

# Complexité architecturale et assistance informatique

---

Caroline Lecourtois, Ariam-Larea, Ecole D'architecture de Paris le Villette, France, e-mail : [Caroline.lecourtois@ariam-larea.archi.fr](mailto:Caroline.lecourtois@ariam-larea.archi.fr)

## Abstract

Depuis plus de trente cinq ans en France, un champ de recherche visant à expliciter la conception architecturale dans sa complexité se développe sous le vocable d' «Architecturologie». Aujourd'hui construit sous forme d'une connaissance scientifique, ce champ présente un langage théorique systémique dont le concept majeur a pour terminologie « *espace de la conception* ». Construit et décrit en tant que «*système complexe*», l'«*espace de la conception*» est posé par l'architecturologie comme lieu mental abstrait et théorique d'intrication de diverses opérations cognitives de la conception.

En tant que méta-savoir fondamental, abstrait de toute réalité concrète, l'architecturologie procède d'une pensée complexe et vise à construire une connaissance complexe de la conception prise comme activité cognitive elle-même complexe. De nos jours, cette connaissance fait l'objet d'une réflexion sur ses possibles applications. Elle est ainsi prise comme modèle pour une approche «clinique» de cas physiques et/ou scientifiques, concernés par la conception, tels que la perception architecturale et la modélisation informatique de l'architecture en projet.

Cette approche « clinique » amène, au regard de la complexité constitutive d'un «*espace de la conception*», à poser une complexité constitutive d'un «*espace de la perception*» et une complexité constitutive d'un «*espace de la modélisation*». Tandis que l'«*espace de la conception*» est descriptible en termes d'*échelles architecturologiques*, l'«*espace de la perception*» l'est en termes de *qualités* et l'«*espace de la modélisation*» le sera en termes d'opérations de modélisation.

La question posée ici, est celle d'un nouvel outil qui vise à produire une nouvelle assistance logique à la complexité de la conception architecturale : ESQUAAS. Produit de deux niveaux de programmation, l'un procédant d'une pensée simplexe et l'autre d'une pensée complexe, ESQUAAS interroge les «*reliances*» indispensables à l'assistance des opérations de la conception architecturale.

## Keywords

Architecturologie, conception architecturale complexe, assistance informatique

## **Abstract**

A field of research that aims to explain the architectural design in its complexity develops itself, in France, under the name of "architecturology", for over thirty five years. Now manufactured as scientific knowledge, this field is constituted with a systemic theoretical language whose main concept is "space of conception". Built and described as a "complex system", the "space of conception" is posed as an abstract and theoretical concept which regroups intricacy cognitive operations of conception (design).

As a meta-knowledge, abstracted from any reality, Architecturology proceeds from a thought of complexity and aims to build an intricate knowledge of design posed as a complex cognitive activity. Today, this knowledge is the subject of a research on its possible applications. It is thus considered as a model for a "clinical" point of view that helps to approach physical and / or scientific cases, concerned by design, such as architectural perception and computer modeling of architectural project.

With this "clinical" approach, like the complexity that constitutes the "space of conception", it is possible to build other scientific concepts to describe the complexity of the cognitive mechanisms of architectural perception and computer modelling: a "space of perception" and a "space of modeling".

The complexity of the "space of conception" is described with the architecturological concept of "architecturological scales". The complexity of the "space of perception" is described in terms of architectural qualities and, those of the "space of modeling" will be described in terms of modelling operations.

This article deals with a new computer tool that aims to support the complexity of architectural design: ESQUAAS. Proceeding from two levels of programming, one carrying a thought of simplicity and the other a thought of complexity, ESQUAAS conducts to question the necessary "reliance" to support the cognitive operations of architectural conception.

