

Ordinateurs dans l'apprentissage de la conception : mental et instrumental

Michel Léglise

École d'architecture de Toulouse (France)

Laboratoire Li2a

Il n'est pas inéluctable d'utiliser, dans les écoles d'architecture et pour l'apprentissage de la conception, les outils logiciels qu'exploitent les architectes en phase de production. On exposera en quoi ces systèmes lourds et efficaces dans la fabrication des pièces écrites et graphiques en fin de projet, se révèlent inadaptés en phase d'apprentissage et de pré-conception. L'alternative ici proposée consiste à considérer un étudiant comme un acteur qui décide, dans un environnement multiple et changeant de modules logiciels, d'appeler tel ou tel élément propre à stimuler son imagination ou aider sa réflexion, dans la phase où il se trouve, dans le mode de représentation qu'il choisit. Cet environnement est considéré comme un dispositif. Quelques exemples existants de ces modules logiciels sont brièvement présentés, comme incitation à continuer d'explorer cette voie. La conclusion expose la difficulté de l'entreprise, mais insiste sur les enjeux qui y sont attachés.

"A discussion of design education must be based on some understanding of what it is that must be taught. What are the skills, methods, habits, tricks, and canons that teaching must bring to the ignorant and clumsy? In so far as there is a method in design education, it is method of teaching rather method of design." [N. John Habraken, 1996].

Introduction

Les logiciels de CAO sont utilisés majoritairement dans le monde professionnel de l'architecture comme outils d'instrumentation du projet. Petit à petit, après une longue décennie de méfiance vis à vis de l'informatique, beaucoup d'enseignants architectes en viennent à affirmer que ces logiciels de CAO sont indispensables dans le cadre de l'enseignement de l'architecture. La chose est admise peu ou prou, comme allant de soi, et la seule polémique active semble être celle de savoir quel serait le meilleur logiciel dans ce cadre (les arguments échangés, d'ailleurs, sont loin d'être toujours pédagogiques).

Ce déplacement de l'utilisation à un autre champ d'activités, que l'on entend formuler de différentes manières, illustre un contresens pédagogique majeur et est historiquement installé dans bon nombre de nos écoles. On pourrait ainsi l'énoncer : les outils qui sont bons pour la production de l'architecture sont bons pour l'enseignement de l'architecture. En effet, le raisonnement justificatif peut se résumer à : nos étudiants vont entrer dans la profession où l'on utilise massivement des outils informatiques. Si l'étudiant ne sait pas se servir de ces outils, alors on l'handicape, on lui propose un enseignement archaïque.

Il n'est pas question ici de rentrer dans la polémique, mais de rappeler ici et là quelques éléments pédagogiques de base. Certainement, les outils logiciels professionnels doivent avoir quelque chose à faire avec une certaine approche de la pratique professionnelle abordée dans les écoles d'architecture par exemple en termes de structuration des données ou de méthodes de travail. Certainement aussi, ce sont des outils (gardons provisoirement le terme) inadaptés à d'autres tâches que celles pour lesquels ils sont faits. Aucun éditeur de ces logiciels, à ma connaissance, ne revendique que son produit puisse aider à apprendre à concevoir.

Nous proposons ici un changement de point de vue en essayant de définir un dispositif global qui pourrait soutenir l'étudiant en phase d'apprentissage de la conception, faisant de lui un *acteur* de son propre enseignement plutôt qu'un *utilisateur* assisté par un programme dit de conception. Dans ce nouvel arrangement, nous considérons qu'un ordinateur est avant tout un média (cité comme tel dans les bons dictionnaires), c'est à dire en particulier un moyen "permettant l'expression et la communication de la pensée".

Le problème et ses enjeux

Les produits commerciaux d'aide à la conception en architecture, logiciels de dessin assisté et de CAO, ne sont pas des produits d'aide à la conception proprement dite. Ils sont destinés à instrumenter le projet, c'est à dire à faciliter la formation des pièces écrites, une fois que la conception est terminée, c'est à dire que le projet est pratiquement définitif. Ils interviennent donc comme outils de production finale (même, si en pratique d'agence ils interviennent bien avant pour des questions de gains de productivité, avec des effets assez pervers assez peu étudiés [Fortassin, Léglise, Pérez, 1990]).

Or, comme le fait remarquer Hamel [Hamel, 1994], un programme d'ordinateur peut être considéré comme un modèle formel de description d'une tâche. Dans cet esprit, les logiciels de CAO contiennent donc une théorie implicite de la conception, jamais d'ailleurs explicitée. Hamel va jusqu'à dire que le seul but des développeurs en CAO architecturale pourrait être de fabriquer des systèmes qui n'ont pour ambition que de simplement fonctionner...

