

Paul QUINTRAND

Professeur à l'école d'Architecture
de Marseille Luminy
Directeur du GAMSAU

**La recherche
dans le domaine
de la conception
architecturale assistée
par ordinateur en France**

RESUME

Les techniques informatiques sont de plus en plus présentes dans les pratiques de la conception architecturale en même temps que la recherche en ce domaine affirme sa maturité.

Des perspectives nouvelles s'ouvrent, permettant la conception d'outils mieux adaptés à l'ensemble des tâches de conception. La recherche de ces outils s'appuie principalement sur les techniques de l'intelligence artificielle, qui supposent pour leur mise en oeuvre un fort investissement de recherche pour la modélisation et la représentation du savoir architectural.

INTRODUCTION

Parler de la recherche dans le domaine de la CAO architecturale c'est à la fois évoquer les questions que pose le "projet architectural" et évaluer la capacité des techniques informatiques, matériels et logiciels, à y répondre. Ce qui implique, et l'histoire de ces récentes années nous le confirme, la nécessaire transversalité des disciplines interrogées.

Si les techniques informatiques sont aujourd'hui majeures, il est clair que indépendamment de l'amélioration de leurs performances, leurs applications à un domaine comme la conception architecturale prise dans toute sa dimension et sa complexité ne peut avoir quelques intérêts et quelques chances de succès que par son questionnement précis et profond. Aussi, la maturité de la recherche architecturale en France qui s'affirme aujourd'hui explique-t-elle, tout au moins en partie, les progrès actuels et les perspectives que l'on peut esquisser dans la recherche des outils d'aide à la conception.

Cette rencontre en est un signe, mon propos est d'en faire un état.

Un bilan n'a de sens que dans une vision dynamique, c'est la raison pour laquelle je ne peux m'empêcher de penser à cette première rencontre de Janvier 71 à l'INRIA où certains d'entre nous ici présents échangeons nos idées avec Geoffroy Broadbent, Nicholas Negroponte, Bernholtz et quelques autres. La relecture de ces actes, malgré les incertitudes de Bernard Huet et les pertinents questionnements de Henri Raynaud, exprime la fascination des chercheurs, un certain aveuglement par l'outil et une évaluation erronée et incomplète de notre domaine d'application, encore profondément marqué il est vrai par l'héritage moderne, le fonctionnalisme réducteur et une certaine amnésie vis-à-vis du savoir architectural.

Il ne faut pas voir dans les changements d'attitudes qui auront marqué les années 80 seulement l'apport des techniques informatiques, microinformatiques, techniques graphiques, intelligence artificielle, techniques de l'image. Certes, elles ont été nécessaires, mais elles se sont positivement conjuguées avec les transformations profondes que subit le milieu de la production architecturale depuis une décennie - modification du marché en crise, exigences économiques, exigences de qualité, renouveau du contexte de la production architecturale mondiale moteur de nouveaux questionnements.

Les années 80 en France ont été marquées par une progression fulgurante de la demande en outils informatiques, les manifestations récentes organisées par le Moniteur des

Travaux Publics et du Bâtiment en témoignent; elles ont été aussi marquées par des orientations nouvelles déterminantes pour associer la qualité des produits que nous attendons aujourd'hui. Mais surtout on se doit de souligner en ce mois de Juin 86, quelque peu obscur pour le milieu de la recherche, l'effort colossal de redressement national de la recherche française amorcé en 1981 et qui s'est traduit précisément dans le domaine de l'architecture et du bâtiment par des aides et des actions d'envergure qui portent maintenant leurs fruits: programmes prioritaires, Habitat 88, programme INPROBAT, plan Image, structuration de la recherche architecturale, dotation de moyens encore faibles mais cependant substantiels, aide à l'enseignement et aux formations post diplômées, etc ...

Cette situation a été favorable à un accueil profitable des produits de la recherche informatique, elle-même en pleine évolution et pleinement soutenue.

Des logiciels pour l'architecture

Bien que regroupant un effectif relativement modeste, la recherche en CAO architecturale mobilise des chercheurs appartenant aux divers milieux de l'architecture, des sciences pour l'ingénieur, informatique mathématique et sciences humaines.

