

CONCEPTION ARCHITECTURALE ET NOUVELLES ACTIVITES EXPERTES

Contribution pour les premières journées du pôle Ville de l'Université Paris-Est
C. Lecourtois, F. Guéna et A. de Boissieu / ARIAM-LAREA / ENSAPLV

Introduction :

Depuis quelques années, le recours à des techniques de modélisation paramétrique *facilite* la conception de nombreuses réalisations architecturales. Ces techniques sophistiquées se caractérisent par des développements informatiques spécifiques qui prennent en considération les contingences et contextes des projets qu'elles assistent. Elles sont issues du secteur de l'automobile et de l'aéronautique qui les a développées il y a déjà fort longtemps. Les usages de celles-ci dans le domaine de l'architecture sont, quant à eux, très récents mais laissent augurer des potentialités architecturales sans précédent.

Grâce à elles, il est possible de produire, d'explorer et d'évaluer une diversité de variantes architecturales en un temps record. Cette qualité d'offrir rapidement un large champ de possibles architecturaux provient de leur spécificité paramétrique qui permet une transformation automatique du modèle de l'édifice par la modification de la valeur d'un paramètre. Couplées à ou incluant des systèmes informatiques d'évaluations diverses, il est possible d'estimer les effets de ces modifications sur différentes propriétés du bâtiment telles que la résistance structurelle, la consommation énergétique, le confort thermique, l'acoustique etc. Il est aussi possible de développer des programmes capables de rechercher des ensembles de valeurs de paramètres en vue d'optimiser les formes produites suivant certaines exigences esthétiques, techniques, environnementales, économiques, etc. Ces techniques de modélisation paramétriques sophistiquées nécessitent par conséquent, des connaissances mathématiques en géométrie et des compétences en matière de programmation informatique.

L'objet de cet article est d'interroger les implications de ces compétences en matière de conception architecturale en vue d'éclairer les nouvelles compétences expertes indispensables à nos futurs architectes. La première partie pointe des cas d'architectures assistées par la modélisation paramétrique en vue de spécifier quelques usages et potentialités. La deuxième partie explore les mécanismes de la conception architecturale chez Foster&Partners en vue de saisir la place de ces usages relativement à l'activité cognitive de la conception architecturale. La dernière partie revient sur la question des experts et des expertises en conception architecturale et pose la question des connaissances indispensables à l'architecte pour expertiser les modèles paramétrés des objets en conception.

Exemples d'architectures « assistées » par la modélisation paramétrique:

Beaucoup de projets de l'agence Foster & Partners ont en commun l'utilisation de techniques de modélisation paramétrique pour leur conception. Par exemple, la réalisation de la couverture de la cour intérieure du British Museum à Londres a nécessité l'écriture d'un programme spécifique pour en modéliser sa forme toroïdale. Une fois la forme déterminée, un programme basé sur un processus de relaxation a permis d'ajuster la position des nœuds du maillage triangulaire. Le mécanisme consistait à déplacer les points jusqu'à ce que soit trouvé un équilibre satisfaisant une fonction d'évaluation. Cette fonction avait pour objectif d'assurer une continuité visuelle des éléments de la structure. Elle ne concernait pas directement les propriétés mécaniques de la structure mais son esthétique (Williams 2001). Un autre programme a été développé pour déterminer les sections des éléments de structure. La

couverture, une fois construite, comprend 3312 panneaux vitrés triangulaires ; tous de taille et de forme différentes. Les éléments ont été fabriqués par des machines à commande numérique à partir du modèle informatique. Il eut été impossible de concevoir la même couverture sans le recours à la modélisation paramétrique et à la programmation.

La conception de « la tour phare » de l'agence Morphosis a aussi nécessité le développement spécifique de plusieurs programmes informatiques (Doscher and Sugihara 2008). Un programme a été développé pour concevoir la peau de la tour constituée d'un maillage d'éléments triangulaires. La forme de la tour, comme dans le cas précédent, nécessitait la fabrication d'éléments tous différents et dont le coût de fabrication aurait été prohibitif. C'est la raison pour laquelle les architectes ont développé un programme fondé sur des techniques d'optimisation permettant d'affiner la structure de façon à maximiser le nombre de triangles identiques et en diminuer le coût de construction¹. Enfin l'orientation des 5000 panneaux triangulaires de la façade ont été calculés par un autre programme informatique de telle manière qu'ils réfléchissent la lumière du soleil.

