

Le modèle en architecture dans un contexte informatique

Redéfinitions ou propositions

Claude Parisel et Temy Tidafi

Université de Montréal, Faculté de l'Aménagement, École d'Architecture *

1. La définition et le rôle d'un modèle

On entend par « modèle » informatique une représentation d'un phénomène ou d'un objet, pouvant être traitée par un ordinateur et qui constitue une description plus ou moins complète de la réalité. Par exemple un modèle peut décrire les caractéristiques géométriques, physiques, qualitatives d'un environnement, mais aussi des processus de genèse, des relations logiques et métriques ou des approches conceptuelles et constructives.

Dans certains cas, les concepteurs agissent directement sur l'objet de la création comme un peintre sur sa toile ou un sculpteur sur son bloc de granit. En architecture, la complexité de l'objet à concevoir et son coût de production fait que les architectes travaillent principalement sur un modèle du bâtiment projeté de façon à en évaluer les caractéristiques et les performances avant sa réalisation. C'est le sens du « projet » !

Les caractéristiques des modèles conditionnent directement les possibilités d'évaluation et donc la qualité des décisions que l'on prend pour leur réalisation. On doit souvent changer de représentation pour mieux comprendre les divers aspects du problème. N'exige-t-on pas des étudiants une maquette pour mieux juger de la volumétrie, des plans pour évaluer la performance de l'usage des espaces et des perspectives pour porter un jugement sur la perception que l'on aura du futur édifice ?

Les modèles jouent donc un rôle primordial dans la prise de décision par un ensemble d'intervenants aux préoccupations diverses. On dit souvent que ce qui n'est pas représenté explicitement est très difficile à évaluer et donc, à améliorer.

Si les modèles sont essentiels dans le processus de conception, ils le restent aussi après la réalisation. Le bâtiment construit

commence sa vie et son cycle de transformation dès sa construction. La gestion de cette vie nécessite de plus en plus une représentation qui permette de gérer les changements qui interviennent. C'est un type de modèle qui est de plus en plus exigé par les clients à la livraison du bâtiment.

Or le développement de l'informatique change radicalement les possibilités de construction de modèles tels qu'ils ont été utilisés depuis la renaissance. Il convient donc de faire le point sur ce qui peut se faire dans ce contexte et sur les avantages et les limites des diverses options.

2. Les types de modèles

Pour faire le point sur les modèles possibles, nous tentons une classification qui cherche à refléter les différences d'exploitation qu'il est possible de faire de ces modèles. La classification ayant un caractère original, nous donnerons la définition de chaque type.

2.1. Le modèle de base

C'est celui qui décrit un environnement particulier, celui que tous connaissent et utilisent à divers degrés.

L'ère informatique a permis de revenir à des pratiques propres au moyen âge, celles de la maquette qui permettait d'illustrer les espaces définis. Aujourd'hui, elle est simplement devenue virtuelle, après un passage utile par le monde des projections. Elle permet d'éliminer ainsi la redondance et l'incohérence possible entre les diverses représentations d'une même information géométrique (plans, coupes, élévations).

Considérant que le monde du 3D est acquis, la représentation surfacique et le collage de textures sont devenus courants. On décrit la surface des formes pour constituer un modèle qui peut être exploité pour une simulation visuelle qui, actuellement, semble le seul but de la modélisation informatique. Le résultat en est des images de

synthèse et des animations sur des logiciels comme Softimage, Autocad, 3Dstudio qui assurent efficacement la production des perspectives d'autrefois. Ainsi on est au moins assuré de la cohérence tridimensionnelle.

Mais contrairement à la maquette du moyen âge qui permettait aussi d'évaluer la stabilité structurale et le système constructif, ce mode de représentation évacue, par nature, les notions de matière, la physique propre à toute forme réelle, la gestion des collisions c'est-à-dire tout un pan de connaissance de la réalité. On en voit l'effet dans la difficulté de passage entre un modèle géométrique surfacique et une simulation structurale, thermique, acoustique ou structurale.