L'état des lieux réalisé en 1985 (AUT.85) et destiné au programme préparatoire de la commission CNRS "Architecture, Urbanistique, Société", fait apparaître une quinzaine d'équipes françaises engagées directement ou indirectement dans des recherches touchant à la CAO architecturale; la faible taille des équipes et leur spécialisation est le plus souvent compensée par les collaborations extérieures circonstanciées des projets développés.

Les thèmes principaux de recherche recensés concernent principalement:

- Les études amont ou aval de l'informatisation des tâches architecturales sémiotique et intelligence artificielle (ARCIMA), psychosociologie de l'introduction de la CAO dans les pratiques professionnelles (TIP), histoire de la CAO, analyse des processus de conception sous les aspects cognitifs et sémiologiques (GAMSAU), étude exploratoire sur l'application de techniques nouvelles (SGBD, intelligence artificielle) (GAMSAU) à l'architecture, systémique et sémiotique (LA1).
- Etudes de techniques informatiques propres à la résolution de problèmes d'informatisation dans le domaine de la CAO: synthèse d'image (EMSE, GREPA), traitement d'image (GREPA), système de gestion de base de données CAO ("SGBD-CAO") (IMAG-LGI, GRTC), intelligence artificielle, systèmes experts (GRTC).
- Approche globale de conception et de mise en oeuvre de systèmes de CAO (INSA, GAMSAU, IIRIAM, GRTC, LOCH, LI2A, GREPA, IMAG-LGI, CAOMIP, ARCIMA).
- Elaboration d'outils sectoriels, tentant d'intégrer un ensemble de techniques informatiques (représentation graphique, calcul numérique, etc...) au service le plus souvent d'une application (CERMA, ABC, MINES-PARIS, CSTB-Grenoble, AGRA, GIS, CSTB-Sophia, CSTB-Paris, ARCHI-Nancy, IIRIAM, CAOMIP, ARCHI-Strasbourg, LA1)

D'un point de vue architectural, ces approches se recoupent avec:

- la mise en oeuvre de tâches locales ou problèmes spécifiques: architecture solaire, énergétique, architecture bioclimatique (CSTB-Paris, MINES-Paris, CSTB-Sophia, AGRA, IIRIAM, ABC, CERMA); méthodes et outils de construction (CSTB-Paris, ARCHI-Nancy, CAOMIP, GIS); évaluation technico-économique (LGCH); calepinage (IIRIAM); acoustique du bâtiment (CSTB-Grenoble); banque de données d'images (LA1).

Ces travaux donnent lieu le plus souvent à la production d'outils sectoriels.

- la conception de systèmes mettant en oeuvre des tâches complexes faisant intervenir un ensemble de facteurs conflictuels lors de la conception, et la définition et la mise en oeuvre de systèmes couvrant l'ensemble du processus de conception/réalisation de bâtiment, en étendant notamment le domaine d'utilisation de ces systèmes aux tâches de conception (INSA, GAMSAU, IIRIAM, GRTC, LGCH, LI2A, GREPA, IMAG-LGI, CAOMIP, ARCIMA).

Cette approche accompagne la conception et la mise en oeuvre de systèmes intégrés et s'appuie généralement sur des domaines de recherche spécialisés en informatique (SGBD, systèmes experts, synthèse d'images).

Les problèmes émergents

Les questions que les chercheurs se posent aujourd'hui se fondent à la fois au regard des résultats de la recherche dans le domaine de la connaissance relative au projet architectural en terme de processus, activité intellectuelle, communication entre acteurs et en fonction de l'évolution des techniques informatiques et des capacités du milieu à les intégrer dans les problématiques du domaine.

Pour résumer brièvement ce questionnement, disons que les problèmes relatifs à la réalisation d'un système de CAO en architecture digne de ce nom restent pleinement posés mais semblent se cerner de mieux en mieux, ce qui permet aujourd'hui d'esquisser des perspectives de résolutions.