Grimshaw & Partners, SOM, Gehry partners et bien d'autres agences utilisent aussi la modélisation paramétrique et la programmation informatique dans beaucoup de leurs projets. Les principaux outils qu'ils utilisent sont : Generative Components (GC) de Bentley, Digital Project développé par Gehry Technologies autour du système Catia de Dassault System et Grasshopper qui est un plugin du modèleur surfacique Rhinoceros de la société Mc Neel. Ces outils nécessitent une formation et requièrent des connaissances en modélisation 3D, en géométrie ainsi qu'en programmation informatique.

GC utilise une technique de modélisation paramétrique basée sur la propagation des valeurs de variables. On définit les expressions permettant de calculer les valeurs des propriétés géométriques des éléments de la scène à partir de variables à la manière d'un tableur. Chaque fois que la valeur d'une variable est modifiée, le système recalcule les valeurs des propriétés des éléments de la scène en référence à cette variable. On peut décrire ainsi des modèles paramétriques complexes établissant des relations et des contraintes entre les éléments géométriques qui les constituent.

Trois niveaux d'utilisation sont offerts par GC. Le premier niveau permet de définir le modèle paramétrique de façon interactive avec la possibilité d'associer des variables aux propriétés des éléments géométriques. Le deuxième niveau offre la possibilité de définir des scripts capables de générer les éléments géométriques et les relations qu'ils entretiennent. Si des traitements complexes sur un grand nombre d'éléments du modèle sont requis, il est nécessaire d'utiliser le troisième niveau d'utilisation offrant la possibilité d'écrire des programmes en C#.

Digital Project offre des fonctionnalités similaires à celles de GC. En tant qu'« application métier » développée autour de Catia, il dispose d'une bibliothèque de composants architecturaux comme des murs et des fenêtres par exemple. Il offre aussi la possibilité d'utiliser le « solveur de contraintes » de Catia pour propager les valeurs des paramètres. Ce dernier utilise une technique de géométrie variationnelle permettant de déclarer un ensemble de contraintes postées sur la géométrie². Il n'est pas nécessaire d'indiquer la direction entre variables indépendantes et dépendantes. Le système cherche à résoudre un système d'équations et peut proposer plusieurs solutions (un ensemble de valeurs cohérentes satisfaisant les contraintes).

¹ Ce cas fonctionne en totale opposition aux cas précédemment présentés.

² Il s'agit généralement de profils en 2D à partir desquels il est possible de modéliser des objets 3D complexes par balayage le long d'une courbe ou révolution autour d'un axe, par exemple.

Grasshopper est un outil de programmation visuelle ne nécessitant pas, *a priori*, de connaissances en programmation. Un programme est décrit par l'utilisateur sous la forme d'un graphe de composant représenté par des boîtes qu'on dispose à l'écran et qu'on relie entre elles de manière à indiquer la direction du flot de données entre les composants. Chacun de ces composants définit un traitement précis : génération d'un élément géométrique, division d'une courbe, d'une surface, génération d'un plan perpendiculaire à la tangente à une courbe en un point ou à la normale en un point d'une surface etc. Des composants « paramètres » permettent de définir des variables indépendantes qu'on peut faire varier. Grasshopper (comme Générative Components et Catia) permet de concevoir des modèles paramétriques complexes. L'utilisateur peut aussi se définir ses propres composants. Dans ce cas, il doit écrire les programmes de traitement qui leur correspondent en C# ou VisualBasic.

Par ailleurs, la mise au point de mécanisme d'optimisation nécessite d'une part des connaissances en matière de relaxation mathématique ou d'algorithmes génétiques et d'autre part une expérience en programmation informatique. Aussi la question est-elle pour nous de savoir qui utilisent et développent ces outils au sein des agences. La partie qui suit aborde cette question par le cas de l'agence Foster&Partners.