La représentation volumique (solid modelling) s'approche d'un cran de la réalité. La forme est le résultat du découpage de la matière dans l'espace. Le maillage pour l'analyse physique est naturel. Les collisions sont bien gérées. On intègre alors, dans une même représentation la simulation visuelle et le comportement physique.

Mais les logiciels volumiques décrivent de la matière homogène alors que la réalité est essentiellement hétérogène. SGDLsoft¹ permet de décrire l'hétérogénéité de l'espace et donc la forme de façon plus réaliste. Le modèle peut donc contenir toute l'information nécessaire et suffisante pour permettre une évaluation physique complète, de quelque nature qu'elle soit, sans recourir à des attributs complémentaires, difficiles à gérer.

Cela permet, entre autres, de visualiser l'espace aussi bien que la matière qui le délimite et l'interdépendance de l'une et l'autre. L'espace et la matière sont bien deux notions qui sont à la base du travail des

1. Logiciel développé par deux chercheurs du GRCAO et commercialisé par SGDLsoft système qui est l'outil de base des recherches du groupe. (GRCAO : groupe de recherche en CAO).

architectes et long peut-être le débat pour savoir laquelle des deux a préséance sur l'autre.

Cette possibilité de différenciation physique de l'espace permet donc de « filtrer » des sous-ensembles logiques de matière ou d'absence de matière et de visualiser la sélection (fig. 1). C'est une radiographie qui n'a rien à voir avec les « couches » où l'utilisateur définit lui-même une logique des différences qui est totalement indépendante de la nature intrinsèque du modèle.

De tout temps et de quelque nature qu'ils soient, les modèles ont toujours décrit un résultat donné. Les relations nécessaires entre les constituants du modèle sont toujours restées dans la tête du concepteur. On peut penser aux dépendances structurales (une colonne supporte une poutre), logiques (une porte qui appartient à un mur) ou géométriques (concept de proportion ou de symétrie). Il est possible aujourd'hui que ces systèmes de contrainte qui correspondent à des relations conceptuelles, constructives ou géométriques puissent passer dans la description du modèle par le biais d'un langage d'intelligence artificielle, capable de les consigner.

Dans ce cas, le modèle communiquera, sans explication de l'auteur, les « règles » qui le régissent et donc reflétera, de façon explicite, les contraintes de conception. L'effort à fournir consiste à passer d'une représentation implicite à une représentation explicite des relations.

C'est ce qui est amorcé par la famille des logiciels paramétriques qui permettent de consigner à même le modèle des relations métriques comme le « milieu de », « la tangence à » ou « la parallèle à ».

Le langage de SGDLsoft permet d'élargir l'énoncé de ces contraintes à toutes les relations logiques et géométriques requises entre les composantes d'un modèle et la définition de leur forme.

Le concepteur est donc amené à décrire les invariants de sa proposition, aspect du modèle que la maquette physique comme numérique ne communique pas.

2.2. Les métamodèles ou l'intégration de la connaissance

On a appelé métamodèle la description d'un système qui peut générer plusieurs modèles volumiques, c'est-à-dire qui contient une connaissance qui englobe un ensemble de possibilités ou d'états physiques. Le métamodèle est exécutable et son exécution génère des modèles volumiques particuliers.