## **Keywords**

Architecturology, complexity of architectural conception (design), computer aided

« La vérité scientifique n'est pas dans la certitude théorique. Une théorie est scientifique non pas parce qu'elle est certaine mais parce qu'elle accepte de se faire réfuter soit par des raisons logiques, soit par des raisons expérimentales ou d'observations. »

(Morin et Le Moigne 1999 : 37)

En France, un champ de recherche nommé « Architecturologie » - champ auquel j'appartiens depuis plus de dix ans - se développe depuis plus de trente cinq ans en vue d'explicitier au mieux la conception architecturale dans sa complexité. Ce champ a été proposé et « *structuralisé* » par Ph. Boudon et son équipe du Laboratoire d'Architecturologie et de Recherches Epistémologiques sur l'Architecture (LAREA), à partir de l'idée de constituer un *logos* de l'Architecture c'est-à-dire, un savoir universitaire qui soit propre à l'architecture. Posant à cet effet que ce qui caractérise l'architecture est d'être pensée, conçue et *mesurée*, ce champ de recherche produit, depuis les années 70, des connaissances scientifiques focalisées sur les opérations cognitives de la conception architecturale (Boudon et al. 1994).

Un des concepts majeurs de cette connaissance scientifique a pour terminologie « *espace de la conception* ». L'« *espace de la conception* » est l'objet scientifique même que l'architecturologie se donne d'explicitier. Construit et décrit en tant que « *système complexe* », il est posé comme lieu mental abstrait et théorique d'intrication de diverses opérations cognitives de la conception. Ces opérations cognitives de la conception architecturale sont celles par lesquelles sont données formes et mesures au projet. Elles constituent une liste de vingt-et-une classes de manières de faire référence à un domaine particulier pour penser les mesures du projet. Ces manières sont conceptualisées sous le vocable de pertinences et ces classes sous celui d'« *échelles architecturologiques* ».

Chaque classe, chaque échelle se présente comme un micro-système complexe opératoire de possible description de cet « *espace de la conception* ». Elle renvoie à l'activité mentale du concepteur qui consiste, de quelques manières, à attribuer des échelles – au sens architectural du terme, c'est-à-dire de tailles relatives - au futur édifice ou espace.

Cette communication a pour objet d'explicitier la complexité que construit l'architecturologie de la conception architecturale. Interrogeant l'activité cognitive complexe de la conception, cette connaissance se développe sur le paradigme de « la pensée complexe ». Introduisant ainsi, de fait, un double jeu de la complexité, cette communication amène à questionner la complexité sous deux formes, une complexité théorique et une complexité empirique et, à investiguer les résistances de la dernière à être décrite par la première (Le Moigne 2007).

La première partie présente ce champ scientifique qu'est l'architecturologie en vue de préciser son potentiel à être « *mis en application* » pour l'étude d'une complexité de l'activité de conception architecturale que renouvellent les usages des outils informatiques. La deuxième partie présente une réflexion que nous avons en cours à l'ARIAM-LAREA et qui concerne un nouvel outil d'assistance informatique à la conception architecturale, nommé ESQUAAS : ESQUisse Architecturologiquement Assistée par Ordinateur.

## **Architecturologie et complexités de l'architecture**

L'architecturologie est donc un champ de recherche qui porte sur l'activité cognitive de la conception architecturale. Il offre aujourd'hui un langage théorique *a priori* qui peut servir de grille d'approche de cas particuliers (Lecourtois 2005). La question que cette partie aborde est celle de la complexité que construit ce langage de la conception architecturale.

### **Complexité / pensée complexe**

S'interroger sur la manière dont un champ construit une connaissance « complexe » d'un objet scientifique qu'il se donne, suppose de s'accorder sur ce que ce terme recouvre. Je m'appuierai ici sur E. Morin et J. L. Le Moigne qui proposent d'interroger la complexité non tant comme un

phénomène que comme une activité scientifique d'approche qu'ils nomment : « la pensée complexe ».

« La pensée complexe » selon ces auteurs, consiste à s'interroger sur les relations entre le tout et les parties d'un objet, posant que la somme de ces dernières ne correspondrait aucunement au tout de l'objet. Autrement dit, « la pensée complexe » interroge les « *reliances* » au sens d'activation de liens (Le Moigne 2008) plutôt que les parties. La pensée complexe s'opposerait par conséquent à la pensée classique qui discrétise le savoir, en créant ou recréant des relations bref, en reliant.