La profession, confrontée aux dures exigences du marché et aux problèmes de productivité, utilise majoritairement ce qui fonctionne (pas nécessairement ce qui conviendrait), et doit s'adapter sous contrainte extérieure.

Que certains de ces logiciels soient plus souples que d'autres, parce qu'ils sont programmables et qu'ils permettent de définir des objets particuliers ne change pas fondamentalement les choses, peu d'architectes ayant le loisir et les compétences pour définir de tels environnements et écrire des lignes en langage symbolique.

Nous allons proposer une autre approche pour les logiciels à utiliser dans l'enseignement de l'architecture. Nous évoquerons un environnement informatique adapté aux exigences de la formation de l'étudiant à la conception. Nous allons ainsi faire référence à des logiciels qui ont peu d'équivalents dans le commerce, inclus eux-mêmes dans une disposition particulière.

On verra par là que l'enjeu de la définition et l'utilisation de logiciels pour l'apprentissage de la conception est important : c'est celui de la préservation du savoir et du savoir-faire de l'architecte, avec tout ce que cela implique sur la préservation de la culture architecturale elle-même [Léglise, 95].

D'ailleurs, que ce soit enseignement ou pratique de la conception, un appel vers d'autres outils commence à se faire jour dans les communautés de chercheurs et d'architectes. Le rapport de P. Amphoux [Amphoux, 1998] est important pour notre propos, car il est le résultat d'une consultation large et pluridisciplinaire, assortie de recommandations, synthèse de la consultation. On y remarque des interrogations sur "les effets de la pensée logicielle sur la conception architecturale", dans ses aspects de rationalisation et "d'hypertechnicisation", avec des appels précis à pouvoir représenter informatiquement les "logiques du flou et de l'indéterminé", que nous examinerons plus loin. Il est fait aussi référence à la nécessité d'outils "de mémorisation interactive des expériences architecturales individuelles ou collectives, techniques ou sensibles, écrites, imagées ou sonorisées" (pp. 96-97).

Un autre enjeu, nous semble-t-il, est d'échapper à cette technicisation des procédures qu'entraîne obligatoirement l'usage des logiciels de CAO, et au fonctionnalisme - voire à l'utilitarisme - latent, sur lequel nous reviendrons.

Le dernier point important concerne le fond de l'enseignement lui-même dans ses rapports à l'informatique. S'agissant d'apprentissage de la conception, on pourrait être plus exigeant et viser plus haut par l'utilisation de l'ordinateur : au lieu que *l'activité de mise en forme finale* (au sens large) de l'étudiant soit *aidée*, faisons plutôt que son *activité intellectuelle* soit *enrichie, stimulée, démultipliée* par l'emploi d'un dispositif approprié dont la configuration comporte des logiciels.

Car enfin, ce que peuvent nous apporter les machines dans la phase éducative ressortit de la représentation possible d'objets en puissance d'être mais aussi, au moins autant, de la description et de la découverte de liens possibles entre des objets déjà là.

Nous négligeons souvent les aspects d'analyse que peuvent nous aider à mener à bien les ordinateurs. On privilégie toujours la synthèse, certainement parce que les outils qu'utilisent les professionnels sont des outils de synthèse.

Or, en phase d'analyse, c'est à dire en phase intellectuelle de mises en relations d'objets, de concepts, de mots, de représentations, autrement dit en phase de recherche de sens et d'apprentissage, les machines peuvent nous apporter un soutien de mémorisation, de mise en forme des liens découverts, et de rappel approprié de nos opérations sémantiques.

Le fonctionnel est-il utile ?

Il n'est pas question pour nous ici de passer en revue les recherches et études sur l'enseignement de la conception architecturale. Il s'agit d'un vaste champ encore largement ouvert, et on pourra trouver quelques éléments sur la conception elle-même dans : [Broadbent, 1973], [Conan, 1989], [Goulette, 1997], [Lawson, 1980], [Lebahar, 1988 et 1993], [Quintrand, 1986], [Sottinel & al., 1993]. Sur l'enseignement de la conception lui-même et quelques unes de ses modalités, on peut consulter par exemple : [Boudon, 1994], [Chupin, 1998], [Schön, 1987],

D'un point de vue très pragmatique, on peut facilement imaginer que les étudiants, à l'occasion d'un exercice de conception, aient besoin de convoquer des connaissances et des savoir-faire, et que le but final soit évidemment d'accroître ces connaissances et savoir-faire. Il faudra ainsi examiner la nature de ces sources de connaissances, leur formalisation, leur représentation, leur disponibilité, leurs liens mutuels...

Le but que nous poursuivons n'est pas que l'étudiant apprenne à concevoir *avec* un logiciel (comme une sorte de handicap ou de difficulté supplémentaire, dont la première est évidemment de passer du temps, *avant toute chose*, à apprendre à se servir d'un logiciel professionnel lourd), mais bien d'apprendre à concevoir tout court.