Trois grandes classes de problèmes qui ne sont naturellement pas isolés peuvent être évoquées:

- 1/ Les problèmes relatifs aux conditions d'accès de l'utilisateur à l'espace informatique en situation de conception, afin que l'usage de la machine s'inscrive naturellement dans la pratique de conception, c'est-à-dire qu'il permette à l'utilisateur d'élaborer ses propres stratégies de travail et favorise l'interaction homme/machine afin d'assurer les conditions nécessaires au bon fonctionnement du processus de simulation/communication.
- 2/ Les problèmes relatifs à la gestion des informations graphiques et non graphiques restituant toute la dimension complexe et évolutive des situations rencontrées depuis l'esquisse jusqu'aux plans d'exécution,
- 3/ Les problèmes relatifs à la restitution des dessins et images sur un écran devant satisfaire à la fois les exigences attendues de la représentation graphique (pertinence, qualité) et les conditions de leur production informatique.

L'architecte en situation de conception

Jean-Charles LEBAHAR (LEB.83) assimile la conduite du projet architectural à un "processus de réduction d'incertitude", exploitant comme outil privilégié le dessin qui assume la fonction double d'outil de simulation/communication.

Depuis le flou de l'esquisse initiale jusqu'aux dessins précis des plans d'exécution, l'architecte progresse dans la résolution des problèmes architecturaux auxquels il est confronté selon une stratégie lui permettant d'affronter un univers large et incertain du champ du probable, en opérant sur des sous problèmes sous-tendant des solutions possibles qu'il ajuste au travers du "bricolage figuratif" et qu'il coordonne par enchaînements successifs de propositions dessinées constituant les divers états du problème.

La pratique graphique de l'architecte permet "le contrôle et la conservation des hypothèses développées à chaque stade de décision et forme un cycle cognitif".

Le dessin, par la rapidité et la souplesse d'utilisation (à main levée ou au té, selon l'instrument utilisé: mine, feutre, plume, etc...), permet de travailler sur la forme par déformations successives exploitant la transparence du calque comme outil de transfert de l'information d'un état à un autre, tout en maintenant stratégiquement les "flous" qui seront précisés à chaque étape de décision au fur et à mesure que les problèmes sont résolus.

Cette description du processus de conception met en évidence les rapports entre l'architecte et son dessin pouvant être appréhendé comme un système interactif à deux acteurs impliquant quelques conditions à son bon fonctionnement:

- 1/ Il faut que la communication soit effective, c'est-à-dire qu'il y ait notamment compréhension des codes utilisés,
- 2/ Il faut que l'effet de la communication, transfert d'information, soit productif de nouvelles informations chez les deux acteurs. A chaque étape du processus il y a non seulement "héritage" de valeurs de l'étape précédente, mais aussi production d'un nouvel état du problème par transformation de l'information.

Ces remarques sont importantes pour apprécier le problème de l'interaction homme/machine, en d'autres termes que par le simple énoncé des qualités du système graphique sous l'aspect "hardware" et de l'appareillage l'accompagnant (FRE.85a).

La première condition sera satisfaite si le système offre à l'utilisateur des moyens de dialogues compatibles avec le temps "cognitif", c'est-à-dire des procédures d'accès (BER.85a) aisées, exploitant un langage quasi naturel (langage du spécialiste utilisateur) et si les temps de réponse sont suffisamment rapides. La restitution des messages graphiques ou non graphiques doit être compréhensible et directement opératoire pour une nouvelle action au gré de l'utilisateur; à cet égard nous verrons que les problèmes de numérisation et de modélisation des objets architecturaux sont principalement concernés.

La deuxième condition sera satisfaite si le système est intelligent, c'est-à-dire s'il dispose de fonctions de manipulation et de restitution de l'information intégrant une part du "savoir" du concepteur pouvant aider et/ou orienter le processus de conception. Il va de soi que le concept d' "intelligence" du système visera aussi les fonctions de saisie.

Ces fonctionnalités s'appuient principalement sur les techniques de programmation de l'intelligence artificielle qui motivent un grand courant de la recherche française.

Les unes visent à faciliter l'interaction en permettant à la machine de reconnaître les schémas "figuratifs", représentation initiale de l'objet en cours de conception incomplètement décrit en créant un système capable de reconnaître un élément à travers ses diverses représentations, par le biais d'informations contextualisées (MENON-LI2A).