Mécanisme d'appropriation de la modélisation paramétrique informatique pour l'architecture : Les compétences d'acteurs de la conception à la modélisation paramétrique de l'architecture chez Foster&Partners

L'agence d'architecture Foster&Partners paraît développer des pratiques particulières de conception architecturale assistée par la modélisation paramétrique. Cette partie vise à expliciter ces pratiques en vue d'éclairer, dans ce cas, l'implication des compétences expertes de la modélisation paramétrique dans le travail cognitif de la conception architecturale.

L'agence Foster&Partners revendique en effet l'usage de la modélisation paramétrique. Ce mode de représentation est particulièrement développé au sein d'une de ses équipes : le Specialist Modelling Group qui se distingue des groupes de conception³. Le travail de ce groupe est spécifiquement de produire des modèles paramétriques. Il se distingue de l'usage occasionnel et individuel de modéleur paramétrique que peuvent avoir certains des membres des équipes de conception.

Le Specialist Modelling Group (SMG) a été fondé en 1998 par Hugh Whitehead⁴ et revendique une activité de « recherche » par le développement de logiciels, la théorisation et la communication de son travail. Il est par ailleurs investi d'une mission de conseil pour l'agence. En tant que « *in-house consultancy* » (Whitehead, in web site TU Delft, 2007), il travaille avec les groupes de conception sur des missions ponctuelles⁵.

Bien que le SMG ait un statut de consultant expert de la modélisation, il est, avant tout, un groupe d'architectes utilisant des compétences d'architecture auxquelles s'ajoutent des compétences techniques de modélisation et de programmation. Hugh Whitehead nomme

³ L'agence Foster and Partners comporte en effet six équipes de conception et des équipes spécifiques de modélisations diverses (élaboration de maquettes physiques, bibliothèque, reprographie,) et de conseil (en urbanisme, qualité environnementale, la modélisation paramétrique etc.)

⁴ Très investi dans la réflexion sur les potentialités de la modélisation paramétrique et dans sa diffusion, Hugh Whitehead est le cofondateur en 2002 de l'association Smart Geometry. Les autres fondateurs sont Robert Aish (directeur de la recherche chez Bentley system), Lars Hesselgren (KPF) et Jay Parish (ARUP). L'association regroupe autant des praticiens (ARUP, Foster + Partners, etc) que des institutions (AA School, MIT, Université de Delft,...).

⁵ H. Whitehead écrit : « *The group currently consists of four people, who support approximately 400 architects in the studio* » (in Kolarevic 2003, p.83).

les membres de son équipe des « *architectes +* »⁶ en raison des spécificités qu'en énonce Xavier de Kestellier d'être des « *architects that do programming, not programmers that work in architecture.* » (Freiberger, 2007).

Le SMG est donc un groupe d'experts en architecture qui programment et modélisent, qui intervient en qualité de consultant au sein de la conception architecturale. Si l'on suit Hugh Whitehead⁷, deux modalités d'intervention caractériseraient les actions du SMG : soit il apporte des solutions à la demande d'une équipe de conception pour des problèmes spécifiques soit il intervient de manière spontanée en fonction de l'évaluation des projets lors des « *design boards* »⁸. Dans le cas où l'intervention est demandée, Hugh Whitehead remarque qu'il est souvent « *trop tard* »⁹ pour que l'intervention du SMG soit intéressante. En revanche, les initiatives consécutives aux « *design boards* » permettent au SMG d'agir en phase de conception. Dans ce cadre, le SMG « *aide à explorer de nouveaux territoires* »¹⁰ et peut même « *proposer différentes options* ». Il ne s'agit plus seulement d'apporter une solution technique ou géométrique à un problème posé par un projet déjà conçu.

D'un point de vue pratique, une fois l'intervention du groupe décidée, le SMG travaillerait *avec*¹¹ les équipes de conception et « *interpréterait* »¹² leurs intentions au travers de modèles paramétriques. Ces modèles seraient ainsi des supports d'exploration¹³ de solutions géométriques. Le but de ces modèles serait de produire des instances à évaluer suivant des points de vue qui peuvent être divers : l'ensoleillement, le comportement acoustique ou thermique, la structure, *etc.* (Szalabaj, 2001. pp.25-30). La modélisation paramétrique viserait donc à optimiser une fonction déterminée.