Ce que nous voulons évaluer est la possibilité, dans ce domaine didactique, de trouver un intérêt à l'usage des ordinateurs. En ce sens, ne confondant pas apprentissage et production, nous ne considérons pas comme allant de soi que l'usage des machines soit bénéfique. J'ai montré ailleurs que cela était raisonnablement possible et probable [Léglise 95], et deux années d'expérience pédagogique évoquées plus loin nous encouragent dans ce sens.

Quant aux logiciels, ils sont souvent qualifiés d'outils. Ainsi, on parlera d'un *utilisateur* d'un logiciel offrant des *fonctionnalités*. Une personne utiliserait des possibilités de *conversation* offertes par le logiciel dans une communication qui actualiserait un idéal des complémentarités entre l'homme et la machine comme si les machines étaient douées des mêmes vertus de conversation que les humains.

Parler des fonctionnalités d'un logiciel, c'est évacuer son utilisateur (l'étudiant dans notre cas), c'est souligner qu'un logiciel peut faire ceci et cela. Mais ces fonctionnalités ne représentent que des potentialités, qui s'actualisent ou non. Plus riche, évidemment est de suivre les analyses de B. Laurel ([Laurel, 1993], cité par [Stanley, 1998]), pour évaluer un logiciel non pas sur ce qu'il "sait" faire, mais sous l'angle de ce qu'un acteur peut faire avec lui.

Ce n'est pas la notion de *conversation* avec un logiciel (idée reçue de la théorie de l'interactivité, selon [Stanley, 1998]), qui nous intéresse, mais bien celle de la conversation qu'un humain peut avoir avec lui-même ou avec des semblables, médiatisée par l'usage d'un logiciel (et non par le logiciel lui-même). On pourrait se rapprocher à ce sujet de la problématique émergente de coopération humaine médiatisée (plus généralement le "Computer-Supported Cooperative Work"). On peut aussi faire allusion, dans ce domaine de l'apprentissage de la conception, à cette forme particulière de "dialogue" que Schön nomme "la conversation avec les éléments de la situation" [Schön, 1987].

C'est par la notion de *dispositif* qui ne prend pas racine dans une visée fonctionnaliste et instrumentale de l'aide, mais dans l'*installation* d'une *configuration* adéquate et stimulante que nous proposons de remplacer le rapport de l'étudiant à l'ordinateur.

Le dispositif

Ce qui, pour nous, distingue, au niveau de définition des aspects généraux évoqués dans cet article, l'apprentissage de la conception de la conception elle-même, est le résultat attendu, Il est probable que des exercices de conception puissent consister à concevoir un objet. La pratique peut *sembler* la même. Mais ce qui importe plus que l'objet produit dans un exercice de conception est ce que va engager l'étudiant pour utiliser, actualiser, augmenter ses connaissances.

Or, la conception [Léglise, 1995] ne consiste pas à mettre en avant une idée globale, puis une idée formelle, puis une idée fonctionnelle, puis à régler des détails. On sait que l'idée est imprécise et floue mais incisive, fluctuante mais forte, globale, mais polarisée sur certains points précis. L'objet qui va en émerger ne se conçoit pas de manière linéaire, est précis par endroits, indéfini dans d'autres. La conception embrasse le projet dans sa totalité, en permanence, quelque soit le stade d'avancement, et il est parfois possible que certains détails soient fixés très tôt. Inversement, il est probable que la forme globale puisse être partiellement validée par l'examen de tous les détails. On pourra consulter sur ces points [Boudon, 1994], [Hamel, 1994], [Lawson, 1980], [Venturi, 1966] (la "dure obligation du tout"), [Sottinel & al., 1993] ("la globalité malgré la fragmentation", "l'indétermination dans la fragmentation", "l'indétermination dans la globalité", la "validation par le tout et les fragments").

L'œuvre en gestation est donc un tout indécomposable. L'architecte, en phase de conception, l'étudiant en phase d'apprentissage, doivent mobiliser une multiplicité de points de vues, essayant de régler à la fois problèmes fonctionnels, constructifs, thermiques, formels, privilégiant une vue et une granularité à un instant donné.

Cette gymnastique nécessite des changements incessants de points de vues et de systèmes de représentations, ce que les systèmes de CAO savent assez mal faire en général, parce que conceptuellement et informatiquement difficile à implanter, même si des voies, dans le domaine même de l'architecture, sont proposées [Goulette & Léglise, 1993], [Goulette, 1997].

Le principe du *dispositif* permet de mettre en place une politique de l'étudiant comme *acteur* maîtrisant ses points de vues et ses systèmes de représentation.