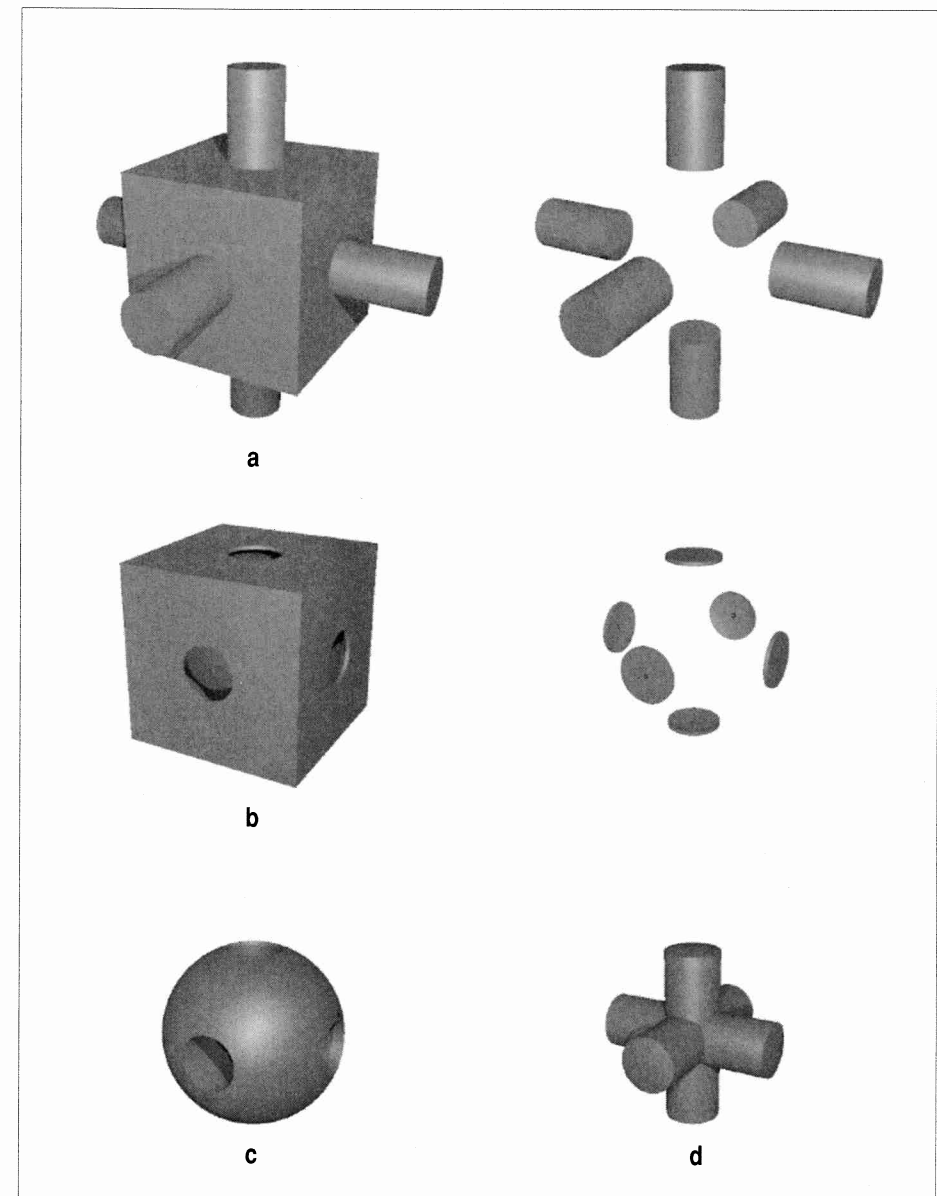


Fig. 1 Modèle hétérogène d'un cube dans lequel on insère une sphère et que l'on traverse par 3 cylindres :

- a - Visualisation sans filtre
- b - Visualisation du cube sans ses éléments internes
- c - Visualisation des éléments internes au cube
- d - Visualisation des éléments internes au cube et à la sphère à la fois.

On peut distinguer ainsi plusieurs types de « générateurs de modèles ».

Les métamodèles de processus

Tous les métiers professionnels peuvent être qualifiés d'Art ce qui, d'après le dictionnaire, se définit ainsi :

Application de connaissances raisonnées et de moyens spéciaux à la réalisation d'une conception : l'Art s'acquiert par l'étude et l'exercice...