La question que pose ce mécanisme est celle de savoir comment qualifier l'implication du travail du SMG sur l'activité cognitive de la conception architecturale : le travail du SMG est-il une simple traduction d'intentions données *a priori* par les équipes de conception ou serait-il moteur d'intentions par anticipation ou action ? Pour aborder cette question, observons le cas de l'intervention du SMG lors de la conception du City Hall de Londres.

Le cas du City Hall de Londres

Les méthodes de travail et les supports informatiques¹⁴ du SMG ont évolué depuis le projet du City Hall (1998-2002). Il n'en demeure pas moins intéressant du point de vue des mécanismes d'échanges entre les compétences expertes de l'agence.

⁶ Hugh Whitehead, entretien du 29 novembre 2009. Le seul membre du SMG faisant exception à la règle est Francis Aish qui a une formation d'ingénieur venant de l'aéronautique et qui est le programmeur principal (« *main programmeur* »).

⁷ Hugh Whitehead, entretien du 29 novembre 2009.

⁸ Les « *design board* » sont des réunions de supervision des projets par les Partners Senior : « *The design of each new project is reviewed regularly, both formally and informally. This process takes place under the direction of the design board, which has been created in the spirit of 'challenging and being challenged'. The board balances the greater spread of responsibility in the groups with a broader overview of shared values, coupled to a process that can initiate design as well as review it. Chaired by Norman Foster, design authority rests with Heads of Design, David Nelson and Spencer de Grey in his absence.* » in www.fosterandpartners.com/Data/WayWeWork.aspx

⁹ Hugh Whitehead, entretien du 29 novembre 2009.

¹⁰ Hugh Whitehead, entretien du 29 novembre 2009.

¹¹ Nous reprenons ici la formule d'Hugh Whitehead qui revendique de travailler *avec* les équipes de conception (« *we make part of the team* ») et non *pour* elles (entretien du 29 novembre 2009).

¹² Nous reprenons le terme « *interpréter* » utilisé par H. Whitehead pour décrire son travail. Cette expression sera à questionner, nous l'interrogerons pour le cas du City Hall de Londres (entretien du 29 novembre 2009).

¹³ On retrouve cette idée dans les propos de Hugh Whitehead : « *While it may take several hours for our group to produce a custom-built parametric model, it is often used for several months by the team to produce alternatives for testing during design development.* » (in Kolarevic 2003, p.85)

¹⁴ Ainsi Microstation et le DDD (Dimension Driven Design) a été le support de la conception du City Hall, alors qu'aujourd'hui le SMG travaille spécifiquement sur Generative Components (également développé à partir de Microstation).

Le SMG et l'équipe de conception ont collaboré dès les premières phases de la conception du projet pour formaliser la volumétrie de l'édifice. Le modèle demandé au SMG devait permettre de proposer des instances à évaluer en terme d'ensoleillement. L'édifice avait été pensé « *by the river* » (Kolarevic, 2003.p.83) par l'équipe de conception et interprété par le SMG en termes de « *galet paramétrique* » (« *parametric pebble* », Kolarevic, 2003).

Les intentions déterminantes du projet ont conduit le SMG à produire différents modèles paramétriques suivant l'avancement du processus de conception. Ces intentions ont été de :

1- faire référence à un « galet » induisant la conception d'un type de surface (en nurbs) contraignant les déformations possibles du modèle (peu de points de contrôles disponibles pour garder une courbure de surface peu marquée).

2- contrôler l'ensoleillement du volume en créant le plus d'ombre propre possible. D'où une composition le long d'un axe.

3- Composer une symétrie est-ouest du volume liée au site : l'orientation est-ouest correspond à une symétrie face à la Tamise. L'asymétrie nord-sud peut être expliquée par la volonté de contrôle de l'ensoleillement, voir (2).

4- Créer des proportions géométriques immuables.

L'analyse des manières dont l'architecture a été pensée dans ce cas ne permet pas de disjoindre clairement les mécanismes cognitifs de la conception architecturale et de la conception du modèle paramétrique. Ici, intentions architecturales et propositions du SMG composent une complexité opératoire qui est la conception architecturale même.