Il nous paraît en effet important d'abandonner la notion implicite d'étudiant *utilisateur* en face d'un logiciel présentant des fonctionnalités, et de créer un environnement stimulant plutôt qu'un usage de logiciels d'assistantat (Enseignement Assisté par Ordinateur) ou d'aide (Conception Assistée par Ordinateur).

Un dispositif [Stanley, 1998] est composé d'éléments discrets, interconnectés dans un système d'interactions. Il s'agit d'une *disposition*, d'une *configuration* de différentes pièces.

Nous suggérons d'inclure l'apprenant dans la configuration pour ainsi disposer une relation de l'étudiant avec un ensemble de logiciels propres à favoriser chez l'acteur l'apprentissage de la conception architecturale.

Dans une telle disposition, l'étudiant, l'enseignant, les logiciels, l'environnement jouent chacun des rôles à des moments donnés, mais ces rôles ne sont ni immuables (aucune des pièces n'est envisagée en termes de fonctionnalités), ni appelés dans des diagrammes séquentiels. Il s'agit de relations rizhomatiques qui se déclenchent à la demande de l'un des agents, et qui place la personne apprenante comme acteur de son propre apprentissage quand il décide de mobiliser les ressources nécessaires en fonction de l'état d'avancement de ses travaux et du contexte. On met ainsi en scène un lieu de représentation dans lequel l'étudiant et la machine interagissent autour d'actions cognitives et productives. La configuration rend possible l'interaction, mais cette interaction n'est que potentielle. Il faut que la personne entre dedans pour interagir, et pour même comprendre ce qu'elle peut être.

Ainsi, l'homme dispose à la fois de la liberté d'action (il n'est plus soumis au modèle formel d'un seul logiciel), et de la place centrale de décision. Cette configuration permet aussi, dans cette position particulière de l'apprentissage, de laisser à chacun des acteurs ce qu'il sait bien faire. À l'acteur humain de reconnaître, percevoir, interpréter, changer de système de représentation, d'échelle, de granularité, manipuler du flou, de l'imprécis, de l'espace symbolique. À l'acteur machine de mémoriser, calculer, retrouver, structurer, ranger, représenter.

L'étudiant dispose d'un réseau lui permettant de naviguer entre logiciels et connaissances, autorisant la projection de son propre réseau de significations dans un contexte donné. En ce sens, la notion de programme, au sens pédagogique du terme, peut elle-même être bousculée. L'étudiant n'a pas à connaître dans le détail ce qu'il apprend, il serait plus juste de dire qu'on le place en situation d'apprendre. La scène de la pédagogie se décale un peu ; une partie du travail quotidien du maître s'est reportée en amont dans son effort à installer la scène, le dispositif de l'apprentissage.

Installation du dispositif

Nous allons tenter ici une description argumentée de ce que pourrait être une partie du dispositif, à la lumière de travaux, d'expériences déjà effectués. Il n'est pas dans nos intentions de définir une configuration complète, ce qui serait un contresens en l'absence d'attendus pédagogiques concrets sur la manière d'aborder l'enseignement de la conception, puisque l'ensemble modulaire doit être adéquat à ses objectifs, et même reconfigurable.

On peut imaginer que les composantes logicielles de cette configuration (qui peut comporter d'autres entités que des programmes d'ordinateur) sont des éléments légers, pas forcément interconnectés entre eux (les besoins ne sont pas ici ceux d'une chaîne de production), mais dont le maniement est suffisamment intuitif ou connu pour ne pas avoir à faire d'apprentissage lourd. En effet, le but est l'apprentissage de la conception, non l'apprentissage des "outils" de l'apprentissage...

Chaque élément de l'ensemble contiendra en somme de la connaissance architecturale ou technique, pourra "savoir" manipuler le type d'objet pour lequel on l'a convoqué à un instant donné, et devra pouvoir le faire dans le système de représentation souhaité, à l'échelle (au sens large) voulue. La notion d'objet est à prendre ici comme toute entité manipulable en cours de conception, y compris les objets symboliques [Lebahar, 1997].

Comme nous l'avons vu, le réseau doit pouvoir représenter et manipuler des connaissances architecturales, de manière certainement incomplète ou parcellaire, échappant ainsi à un défaut majeur des logiciels de CAO qui ne permettent de manipuler que des *données* souvent exclusivement quantitatives relatives à un projet. Ces connaissances architecturales sont principalement intégrées dans les œuvres déjà construites ou projetées (les précédents), les dessins, les discours ou manifestes, le vocabulaire de l'architecture, les règles de composition...

Pour ne pas rester trop abstrait, nous proposons ci-après quelques points d'entrée permettant d'examiner des modules concrets et donnant quelques exemples de pistes déjà ouvertes. Nous essaierons chaque fois de montrer les avantages qu'on peut y trouver par rapport à un système monolithique d'aide à la conception. .