Ensemble des règles d'un métier, d'une profession.

Les deux définitions font appel à l'application de connaissances générales à une situation particulière. L'étude pour l'acquisition de ces connaissances et l'exercice

pour leur application. Les deux peuvent être considérés comme l'exécution appropriée d'un processus efficace de résolution de problème.

Pour la première fois, l'informatique dont la nature est essentiellement de traiter de l'information selon un processus déclaré, permet de représenter un « savoir-faire » exécutable par une machine.

Des robots, aujourd'hui, peuvent appliquer un ensemble de connaissances à l'exécution d'une tâche selon un contexte variable. Dans ce cadre, on peut penser qu'une fonction informatique peut générer, selon les conditions d'exécution, un ensemble de modèles volumiques en appliquant à divers contextes le même processus de résolution.

* N.D.L.R. : L'EAPV a une convention de coopération avec cette École d'Architecture.

En décrivant, non pas un objet mais son processus de création, on décrirait donc un modèle générique dont les diverses instantiations formeraient une classe de solutions physiques à un problème donné selon le même savoir-faire.

On en vient à remplacer la description d'un environnement artificiel par le processus de création de celui-ci, à remplacer les plans (objet) par un devis (manière), le résultat par la cause. Pour cela il faut que la « manière » soit exécutable. Elle peut l'être actuellement par le biais de la programmation informatique.

On peut alors distinguer des métamodèles de différente nature selon le type de problème traité à savoir des problèmes de conception, de construction ou de géométrie :

• Les métamodèles conceptuels

décrivent la résolution d'un problème de conception. Par exemple, on peut consigner la façon de définir la forme d'un escalier en rendant exécutable le corpus de règles qui président à sa définition par le biais d'une fonction informatique dont les paramètres, laissés ouverts, représentent les décisions libres. On peut aussi, à titre d'exemple, décrire la manière de résoudre la forme d'un toit à pente régulière couvrant un polygone quelconque. La question se pose alors de savoir si, pour chaque problème donné, on dispose de connaissances raisonnables générales, suffisantes pour le résoudre efficacement. On s'aperçoit vite que cela existe dans la plupart des disciplines comme en médecine et en génie mais reste embryonnaire en architecture. Le culte de la personnalité a considérablement freiné la constitution d'un corpus de règles aussi bien technique que stylistique. Cette pratique n'est peut-être pas sans expliquer les nombreuses erreurs de conception observables actuellement.

La résolution d'un engrenage hyperbolique à angle de transfert et rapport de vitesse variable, par exemple, peut donner lieu à une fonction générale² qui décrit le processus général de résolution géométrique de ce type d'objet. On génère alors l'ensemble des engrenages hyperboliques possibles (fig. 3).

La possibilité de développer ces métamodèles de processus peut enclencher un vaste travail de rationalisation du savoir-faire associé à la conception architecturale qui orienterait la recherche et l'enseignement en architecture de façon très significative.

Malheureusement la description du savoir-faire qui constitue les règles de l'art est souvent incomplet et insuffisant pour cerner le résultat dans toutes les conditions d'exercice. De ce fait, elle ne peut faire l'objet de fonctions exécutables fiables sans travail de recherche spécifique pour identifier un « algorithme » efficace.