Le SMG, en produisant différents modèles paramétriques à différents stades de la conception, a donc participé à la pensée architecturale en : 1) proposant un découpage du volume par des plans de niveaux, 2) proposant une géométrie acoustiquement optimisée de l'atrium central et 3) calculant les surfaces développables de l'enveloppe pour les rendre constructibles. Par conséquent, bien que le SMG se disjoigne des équipes de conception, ses interventions participent pleinement de la conception architecturale.

Les compétences expertes de la conception architecturale assistée par la modélisation paramétrique :

La question que soulèvent cet exemple et les récentes appropriations des outils informatiques de modélisation paramétrique en architecture, concerne les nouvelles compétences expertes qu'elles impliquent dans le travail de projet architectural. Viser d'éclairer ces nouvelles compétences peut, selon nous, se faire en comparant les mécanismes « usuels » et ces nouvelles pratiques¹⁵.

La question est donc pour nous de savoir identifier les compétences expertes de la conception architecturale d'une part et celles de la modélisation paramétrique de l'autre en vue d'en éclairer les intrications effectives ou possibles au sein de l'assistance informatique à la conception architecturale.

L'étude phénoménologique des mécanismes des agences telles que Foster&Partners montre que les acteurs impliqués dans chacune de ces compétences sont différents. Les

¹⁵ Loin s'en faut de prétendre posséder une connaissance exhaustive des mécanismes « usuels » de la conception architecturale mais, l'architecturologie et nos recherches sur l'activité cognitive de la conception architecturale nous permettent d'en proposer un modèle. Ce modèle pose la conception architecturale comme activité cognitive experte par laquelle un concepteur donne des mesures (qualitatives et quantitatives) à l'espace architectural et/ou urbain. Cette compétence experte (la conception) est modélisée en termes d'opérations de conception de mesures et de modèles (utilisés et/ou produits) (Lecourtois 2006).

concepteurs de modèles informatiques paramétrés sont différents des concepteurs de l'architecture même. Il n'en demeure pas moins que les concepteurs de modèles informatiques paramétrés sont pour majeure partie architectes et donc possèdent des compétences en matière de conception architecturale. En revanche, rien ne permet de penser que les architectes des équipes de conception ont des compétences en matière de modélisation paramétrique.

Cette étude poursuit donc les travaux de (Boudon et Pousin, 1988) en pointant le fait que concevoir un modèle paramétré en phase de conception architecturale consiste à penser tant la représentation du projet que le projet lui-même. La conception architecturale assistée par la modélisation paramétrique serait, de fait, une activité complexe que nous proposons ici d'explicitier sous l'angle de la notion d'expertise.

A la notion d'expert il nous semble important d'ajouter celle d'expertise qui, selon nous, ne recouvre pas la première.

La notion d'expert peut être entendue en son sens général de professionnel. Nous rejoignons ici Y. Tsiomis lorsqu'il critique l'emploi trop convenu du terme « expert » sans apport significatif relativement à celui de « professionnel » (Tsiomis 2007 :12). Cette acception de la notion d'expert annihile néanmoins une distinction intéressante portée par d'autres auteurs tels qu'E. Bonnet entre « expert savant » et « expert profane ». C'est en s'interrogeant sur l'expertise gastronomique qu'E. Bonnet pointe l'importance d'une telle distinction sur les mécanismes en jeu dans la construction d'une expertise (Bonnet, 2004). E. Bonnet part de la définition suivante du terme « expertise » : l'expertise « *serait une situation problématique, qui requiert un savoir de spécialiste, et qui se traduit par un avis, donné à un mandant, afin qu'il puisse prendre une décision. En fait, l'expert est généralement un professionnel reconnu, qui dispose d'un crédit de compétences* » (Bonnet, 2004 : 135). Elle montre alors que l'on ne peut se résoudre à suivre cette acception en pointant la complication des systèmes en gastronomie. L'expertise n'est pas que jugement professionnel construit sur des compétences « spécialisées » mais peut être jugement de non-professionnels ou non-savants¹⁶ autrement nommés profanes.