L'espace

Les logiciels de CAO en architecture imposent la construction directe d'un modèle tridimensionnel, changeant en cela des pratiques bien ancrées. Cette approche peut modifier notre manière de concevoir, et il semblerait utile d'entamer des études sur ce point pour évaluer la pertinence de ce dispositif de saisie, qui trouve son argument dans une raison économique communément invoquée : toutes les sections (donc aussi les plans et élévations) sont calculables depuis un modèle 3D.

Cependant, une représentation n'est pas neutre : le mode de représentation d'un objet en cours de conception opère un choix d'aspects adéquats et en influence le devenir. Modes de représentation de l'espace et modes de pensée et de conception de l'espace sont donc liés [Goulette, 1995].

Rappelons simplement que, pour "penser" l'espace, une représentation 3D directe n'est peut-être pas la plus appropriée, même si on a ainsi l'espoir de faire tourner le bâtiment du bout de la souris avec des techniques du type VRML...

"Personne n'a jamais élevé un bâtiment digne d'être de l'architecture en commençant à le façonner à son goût sur un croquis perspectif, pour ensuite forcer le plan à s'y plier. De telles méthodes produisent tout juste des décors. Une perspective peut être une preuve, pas l'aliment du travail" (F.L. Wright, cité dans [Castex, 1985]).

"Bien que la représentation complète d'un bâtiment exige une intégration tridimensionnelle, sa réduction au plan représente plus qu'une simple commodité technique. Les avantages sont considérables. Par ces deux dimensions extraites de l'ensemble, toutes les proportions et toutes les relations peuvent être rendues correctement. Rien n'est caché, tout est accessible à l'oeil." [Arnheim, 1986].

À se pencher trop rapidement sur une maquette 3D qui utilise la géométrie cartésienne et orthonormée comme support de sa représentation, on entre dans un monde de la mesure et de la précision. Ce choix fait dans les logiciels de CAO repose sur une hypothèse implicite qui organise nombre des représentations informatiques de l'espace : le monde "au dehors" étant infiniment exact, la meilleure représentation en est la représentation la plus détaillée [Goulette, 1995].

Or les premières phases de la conception nécessitent au contraire flou et imprécision [Goulette, Léglise, Pérez, 1988]. D'ailleurs, du point de vue de l'enseignement, cette immersion prématurée dans le précis peut entraîner de véritables blocages dans l'apprentissage de la conception [Burdese, 1989].

Enfin, l'inadéquation de la géométrie (qui correspond à une approche purement quantitative des entités mais aussi des relations spatiales) à la représentation qualitative de l'espace est évidente. Ceci a ouvert la voie à des recherches sur le raisonnement spatial qualitatif en général, dans le champ de l'intelligence artificielle. Mais J.P Goulette [Goulette, 1997] apporte un éclairage de ces problèmes dans le domaine de l'architecture et nous propose une maquette informatique opérationnelle, qui si elle reste limitée à un élément d'architecture pour servir d'exemple, nous permet tout de même de comprendre l'intérêt que l'on trouverait à des modules logiciels de ce type pour manipuler l'espace de l'architecture. En effet, sont pris en compte dans le modèle proposé différents

niveaux d'interprétation d'une composition. La maquette permet d'identifier des éléments d'architecture, l'organisation signifiante de leurs modèles géométriques, et le raisonnement sur leurs compositions suivant différents niveaux d'interprétation. ces niveaux permettent de manipuler des éléments d'architecture, des éléments constructifs, pas uniquement des volumes.

Il est cependant fait usage de la géométrie traditionnelle lorsqu'il est question de voir l'objet dans son aspect volumique lorsque ses dimensions ont été fixées, en faisant appel à un modelleur géométrique.

Mais certains modèles proposent une échappée plus grande hors de la représentation géométrique classique (même si, dans le fond, il est fait un usage intensif de la représentation tridimensionnelle des volumes). On peut penser au logiciel qu'utilise S. Porada pour ce qu'elle nomme les "maquettes conceptuelles" [Porada & al., 1995], qui représentent des images initiales, assez proches de l'image mentale, de manière à conserver le flou et l'indéterminé d'un parti non encore figé. On remarquera, dans les documents produits, l'abondance de croquis, images de référence, schémas, métaphores, textes... On peut insister sur le fait que ces représentations, dont beaucoup sont symboliques, ne sont possibles que par l'utilisation d'un langage.

Mots, images et mémoire

Les applications destinées au monde de la production autorisent donc le maniement de figures, à caractère essentiellement géométrique [Jean & Pousin, 1995], au détriment d'une aide à la schématisation sous toutes ses formes y compris, bien entendu, figurale et verbale [Goulette & Léglise, 1996, Lawson & Ming Loke, 1996]. Pourtant le dessin a toujours permis aux architectes de supporter leur pensée et de garder des traces de son cheminement.