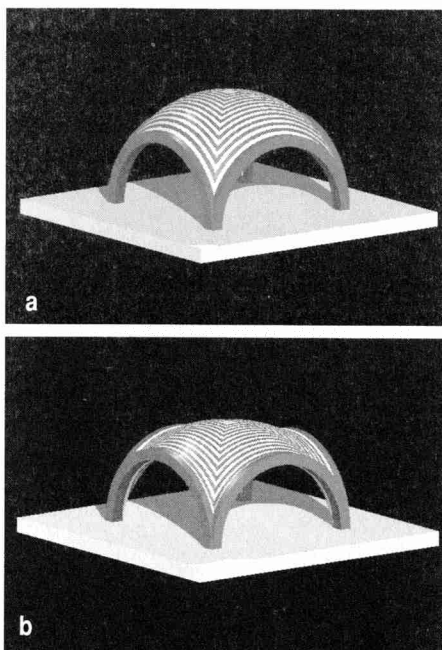


Fig. 2 Voûte byzantine construite selon le mode de résolution décrit par Choisy.
a - Voûte sphérique obtenue par l'exécution du processus sans surbaissier les arcs de cercle en diagonale.
b - Voûte surbaissée obtenue par l'exécution du processus en surbaissant les arcs de cercle en diagonale du 25 %

• Les métamodèles géométriques

descriptifs des constructions géométriques nécessaires pour résoudre un problème morphologique, ceci au niveau de géométrie approprié (projective, affine ou euclidienne). On y décrit les notions de coplanarité, de symétrie, de tangence, de proportions, de perpendicularité ou d'intersection dont la séquence d'exécution aboutit à résoudre des problèmes de descriptive en géométrie Euclidienne ou de déformation contrôlée en géométrie projective.

Il y a tout un savoir historique qu'il convient de représenter de façon cohérente pour faciliter la prise de décision sur l'avenir d'un édifice patrimonial.

Là encore l'informatique ouvre de nouvelles possibilités en permettant la représentation d'actions successives sur la matière c'est-à-dire en formalisant un événement qui modifie un état donné. L'évolution d'un environnement artificiel peut se décrire comme une succession d'événements qui modifient l'état précédent. L'exécution de chaque événement permettra de visualiser l'objet de cet événement, construction, démolition, déplacement ou remplacement et ainsi de suite. L'exécution d'une séquence complète et ordonnée d'événements permettra de visualiser la succession des états résultants à toute époque. L'exécution d'une sélection particulière des événements permettra d'illustrer les éléments restants d'une époque à une autre.

Les métamodèles historiques

On sait que la construction d'un environnement artificiel amorce le début d'une

2. Fonction écrite par Jean-François Rotgé, chercheur au GRCAO, sur SGDLsoft.

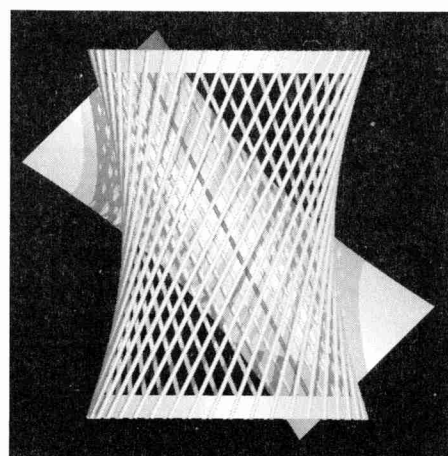


Fig. 3 Engrenage hyperbolique généré pour un angle de transfert de 30° et un rapport de vitesse de...

vie mouvementée et souvent longue, ponctuée d'événements relatifs à des dégradations continues, des destructions massives, des changements d'usage, des rénovations et des transformations. Le temps comme quatrième dimension de l'architecture est indubitable. On sait aussi que la description nécessaire à l'exécution d'un ouvrage devient insuffisante pour assurer l'entretien et la gestion de la vie utile de cet ouvrage.

On peut penser à des typologies d'édifices comme les hôpitaux dont le taux de modification nécessité par les changements de technologie en médecine ou de fonctionnement général est extrêmement rapide et profond. On peut aussi penser à tout le patrimoine architectural et urbain qui est le résultat d'une multitude d'interventions au cours de siècles d'existence.

Il y a tout un savoir historique qu'il convient de représenter de façon cohérente pour faciliter la prise de décision sur l'avenir d'un édifice patrimonial.