En matière d'architecture assistée par la modélisation paramétrique, domaine qui nous occupe particulièrement, cette disjonction entre « expert savant » et « expert profane » nous semble intéressante. Plurielle ou inter-disciplinaire, la conception architecturale assistée par la modélisation paramétrique engage des acteurs aux compétences diverses et, par conséquent, induit des échanges dont les mécanismes peuvent être explicités en termes de « communication » entre des expertises savantes et des expertises « profanes » (savantes ou profanes de conception architecturale ou de conception de modélisations paramétriques¹⁷).

La question qui s'ensuit concerne les objectifs communs de ces expertises savantes et profanes. En d'autres termes, expertises savantes et expertises profanes de la « conception architecturale assistée par la modélisation paramétrique » visent-elles à participer de la conception architecturale même ou d'un autre phénomène qui y serait impliqué ?

Cette interrogation procède d'une thèse d'A. Hatchuel (2006) selon laquelle l'expertise en soi n'existerait pas en matière de conception¹⁸. Le caractère collectif de la

¹⁶ Nous n'avons pas ici distingués savant et professionnel mais la question resterait à être investiguée.

¹⁷ Il y aurait bien d'autres domaines à interroger en vue d'éclairer les mécanismes d'échanges en jeu dans la production cognitive d'un projet architectural. Nous nous limitons ici volontairement aux champs qui nous occupent, la conception architecturale et la modélisation paramétrique informatique. Nous écartons donc les acteurs politiques, acteurs sociaux et acteurs économiques qui peuvent être considérés comme des experts locaux, savants ou profanes, du projet architectural.

¹⁸ « *Au fond, en conception, il n'y a pas d'expertise en soi. Seulement des compétences potentielles ou latentes qui seront ou non muées en expertises par un fonctionnement collectif capable de leur donner un sens et des conditions d'existence. Dans les meilleurs cas, ce fonctionnement collectif favorise un processus d'« expertisation » de savoirs divers : il transforme des connaissances, des croyances ou des opinions en authentique capacité de prescription.* » (Hatchuel 2006 : 141).

conception amènerait, selon lui, à produire des discours experts visant à poser des prescriptions à prendre en considération dans la conception. Autrement dit, les expertises impliquées dans un mécanisme de conception architecturale viseraient la prescription et non la conception architecturale.

Cette acception du rôle possible de l'expertise en conception architecturale peut être rapprochée de celle que propose O. Ratouis (2008) lorsqu'il soutient que l'expertise se manifesterait par un discours méthodique "*savant*" contextualisé visant à assister la décision. Décider et prescrire sont ici deux termes à considérer, prescrire consistant à ordonner de suivre des conseils ou des règles bref, à demander d'appliquer une décision...

En conséquence de ce qui précède, la conception architecturale en tant que mécanisme cognitif dont l'objectif est de donner des formes et des mesures à l'espace architectural semble s'écarter de la production d'expertises. Elle n'en est pourtant pas si étrangère. D'abord, pour être engagée, la conception architecturale nécessite des données endogènes aux projets et des prescriptions qui peuvent, chacune, prendre la forme d'une expertise. Dans ce cadre, la conception architecturale est activée par laquelle ces expertises (données endogènes et prescriptions) sont transmises en pertinences de conception pour donner formes et mesures à l'espace. Par ailleurs, le modèle d'un projet (maquette, représentations graphiques, textes, etc), produit de l'activité de conception architecturale (qui peut être assistée par la modélisation paramétrique) peut prendre la valeur d'une expertise au sein des mécanismes d'échange impliqués dans la conception. Expression d'un travail expert, il est manifestation de mises à l'épreuve de connaissances dont la forme même fait l'objet des échanges.

Ces échanges visent à décider de nouvelles prescriptions à prendre en considération. Penser leur mécanisme en termes d'expertise savante et d'expertise profane nous conduit à distinguer les auteurs des expertises de leurs receveurs. En disjoignant par ailleurs les compétences expertes impliquées en conception architecturale – de conception, de modélisation paramétrique – de celles de décision (prescription), il est possible de penser ces mécanismes d'échanges comme jeu croisé entre expertises savantes et expertises profanes.