Schémas, esquisses, croquis, surcharges graphiques, et toutes les formes d'annotation textuelles sont autant de moyens de faire naître des suggestions et participent à l'émergence d'idées nouvelles et de points de vue heuristiques pendant tout le déroulement du processus de conception [Gero & Damski, 1994].

Nous avons montré [Chupin & Léglise, 1996] pendant deux années d'enseignement à l'École d'architecture de Toulouse que l'ordinateur pouvait être employé dans cette dynamique entre discursif et figuratif. Le contexte pédagogique était celui d'exercices de conception dans un séminaire de cinquième année mené par J.P. Chupin, M. Léglise et G. Tiné (un architecte, un informaticien et un plasticien), soutenu par un logiciel original fondé sur des principes simples, sans nécessité d'apprentissage, et que j'ai développé au laboratoire Li2a. Ce logiciel est décrit dans [Chupin & Léglise, 1996], la lignée de produits auquel il appartient est évoquée dans [Léglise, 1997], et le fond théorique, le montage et l'analyse des résultats de l'expérience pédagogique de la première année est rapportée dans [Chupin, 1998]. Les programmes pédagogiques sont consignés dans [Chupin, Léglise, Tiné, 1996 et 1997].

Les opérations cognitives que le logiciel autorise visent essentiellement à encourager les procédures de schématisation, de surcharge, les croquis, les calques, les annotations et les courts énoncés descriptifs sur un support de type carnet. Une base de données de représentations de précédents pédagogiquement construite en fonction du séminaire sert de réservoir possible aux illustrations des pages du carnet. Le dispositif propose des stimulations de facultés d'interprétation et de reliance par ces facilités d'annotations graphiques et textuelles.

Dans le schéma de disposition que nous avons évoqué plus haut visant à partager les tâches, il revient à l'acteur étudiant d'interpréter et de mettre en relation, la machine se trouvant quant à elle sollicitée dans un rôle heuristique pour répertorier, pour mémoriser la trace de ces schématisation puis pour faciliter la recherche et la récupération.

En tous cas, nous proposons ce système comme exemple d'une nouvelle génération de logiciels légers, souples et informatiquement discrets et sobres : autant de qualités qui nous semblent indispensables pour bien soutenir les activités d'enseignement de la conception. Les processus qui sont en effet mis en jeu pour utiliser le logiciel sont de ceux qui sont assez universellement connus et reconnus : glisser-déposer, superposer-fusionner (calques), publier-s'abonner, annoter. Ils ne nécessitent aucun apprentissage pour quiconque a déjà manipulé des logiciels à usage général.

Avec ces qualités, on peut citer le système CrossDoc [Tweed, 1997] comme nécessaire à constituer des réseaux d'informations de tous types qui sont à l'origine réparties dans différentes sortes de documents. Cette application est "personnalisable", appropriable par son interacteur, qui lui-même va définir le champ de sa validité pour pouvoir ensuite interagir avec les informations qu'il dispose. Ainsi, reprenant une distinction de Ph. Quéau [Quéau, 1988] sur l'interaction autonome et hétéronome, on peut espérer arriver à terme à une disposition

d'interaction autonome : celle qui ne se contente pas de modifier les objets en interaction, mais les conditions mêmes de l'interaction.

La forte implication des images, réelles ou non, mentales ou non, ainsi que des mots, comme éléments d'une mémoire à ne jamais perdre de vue et à réorganiser sans cesse dans le processus et l'apprentissage de la conception nous persuade de l'évidente nécessité de devoir donner un accès à des représentations diverses de cette mémoire.

Une autre illustration de ce problème de la mémoire et de son accès associés à des répertoires d'entités architecturales, est étudiée dans les travaux en cours de G. Lassance [Lassance, 1998]. S'ils n'ont pas abouti encore à une maquette opérationnelle, ils posent le problème des configurations de référence, et de leur typologie, à intégrer certainement dans un module d'accès à une banque d'images. Si ce logiciel à spécifier servira comme exemple de logiciel d'aide à la conception des ambiances lumineuses, on sent qu'il sera suffisamment ancré dans la culture architecturale pour que les étudiants puissent y puiser des configurations remarquables et pertinentes, donc accroître leurs connaissances.

Les quelques exemples que nous venons d'évoquer montrent que de tels dispositifs pour l'apprentissage de la conception pourraient se mettre en place, ou sont déjà mis en place partiellement (comme à l'école d'architecture de Toulouse). Cependant, chaque dispositif est, précisément, à disposer, à configurer, en fonction des buts et méthodes propres que s'assigne l'enseignement particulier pour lequel l'installation est faite. Il n'y a pas, donc de "package" convenable dans l'absolu.