D'autres visent à rendre l'ordinateur capable de comprendre le langage de l'architecte, ce langage n'étant pas le résultat de conventions arbitraires, mais bien au contraire le produit d'un savoir et d'un savoir-faire (TECTON, GAMSAU, GRTC, IIRIAM).

L'univers architectural est alors appréhendé comme un univers régulier qui peut être décrit, modélisé, représenté. Cette description implique une recherche de la pertinence des objets manipulés dans le projet d'architecture. La représentation de ce savoir "pertinent" et "opératoire" à des fins de conception exploitent notamment des représentations dites "orientées objets" offrant un environnement de programmation permettant de créer un univers d'objets structurés. Le rôle du programme est de créer "une espèce de boîte à outils permettant de générer un micro univers dans lequel une cohérence relationnelle entretiendra le fonctionnement" (CAR.85). On peut aussi à partir d'une information incomplète sur un objet reconstituer l'information manquante, ou au moins explorer le champ du possible. On en voit tout l'intérêt dans la conception architecturale où précisément le problème consiste à travailler sur des objets incomplètement décrits pour les définir au fur et à mesure de l'avancement du projet.

Un autre aspect majeur de la représentation de la connaissance en intelligence artificielle est de pouvoir gérer le "processus d'héritages", évitant de devoir redéfinir à chaque niveau conceptuel l'ensemble des informations prescrites dans le niveau supérieur; ceci permet en situation informatique de restituer tout le processus de transfert d'information d'un état du problème à l'autre lors des étapes de simulation/communication, chaque niveau de simulation étant informé par le niveau supérieur par un processus d'"héritage de mesures".

La gestion de l'information dans le processus de conception.

Au regard des exigences que pose la conception architecturale, et de la nature des informations manipulées, cette question doit être appréhendée sous deux aspects problématiques.

D'une part, il s'agit de gérer une information dont le volume est important relatif à des objets complexes et de grande dimension, et dont la description est en permanente transformation au cours du processus de conception, ce qui impose une base de données évolutive.

De tels objectifs peuvent être atteints grâce à un système de gestion de base de données (SGBD) qui autorise la gestion de l'information manipulée dans le projet pendant la conception, en assurant la cohérence des descriptions, des modifications et des interrogations des données décrivant l'objet en cours de conception.

La conception et la réalisation d'un système répondant à ces exigences supposent de disposer de moyens logiciels puissants, dépassant la fonctionnalité des systèmes commercialisés aujourd'hui.

D'autre part, pour pouvoir créer sur un écran autant de vues que l'on désire selon le type de projection souhaitée et le point de vue abordé, cela suppose que la forme visible sur l'écran ne soit que le résultat d'un calcul de projection d'un objet représentée "logiquement" dans la machine, tant du point de vue de sa morphologie, que de son contenu (qualitatif ou quantitatif), cela veut dire que la manipulation de la forme restituée graphiquement sur l'écran renvoie à la manipulation de deux types d'information: l'information graphique et l'information non graphique. Le système devra donc, pour assurer le "bon fonctionnement" de la représentation en situation de CAO, assurer la gestion de la cohérence des données décrivant l'objet en cours de conception (graphiques et non graphiques), selon les divers niveaux "d'abstraction" de la représentation du problème abordé et les divers points de vue problématiques (FRE.85).

Les recherches concernant l'utilisation des SGBD relationnels ont montré leurs limites en situation de CAO (AUT.85.1) et la nécessité de mettre en oeuvre d'autres fonctionnalités, notamment pour gérer les connaissances intervenant dans la conception, pour assumer les problèmes évoqués relatifs aux cohérences de représentations multiples.