Là encore l'informatique ouvre de nouvelles possibilités en permettant la représentation d'actions successives sur la matière c'est-à-dire en formalisant un événement qui modifie un état donné. L'évolution d'un environnement artificiel peut se décrire comme une succession d'événements qui modifient l'état précédent. L'exécution de chaque événement permettra de visualiser l'objet de cet événement, construction, démolition, déplacement ou remplacement et ainsi de suite. L'exécution d'une séquence complète et ordonnée d'événements permettra de visualiser la succession des états résultants à toute époque. L'exécution d'une sélection particulière des événements permettra d'illustrer les éléments restants d'une époque à une autre.

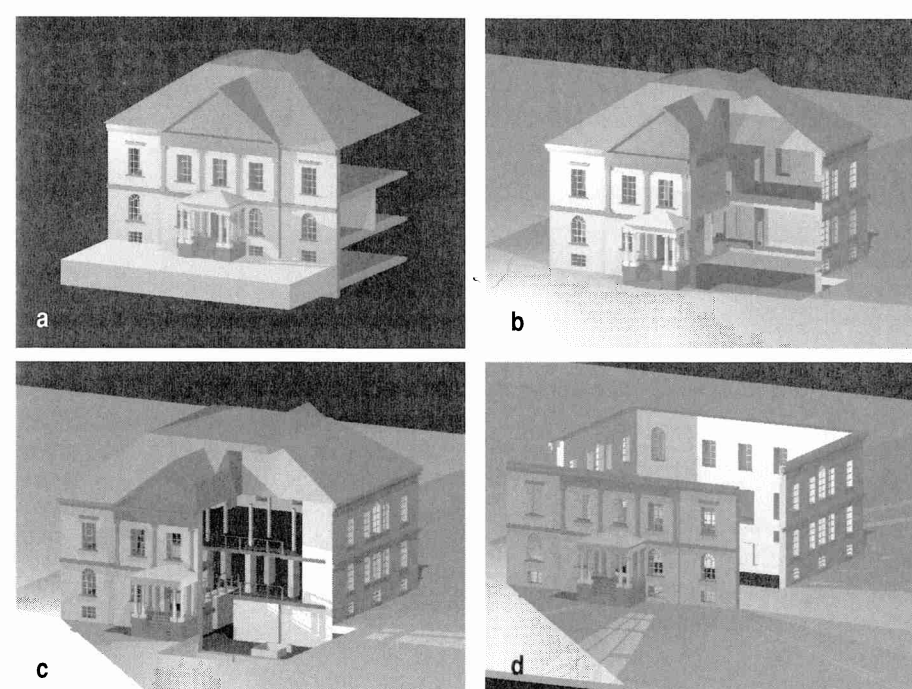


Fig. 4 Modèle historique de la vieille douane de Montréal :
a - Résultat de l'exécution de l'événement de démolition en 1881...
b - Résultat de l'exécution du premier événement de construction, soit l'état initial.
c - Résultat de l'exécution de l'ensemble des événements, soit l'état actuel
d - Résultat d'une sélection particulière d'événements soit ce qui reste aujourd'hui de la construction initiale

Cette approche a été utilisée pour décrire de façon compacte et parfaitement cohérente la vieille douane de Montréal³ et mettre en lumière toute la puissance d'un modèle historique qui peut être interrogé logiquement pour générer une multitude de modèles volumiques particuliers qui illustrent toute la vie du bâtiment (fig. 4).

Les métamodèles de gestion

La complexité des décisions à prendre sur les modifications à apporter ou interdire sur un environnement artificiel donné oblige les décideurs à demander de plus en plus la livraison d'un modèle de gestion en plus des informations nécessaires à la réalisation d'un ouvrage. Ce type de modèle inclut une représentation physique de l'ouvrage mais aussi la possibilité de modifier son état, d'intégrer son entretien, de gérer son usage et de simuler l'effet de réglementations diverses qui affectent son avenir possible.