On pourrait évidemment adjoindre à une panoplie particulière bon nombre de logiciels à vocation généraliste utilitaire, à condition qu'ils soient légers aussi, utiles, et sachent se faire oublier. La plupart de ceux qui ont ces qualités se trouvent d'ailleurs être en shareware ou freeware.

Conclusion

Ce que l'on pourrait attendre des Écoles qui disposent de moyens de recherche pour développer les aspects théoriques, pédagogiques et pratiques d'enseignement dans ce mode de la configuration, est une participation à la définition et la spécification de modules logiciels, et de les réaliser ou faire réaliser. Depuis plus d'une décennie, le laboratoire Li2a travaille ainsi à la conception de produits didactiques [Léglise, 1988].

Ce qui est plus difficile, par la suite, dans cette approche assez pragmatique (on n'insistera jamais assez sur le fait que l'important dans ce domaine de la conception est que l'étudiant apprenne sans savoir exactement ce qu'il apprend, *précisément*), est d'évaluer une pratique pédagogique et les dispositifs qui l'accompagnent. Le travail d'analyse du déroulement de l'enseignement, des travaux produits et des résultats obtenus est long et assez fastidieux. Il n'est pas aisé non plus d'évaluer la part que la configuration des logiciels a joué dans le dispositif général.

Les travaux assez longs que cela implique sont à la mesure des enjeux : l'usage de l'ordinateur dans des *configurations appropriées à des programmes pédagogiques* peut certainement aider à *penser*. Pour reprendre une formule de S. Papert [Papert, 1981], il est clair que nous pouvons classer chaque élément d'une configuration comme un "objet pour penser avec".

Par là, nous pouvons favoriser chez nos étudiants un soutien et une stimulation de leurs opérations mentales, en leur permettant de ne pas se confiner dans leur savoir-faire instrumental.

Références bibliographiques

Amphoux, P., & al., 1998, "La notion d'ambiance, une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale", rapport de recherche n° 140, IREC, département d'architecture, École polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.

Boudon, P. & al., 1994. *Enseigner la conception architecturale*, Paris : Les Éditions de la Villette.

Broadbent, G., 1973. *Design in architecture*. Chichester : John Wiley & sons.

Burdese, J.C., 1989, *La conception architecturale, tradition et CAO*. Rapport final d'une recherche financée par le Ministère de l'Équipement et du Logement, Bureau de la recherche architecturale, convention n° 87.01.447, Lille.

Castex, J., 1985, Frank Lloyd Wright, Printemps de la Prairie House. Bruxelles : Mardaga.

Chupin, J.P., Léglise, M., 1996, Un carnet de schémas analogiques pour les phases préliminaires de la conception architecturale, in *Revue Sciences et Techniques de la Conception [Journal of Design Sciences and Technology]*, ISSN 1270-0517, vol 5 n°2/1996, pp. 23-44