Là aussi les travaux convergent vers la recherche d'un langage orienté plus riche "langage orienté objet CAO en architecture" offrant des concepts de haut niveau pour les fonctionnalités requises (GAMSAU, LI2A, GRTC) (LEM.85)

Produire des vues et des images

Il est inutile de rappeler l'importance de la représentation en architecture pour VOIR, JUGER, COMMUNIQUER. Le renouveau du dessin architectural médiatique va de pair avec le progrès spectaculaire des techniques de l'image électronique associée ou non aux outils de CAO (palette électronique, image de synthèse, animation vidéo). La possibilité de produire des rendus réalistes de bâtiments ou d'images de site, d'animer des scènes pour restituer la perception d'un cheminement, etc... sont d'un intérêt évident pour mieux voir les projets, mais aussi restituer des images à des fins cognitives.

Mais à quel prix et dans quelles conditions sont fabriqués ces dessins et ces images et sont-ils de nature à satisfaire nos attentes.

Le dessin d'architecture a, pour nous résumer, la double fonction de permettre l'évaluation de la "mesure" et de communiquer. La première visant le réalisme de l'espace et ses dimensions mesurables: donner une image du projet se référant à la seule réalité qui puisse être dominée, celle qui est déterminable, visible, quantifiable, une image objective et complète (MON.85), l'autre éminemment médiatique doit "figurer", suggérer l'objet au-delà de son réalisme physique. Ces dessins et images doivent satisfaire à l'ambivalence même de la figuration graphique en architecture (SAV.85).

Ces questions interpellent plusieurs classes de problèmes dont les uns sont liés à la fabrication d'une maquette numérique nécessaire à la production du dessin et de l'image en situation de conception, les autres, si la première condition est remplie, aux conditions de restitution et à la nature des images produites.

Les premiers problèmes renvoient aux questions abordées relatives à la CAO, et plus précisément à la représentation du savoir architectural fondé sur des analyses typomorphologiques et exploitant des outils de l'intelligence artificielle.

Les seconds renvoient aux questions plus fondamentales de la symbolique de la vision (LA1, ARCIMA), sur laquelle beaucoup de travaux restent à faire pour nous éclairer sur le sens des images produites.

L'image de synthèse axonométrique parfaitement calculée et rendant compte avec toute sa précision mathématique de la course du rayon lumineux judicieusement placé par l'observateur n'aurait-elle de sens que par son "look" informatique? Il est intéressant à cet égard de voir les expériences de Lucien Kroll dans son dialogue avec les futurs utilisateurs de logement (IMAGI.86).

CONCLUSIONS

Nos conclusions au regard de l'état des développements des produits commercialisés sont que les applications informatiques, jusqu'alors relativement sectorielles dans le domaine de la conception architecturale, ont maintenant atteint une maturité suffisante pour fournir des champs d'expérimentation et d'observation de nature à alimenter la recherche et lui permettre de s'engager avec succès vers l'élaboration d'outils de CAO mieux adaptés et couvrant une grande partie des tâches de conception.

Ces perspectives, comme nous l'avons vu, s'appuient principalement sur des travaux relatifs à la modélisation et à la représentation du savoir architectural impliquant une forte mobilisation des spécialistes de la discipline et un réinvestissement de recherche sur le projet architectural et les objets qu'il manipule.

Le succès de ces objectifs suppose que le développement des techniques de l'intelligence artificielle concernant la représentation et le traitement de la connaissance atteigne lui-même le perfectionnement nécessaire pour autoriser la prise en compte de ces "savoirs" dans les termes adéquats à leur utilisation en situation de conception. Cet aspect vise principalement les outils de gestion "intelligents" d'information résultant des convergences des résultats des travaux dans le domaine des SGBD d'une part et de la gestion des connaissances.

Enfin, les progrès considérables des techniques de l'image pourront sans aucun doute satisfaire les attentes des architectes, si là aussi la recherche précise mieux le statut et la nature des images exploitées en situation de conception ou de communication des projets.

Chacun s'attache à souligner l'importance de l'ENJEU qui n'a pas échappé au cours de ces récentes années aux responsables politiques chargés du développement de la recherche dans notre domaine, notamment au sein des grandes directions de la construction, de l'architecture et de l'urbanisme, ainsi que du CNRS et du Ministère de la Recherche. Les acquis ne peuvent être remis en cause au risque de terriblement pénaliser un secteur qui se relève à peine d'une crise qui l'a profondément affaibli et qui souffre d'un retard considérable encore, au regard des exigences nationales et de la compétition internationale. Bien au contraire, les efforts engagés doivent être poursuivis et renforcés notamment en matière de structuration du milieu de soutien et de développement des potentialités existantes et d'incitation au débat scientifique dont ce colloque, à cet égard, devrait en constituer une étape.

