varie de 10 à 30 minutes. La consigne fut en général respectée, à part le dernier ordre (ne pas dessiner l'environnement extérieur). Cela nous a naturellement conduit à prendre en compte ces traits dans notre taxinomie.

Pourcentages des différents types de traits

Si l'on considère le pourcentage de chaque type de traits dans le corpus, un résultat important porte sur les traits de construction. Nous avons émis l'hypothèse que les dessinateurs, et en particulier les architectes, au vu des cours de dessin en perspective qu'ils suivent, utilisaient souvent des lignes de fuite. Nous pensions donc introduire un outil spécifique pour le dessin des traits de construction dans notre système. Or, il s'avère qu'il n'y a que 4% de traits de construction sur l'ensemble du corpus. De plus, ces traits sont en majorité des points de repère. Ce résultat remet donc en cause cette hypothèse,

dans le cas de notre échantillon (en majorité des étudiants). Il est tout de même important de vérifier ou d'invalider cette hypothèse pour des sujets architectes confirmés.

Distribution temporelle des catégories de traits

Une étude importante est la distribution temporelle de chaque classe de traits tout au long du dessin. Pour un temps d'échantillonnage fixé, il suffit de comptabiliser le nombre de traits de chaque catégorie (voir figure 2). L'intérêt est d'appliquer cet outil à tout le corpus dans le but d'établir un invariant dans la distribution temporelle des classes de traits. Nous observons principalement que :

- même s'il sont peu nombreux, le pourcentage des traits de construction est le plus haut dans les 10 premiers pourcent du temps total.
- que les traits principaux primaires sont les plus nombreux dans les 28 premiers pourcent.

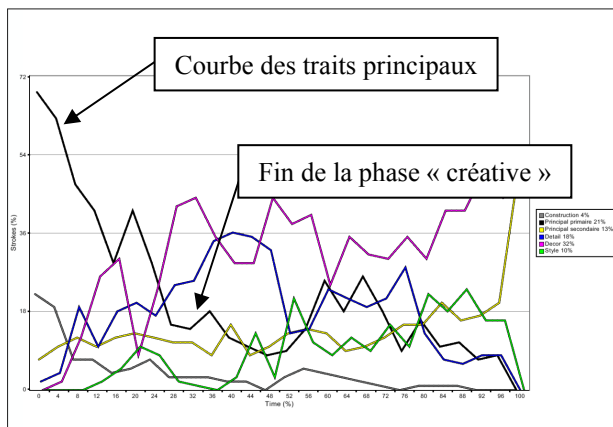


Figure 2 : Distribution temporelle de chaque classe de traits. Le temps d'échantillonnage est de 4 secondes.

La position temporelle de cette phase de traits principaux primaire va dans le sens d'une observation de P. Leclercq sur une esquisse descriptive [5]. Il constatait que la structure fonctionnelle et le partitionnement des espaces d'un appartement dessiné étaient présents après environ 40 pourcent des étapes du dessin. Ce résultat n'a pas été généralisé par d'autres observations, mais nous pouvons d'ores et déjà l'étendre au dessin en perspective par nos observations.

Ce résultat nous a permis d'identifier un contexte "créatif" où il est évident que le concepteur ne doit pas être dérangé. C'est un résultat important pour notre approche interactive. Nous savons que des validations de l'utilisateur seront indispensables dans le cas d'ambiguïtés de détection de propriétés géométriques. Or nous ne devons pas l'interrompre durant cette phase, le système deviendrait sinon trop intrusif. Mais la question est Comment identifier la fin de cette phase ? (c'est à dire un changement de contexte)

Transitions entre les différentes catégories

Si nous considérons chaque type de trait et la chronologie des traits, nous pouvons faire un diagramme de transitions entre chaque type (figure 3). Les transitions sont représentées par des matrices d'adjacence. Plus une case est foncée, plus le nombre de transitions est grand. Nous avons retiré de ces diagrammes les nombreuses transitions entre traits de même type (sur la diagonale) pour plus de clarté et de contraste sur les transitions entre types différents. Pour les diagrammes individuels (figure 3b), nous avons ajouté l'évolution chronologique des transitions. C'est une ligne de temps sur laquelle chaque trait est représenté par un rectangle de la couleur correspondante à son type dans notre taxinomie (bas de la figure 3b). Cela permet de juger de la taille des paquets de traits de même type (de part la taille des rectangles de même couleur) et de leurs transitions avec les autres types.

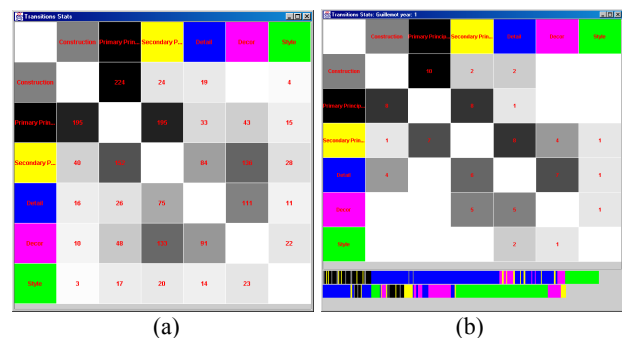


Figure 3 : Diagrammes de transition entre types de traits. (a) sur le corpus complet. (b) sur un cas individuel, avec le diagramme chronologique.