Que ce soit pour la gestion régionale à l'aide d'un SIG (Systèmes d'Informations géographiques), de gestion urbaine à l'aide d'un SIURS (Systèmes d'Informations Urbaine à Référence Spatiale) ou de gestion architecturale à l'aide d'un FIS (Facilities Information System), tous les logiciels utilisent une représentation 2D de l'objet à

3. Modèle développé par Alice Pho dans le cadre de sa maîtrise sur SGDLsoft.

gérer. Seuls les points, les lignes et les surfaces sont associés à des caractéristiques à gérer. Cette limitation des logiciels actuels empêche de gérer efficacement l'espace et la matière. On ne peut simuler les mouvements d'air, la thermodynamique, les efforts structuraux sous diverses sollicitations de même que l'usure des constituants.

La possibilité que nous avons décrite de représenter l'hétérogénéité de la matière nous ouvre la possibilité de référer toute qualité (matière, âge, usage, etc.) à toute région de l'espace et donc de développer les opérateurs utiles à des tâches de gestion comme des filtres, des tris, des combinaisons ou des modifications raisonnées résultantes de procédures de traitement pour simuler l'effet d'une décision. On obtient alors une multitude de modèles volumiques particuliers qui illustrent des aspects de la réalité passée, actuelle ou future, c'est-à-dire un cadre efficace d'aide à la décision.

Cette possibilité a été mise en lumière à propos de l'arrondissement Ville Marie de la Ville de Montréal⁴ en illustrant, entre autres le volume de construction permis selon la réglementation urbaine et la conformité des bâtiments existants à cette réglementation (fig. 5).

4. Modèle développé par Temy Tidafi, professeur et chercheur au GRCAO, sur SGDLsoft.

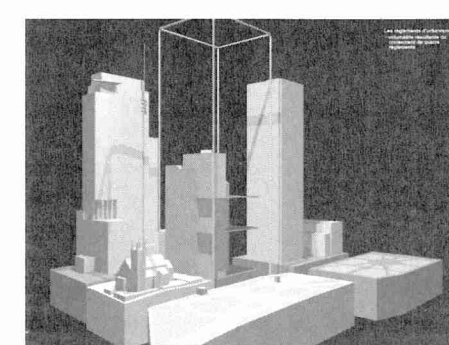


Fig. 5 Illustration de l'établissement d'un volume de construction permis résultant de l'application de 3 règlements municipaux sur un lot donné et mise en évidence de la non conformité de la construction actuelle avec ces règlements.

C'est sensiblement l'approche utilisée pour les simulateurs de vol afin de réduire les conséquences d'erreurs et accélérer le processus d'apprentissage.

3. Conclusion

L'histoire montre que les conséquences des innovations technologiques sont toujours longues à comprendre. Il a fallu du temps avant que l'on comprenne les possibilités particulières du béton. Il a été longtemps utilisé comme la pierre avant de donner naissance à la technologie de voiles minces pour couvrir de grandes portées.

De même, les possibilités qu'ouvre la révolution informatique doivent être comprises si on veut rapidement en tirer avantage.

La représentation des processus, des actions, du temps et de la matière hétérogène devrait induire une révolution aussi profonde que la découverte des projections à la renaissance.

Le sens de cette révolution est certainement la constitution d'un corpus de méthodes explicites et efficaces de résolution de problèmes, le partage et la diffusion de ce corpus auprès des professionnels de l'architecture et l'enseignement de la profession par l'étude en analysant ces méthodes et par l'exercice en simulant leur usage dans un environnement virtuel.

Le passage de l'implicite à l'explicite, rendu possible par le développement de l'informatique, change radicalement la nature des modèles architecturaux que l'on utilise et l'enseignement de la composition architecturale qui consiste à les développer. De plus, un long travail de recherche devient nécessaire si on veut en tirer un plein avantage pour la profession qui aura à moyen et long terme un effet majeur sur l'enseignement de l'architecture.