BIBLIOGRAPHIE

(AUT.85)

J. AUTRAN, M. FLORENZANO, Déc. 85 CAO en architecture et SGBD. Le devis descriptif de bâtiment: informatisation à l'aide d'un SGBD relationnel, limites et perspectives. Rapport final de recherche. MULT Habitat 88

(AUT.85)

AUTRAN J. FLORENZANO M. (1985) Les logiciels pour l'architecture. Etat des lieux E34 destiné au programme préparatoire de la commission CNRS "Architecture Urbanistique Société" Rapport principal

(BD3/83)

Bases de données Nouvelles perspectives Rapport du groupe BD3 INRIA/ADI, Janvier 83

(CAR.85)

Dominique CARADANT, Jean-Pierre GOULETTE, Patrick PEREZ 1985 LI2A Toulouse "Les utilitaires de l'intelligence artificielle pour un système d'aide à la conception en architecture"

(FRE.85)

Marius FREGIER 1984 Etude de la représentation des composants morphologiques des données du projet architectural dans un contexte de conception assistée par ordinateur Rapport de fin d'étude GAMSAU/ Plan Construction

(GAN 85)

Michel GANGNET TANGRAM SA 1985 Architecture, urbanisme et image de synthèse INA/Plan Construction et Habitat

(GAM 85)

GAMSAU Ecole d'Architecture de Marseille Rapport d'activité et programme scientifique 1985

(IMAGE 85)

"L'image en architecture Les machines à dessiner" GAMSAU, Atelier du Patrimoine de la Ville de Marseille. Plaquette de l'exposition Musée d'Histoire de la Ville de Marseille 1985

(IMAGI 86)

L'imaginaire numérique Actes du colloque interdisciplinaire St Etienne Paris Hermès 1986

(IN.PRO)

La CAO pour l'architecture et le bâtiment, situation actuelle et orientations. in consultation INPROBAT M. GANGNET (mai 85)

(LEB.83a)

Jean-Charles LEBAHAR 1983 Le dessin d'architecte Parenthèses Marseille (dist.PUF) 135 p.

(LEB 85f)

Jean-Charles LEBAHAR, M. BERTHELOT, Y. BERNARD, D. MICHELUCCI, M. GANGNET, A. KOMORN, C. MANAGO (1985) Etudes en CFAO architecture et bâtiment Paris Hermès Publishing 141 p.

(LEM 85)

J.LEMAITRE "OFE un langage fonctionnel de manipulation de bases de données" journées bases de données avancées 6-8 Mars 1985 St Pierre de Chartreuse

(LI2A 85)

LI2A Ecole d'Architecture de Toulouse Rapport d'activité 85 et programme scientifique 1985

(MCLUR 85)

Bert Mc LURE, Paul DUQUENNOY, Alain FRAYSSE, L.TRIEU TUONG, Jean-Marc VOLPELIERE 1985 Les nouvelles technologies de représentation des projets en architecture et urbanisme Plan Urbain / Plan Construction et Habitat

(MON 85)

voir in TA N.358 1985 Gérard MONNIER "Perspectives axonométriques et rapport au réel"

(QUI 85c)

QUINTRAND Paul, AUTRAN Jacques, FLORENZANO Michel, FREGIER Marius, ZOLLER Jacques 1985 La conception assistée par ordinateur Paris Hermès Publishing 272 p.

(SAV 85)

Voir in catalogue "L'image en architecture Les machines à dessiner" (IMAGE 85)
"Il faut que ce soit l'oeil qui juge"

QUINTRAND Paul
Professeur à l'école d'Architecture
de Marseille Luminy
Directeur du GAMSAU

GAMSAU - EAM 70 Route Léon Lachamp 13288 Marseille Cédex 9

91 41 11 85