La première observation sur le corpus entier montre une symétrie du nombre de transitions par rapport à la diagonale (figure 3a). Cela prouve que le dessin est formé de paquets répétitifs de traits de types identiques, liés à d'autres paquets (cela se vérifie par l'observation des diagrammes chronologiques individuels). Certaines transitions sont fréquentes (construction à principal primaire et l'inverse, par exemple) alors que certaines sont peu nombreuses (construction à détail). En approfondissant ces observations, nous avons isolé trois phases majeures dans la tâche de dessin :

1. **phase constructive**, avec beaucoup de transitions construction-primaire (et l'inverse) et de primaire-secondaire (et l'inverse).
2. **phase de complétion et d'amélioration**, où les transitions sont majoritairement entre les traits secondaires, détail et décor.
3. **phase de style** avec en majorité des transitions style-style.

Même si ces phases se trouvent souvent dans cet ordre, nous ne pouvons pas établir un invariant chronologique entre elles. La principale application de ce résultat est

l'identification de contextes, et de transitions probables entre eux.

Analyses futures

Nous travaillons actuellement sur une statistique qui devrait nous permettre d'identifier le type des traits automatiquement pendant le dessin, ou tout au moins de paquets de traits. Nous étudions la vitesse, la forme de chaque type de trait, ainsi que les analogies et les liens spatiaux (distance lors d'un changement de type par exemple) entre les types. Trouver d'autres invariants nous permettrait, en combinaison avec les résultats précédents, de détecter les contextes cités précédemment. Enfin, en analysant la forme des traits, les zones de dessin et les gestes des utilisateurs (à l'aide des vidéos), nous pourrions proposer des commandes gestuelles (basées par exemple sur la vitesse du trait, sa position sur l'espace de travail, ou sa forme).

APPLICATIONS

Cet article présente les implications de notre étude sur des croquis architecturaux pour l'identification de contextes et leur détection, partie primordiale de notre interface de dessin 3D. Cette étude est aussi intéressante pour les étapes suivantes qui sont le traitement "bas niveau" des traits (moyennage des traits, épure du dessin, transformation d'un dessin à main levée en un dessin vectoriel, etc...) et les méthodes évoluées d'extraction de propriétés géométriques dans un dessin en perspective.

CONCLUSION

Les travaux et résultats que nous avons présentés permettent d'acquérir des données et des connaissances sur le dessin architectural. Nous avons défini, pour étudier des dessins architecturaux au niveau du « trait », une taxinomie adaptée. La caractérisation des traits d'un corpus de dessins architecturaux nous a permis de confirmer l'importance du premier tiers temporel du dessin pour la compréhension de celui-ci. Nous avons aussi dégagé 3 phases principales dans le dessin architectural, auxquelles nous pourrions associer des contextes d'interaction. Enfin, nos analyses et travaux actuels visent à automatiser cette caractérisation des traits en temps réel afin de détecter automatiquement ces changements de contextes et de proposer des outils d'interaction adaptés à ces différentes phases.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les élèves de l'école d'architecture de Nantes pour leur participation à cette étude, ainsi que les personnels du Laboratoire CERMA de l'école d'architecture de Nantes pour leur aide, spécialement Daniel Siret. Merci aussi à Jean-Daniel Fekete et Pierre Dragicevic pour leurs conseils.

BIBLIOGRAPHIE

1. Eggli, L., Hsu C., Brüderlin B.D., Elber, G. Inferring 3D models from freehand sketches and constraints. *Computer-aided Design*, vol. 29, n° 2, pp 101—112, 1997.
2. Igarashi, T., Matsuoka, S., Tanaka, H. Teddy : A sketching interface for 3D freeform design. In *SIGGRAPH99 Conference Proceedings* (08-13 August, 1999, Los Angeles), ACM Press, pp 409—416.
3. Igarashi, T., Hughes, J.F. A suggestive interface for 3D drawing. In *14th Annual Symposium on User Interface Software and Technology* (11-14 November, 2001, Orlando), ACM UIST'01, pp 173—181.
4. Kuzo, P.M., Macé, P., Lhomme, O., A constraint-based System for 3D Geometric Modelling. In *3rd International Conference "Computer Graphics and Artificial Intelligence"*, Limoges, 28-29 avril 1998.
5. Leclercq, P. Environnement de conception architecturale préintégré. Eléments d'une plateforme d'assistance basée sur une représentation sémantique. *Collection des publications de la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège*, Liège, Belgique, pp 174—175, 1996.
6. Pugh, D. Designing solid objects using interactive sketch interpretation. *Computer Graphics*, vol. 25, pp 117—126, March 1992.
7. Sosnov, A., Macé, P., Hégron, G. Semi-metric Formal 3D Reconstruction from Perspective Sketches. In *ICCS 2002 Conference Proceedings – Part 2, Computer Graphics and Geometric Modeling Workshop* (21-24 April, 2002, Amsterdam), Springer, pp 285—294.
8. Suwa, M., Tversky, B. What do architects and students perceive in their sketches? A protocol analysis. *Design Studies*, vol. 18, n° 4, Elsevier Science Ltd., pp 385—403, October 1997.
9. Van Dam, A. The Human Connection: Post-WIMP User Interfaces. *Communications of the ACM*, vol. 40, n° 2, ACM Press., pp 63—67, February 1997.
10. Zeleznik, R.C., Herndon K.P., Hughes J.F. SKETCH: An interface for sketching 3D scenes. In *SIGGRAPH96 Conference Proceedings* (04-09 August, 1996, New Orleans), Addison Wesley, pp 163—170.