- Chupin, J.P., Léglise, M., Tiné, G., 1996 et 1997, Dispositifs cognitifs et conception architecturale, *programme d'enseignement 1996-97*,  cole d'Architecture de Toulouse et Architecture et Conception, *programme d'enseignement 1997-98*,  cole d'Architecture de Toulouse.
- Chupin, J.P., 1998, "Le projet analogue : les phases analogiques du projet d'architecture en situation pédagogique", Thèse de Ph.D. de la Faculté d'aménagement de l'Université de Montréal, Canada.
- Conan, M., 1989, *Les processus de conception architecturale*. Rapport final de recherche, Paris : convention CSTB/Plan Construction n  87 61 434.
- Fortassin, C., Léglise, M., Pérez, M., 1990, "L'informatisation des Architectes, équipements et pratiques", Plan Construction et Architecture, Collection "Recherches", Paris, ISBN 0854 18-9, ISSN 0249 8804.
- Gero, J.S. & Damski, J.C., 1994, Object emergence in 3D using a data-driven approach, in *Artificial Intelligence in Design '94. Proceeding of AID'94*, edited by Gero J.S. and Sudweeks F., Kluwer Academic Publishers.
- Goulette, J.P., Léglise, M. & Pérez, M., 1988, Le poste architecte : spécifications, session d'utilisation, présentation de la maquette et documentation. In *Kr pis, Rapport final de recherche*, Rapport final d'une recherche financée par le Ministère de l'équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports dans le cadre du programme IN.PRO.BAT., Toulouse : CAOMIP.
- Goulette, J.P. & Léglise, M., 1993, Schizzo architetonico e plastico digitale : un problema de concezione. In *Poiesis. L'informatica nel progetto euristico* : 247-259. Milano : Citt Studi.
- Goulette, J.P., 1995, Géométrie de la conception et géométrie du DAO, conférence aux journées d'études *La géométrie de la représentation dans les écoles d'Architecture*,  cole d'Architecture Paris-Villemin, Paris, 9 et 10 novembre 1995.
- Goulette, J.P., Léglise, M., 1996, Writing images and drawing words: ideation in architectural design, in *Anais do Graphica'96, 1  Congresso Internacional de Engenharia Gr fica nas Artes e no Desenho, Florianópolis (Br sil), 15-20 septembre*, p. 332-342.
- Goulette, J.P., 1997, "Représentation des connaissances spatiales en conception architecturale. Contribution au raisonnement spatial qualitatif", Thèse de l'Universit  Paul Sabatier, Toulouse.
- Habraken, N.J., 1996, "Around the black hole", in *Stoa, Revue de l'Association Européenne pour l'Enseignement de l'Architecture*, n 1, f vrier 1996, p 7.
- Hamel, R., 1994, A model of the architectural design process, and some implications. In A. Tzonis & I. White (Eds.) *Automation Based Creative Design*. Amsterdam : Elsevier Science BV, 333-347.
- Jean, C. & Pousin, F., 1995, Objets informatiques et conception architecturale, in *Revue des sciences et techniques de la conception*, vol 4, n  2, p. 35-52.
- Laurel B., 1993, Computers as Theatre, Addison-Wesley, p.43-44.
- Lassance, G., 1998, Les configurations référentielles : outil conceptuel du projet d'ambiance, in *Les Cahiers de la Recherche Architecturale*, n  42, Editions Parenthèses.
- Lawson, B., 1980, *How Designers Think*. London : The Architectural Press Ltd.
- Lawson, B., & Ming Loke, S., 1996, Computers, words and pictures., *Proceedings of 2 nd international symposium Creativity & Cognition, Loughborough, UK*, Edited by Linda Candy & Ernest Edmonds p. 108-120.
- Lebahar, J.C., 1988, L'analyse cognitive du travail de conception en architecture. In *Cahiers de la recherche architecturale*, 23. Marseille : Parenthèses.
- Lebahar, J.C., 1993, Théorie de l'équilibrage et modélisations en IA : analyse de la conception. In *Actes des séminaires inter chercheurs*. Toulouse : GIP ACACIA, 123-134.
- Lebahar, J.C., 1997, *Les "objets" de la conception : de la permanence du complexe polysensoriel à l'artefact cognitif*, actes de la cinquième table ronde francophone sur la conception : les objets en conception ; 01Design '97, Th oule sur mer, pp. 177-187.
- Léglise, M., 1988, Concevoir et enseigner les outils de la conception, in *Les cahiers de la recherche architecturale*, n  23,  ditions Parenthèses.
- Léglise, M., 1995, Art Under Constraint, Preserving the creative dimension in computer aided architectural design. In *Languages of Design*, 3, 1995:55-72. Amsterdam : Elsevier.
- Léglise, M., 1997, *Des objets architecturaux aux objets de la conception architecturale*, actes de la cinquième table ronde francophone sur la conception : les objets en conception ; 01Design '97, Th oule sur mer, pp. 271-282.
- Papert S., 1981, Jaillissement de l'esprit, ordinateurs et apprentissage, Flammarion, Paris, trad. de "Mindstorms. Children, computers and powerful ideas".
- Porada, S., Peltier, B., Porada M., 1995, Voir l'idée : aide informatique à l'exploration de concepts architecturaux, Plan Construction et Architecture, Paris.
- Quéau, P., 1988, *Altercation*, in "Vers une culture de l'interactivité ?", Cité des Sciences et de l'Industrie La Villette, Paris, col. D chiffrages, pp. 63-75.

Quintrand, P., 1986, Les problèmes de la conception assistée par ordinateur en architecture. *Carré bleu*, n° 2-3, Paris.

Schön, D. A., 1987, Educating the reflective practitioner: toward a new design for teaching and learning in the professions, San Francisco.

Sottinel, F., Délépine, O., Jézéquelou, D., 1993, Une vision non additionnelle du processus de conception. In *Actes des séminaires inter chercheurs*. Toulouse : GIP ACACIA, 75-82.

Stanley, D.E., 1998, *Essais d'interactivité, Hypothèses, analyses et expériences*, Version hypertexte d'un D.E.A. en cours de préparation, Laboratoire ifi, Université Paris 8, www.labart.univ-paris8.fr/ifi/Douglas/index.html

Tweed, C., 1997, Notes on the Formalisation of Architectural Design: a response to "Art under constraint", communication privée.

Venturi, R., 1966, *De l'ambiguïté en architecture*. Paris : Dunod.