La question est alors pour nous de savoir comment des architectes non avertis des mécanismes de la modélisation paramétrique seraient capables de produire une expertise (de la catégorie de l'entendement –(Sfez 1992)-) des modèles qui leur sont proposés. Autrement dit, la question est pour nous de savoir quelles seraient les connaissances indispensables à l'architecte pour être en mesure de travailler de manière experte, avec des modèles paramétrés. A cette question s'adjoint une autre qui concerne la possibilité même pour la conception architecturale et la modélisation paramétrique d'être des activités *expertisables*...

Conclusion :

Les nouvelles compétences dites « *expertes* » impliquées dans la conception architecturale telles que la modélisation paramétrique, posent la question des mécanismes d'échange et de partage qu'elles nécessitent en vue d'assister pleinement l'activité cognitive de la conception. Penser l'assistance suivant un mécanisme d'expertises croisées entre ces compétences conduit à poser la question des connaissances partagées qui les permettraient.

Le cas de l'agence Foster&Partners montre que les experts de la modélisation paramétrique sont des architectes programmeurs et non des informaticiens architectes. Aussi permet-il de pointer l'émergence de nouvelles compétences expertes et/ou de nouveaux domaines de pratiques pour l'architecte qui, de fait, devient concepteur en passant par la pratique de la modélisation informatique.

Du point de vue des connaissances partagées, nos méthodes pédagogiques doivent désormais prendre en considération ce phénomène. Or, l'informatique reste de nos jours

enseigné en tant qu'outil de représentation. Rares sont les enseignements qui prennent pour objet la question des nouvelles démarches de conception assistées par ordinateur. Pourtant à en croire le cas observé, l'informatique n'a plus la seule place de système annexe à l'architecture ou d'outil de représentation. Elle est devenue partie prenante même de la conception architecturale pour ceux qui savent en être des experts ou en construire quelques expertises.

Bibliographie :

Bonnet E. (2004), « les critiques gastronomiques : quelques caractéristiques d'une activité experte », in Sociétés contemporaines n°53, p.135-155.

Boudon Ph. et Pousin (1988), *Figures de la conception architecturale, Manuel de figuration graphique*, Paris, Dunod.

De Boissieu A. (2009), *entretien avec Hugh Whitehead le 29-10-2009*, Non publié.

Doscher and Sugihara (2008). In: SIGGRAPH 2008 Electronic Art and Animation Catalog, Computer Graphics Annual Conference Series, ACM .

Evette Th. et Terrin J. J. (2006), Les cahiers Ramau n°4, *Projets urbains. Expertises, Concertation et Conception*, Editions de la villette.

Freiberger M., (2007), "*Perfect buildings: the maths of modern architecture*" in 1997-2009 Millenium Mathematic Project, University of Cambridge.

Hatchuel A. (2006), « Qu'est ce qu'une expertise démocratique ? », in Evette Th. et Terrin J. J. (2006), Les cahiers Ramau n°4, *Projets urbains. Expertises, Concertation et Conception*, Editions de la villette.

Kolarevic Branko (2003), *Architecture in the digital age, design and manufacturing*. Edition Taylor and Francis.

Lecourtois C. (2006), Conception de l'espace et espace de conception, TIGR, *Nouvelles approches de l'espace dans les sciences de l'homme et de la société*, l'Institut de Géographie de Reims, TIGR.

Ratouis O. (2008), « Je t'aime. Moi non plus » ? Expertise, recherche et production urbaine à Dunkerque, in Les annales de la recherche urbaine n°104, *L'expertise au miroir de la recherche*, édition du PUCA, Juin 2008, p. 77-84.

Sfez L. (1992), *Critique de la décision*, Presses de la fondation nationale des sciences politiques.

Szalapaj Peter (2001), *CAD Principles for Architecture design*. Architectural Press

Tsiomis Y. (dir.) (2007), *Echelles et temporalités des projets urbains*, Jeanmichelplace.

Williams C. (2001). The analytic and numerical definition of the geometry of the British Museum Great Court Roof. In: Burry M., Datta S. Dawson A., Rollo A. eds. *Mathematics design 2001*, Geelong, Victoria, Australia: deakin University, pp 434-440.

www.fosterandpartners.com

www.smartgeometry.org

www.tudelft.nl