Cette modélisation de la complexité s'appuie sur la célèbre phrase de B. Pascal - « *je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties* » - ainsi que sur l'étymologie du mot complexité - "Complexus" - qui désigne le produit de ce qui est tissé ensemble. La pensée complexe a pour objectif de considérer les diverses interactions qui participent de la construction d'une contingence. E. Morin prend l'exemple du mot et de la phrase pour expliciter l'objet de « la pensée complexe », un mot ne prenant sens qu'au sein de son contexte syntaxique.

Penser complexe c'est, autrement dit, interroger les relations entre les objets et leurs contextes en vue d'en saisir le sens. La sémiotique Peircienne en serait un exemple. Penser le signe par un modèle triadique reliant un Representamen, un Objet et un Interprétant témoigne, en effet, d'une pensée complexe du signe (Peirce 1978).

Cette acception de la complexité se disjoint, me semble-t-il, de l'approche essentialiste de la complexité que développe D. G. Emmerich : « *Aussi riche ou compliqué que soit, en apparence, une composition, le fait qu'elle possède un grand nombre d'articulations en soi ne permet pas de l'appeler complexe, car il est nécessaire que la structure soit décomposable en parties caractéristiques de sa constitution, autrement dit en sous-ensembles. Et si la structure de ces sous-ensembles est à son tour décomposable en d'autres groupes caractéristiques et ainsi de suite, on peut alors parler d'une complexité de plusieurs degrés.* » (Emmerich 1966-1967)

D. G. Emmerich pose la complexité comme un tout susceptible de faire l'objet d'une décomposition en sous-parties identifiables. « La pensée complexe » portée par H. Simon, E. Morin et J.L. Le Moigne se pose, quant à elle, comme une approche épistémologique, heuristique et logique dont l'objet scientifique est le principe d'organisation de « *reliances* » participant de la composition. D. G. Emmerich définit la complexité par la décomposition, les auteurs de « la pensée complexe » l'interrogent en termes de « *reliances* » écartant, de fait, de leur réflexion, l'identification et la nature mêmes des entités reliées.

Le point de vue de D. G. Emmerich se rapproche davantage de celui d'A. Berthoz, physiologue de la perception et de l'action, qui propose de s'interroger sur un phénomène d'adaptation qu'il propose de nommer *simplexité*. A. Berthoz (2009) distingue la *simplexité* de la simplification et place sous le concept de *simplexité* un mécanisme cognitif par lequel le cerveau traiterait des situations complexes suivant des principes simplificateurs. La *simplexité* serait un phénomène physiologique d'adaptation de l'être à la complexité de son environnement.

Ce concept permet, me semble-t-il, de poser une distinction entre complexité empirique et complexité théorique. A. Berthoz pose la complexité du côté de l'empirie et la simplexification comme mécanisme mental nécessaire à sa gestion. Dans son ouvrage "la simplexité", A. Bertoz critique l'architecture qu'il pose comme produit d'une réflexion simple et non simplexe. Cette critique amène à pointer une évidence pour les architectes : la complexité architecturale ne se voit pas tandis qu'elle participe des mécanismes de la conception qui la précèdent.

### **Conception / conception architecturale / espace de la conception**

Revenons ici sur le terme conception qui peut porter à confusion lorsqu'on l'approche à partir de deux domaines franchement différents comme ici, la production de connaissances scientifiques et, la production de l'architecture.

J'ai, plus haut, fait référence à J. L. Le Moigne. J.L. Le Moigne est un scientifique qui a pour objectif de construire des connaissances épistémologiques faisant une disjonction majeure entre les sciences d'analyse et les sciences de conception. Il définit son activité comme suit : « *Modéliser pour comprendre et concevoir pour faire, voilà à peu près les deux devises qui jalonnent*

*notre activité cognitive* » (Le Moigne 2007 : 343). Dans cette citation, l'expression « *concevoir pour faire* » ne concerne pas l'architecture tandis qu'elle concerne la science.

Par « *concevoir pour faire* » est ici entendue une activité cognitive par laquelle raisonner sur les modèles produits de l'activité de modélisation scientifique et, visant à *faire* de la science. Cette acception se distingue de la notion de "conception" posée par l'architecturologie en tant qu'activité cognitive visant à produire un nouveau projet (par la précision ses formes et mesures architecturales) en passant par la réalisation de modèles de représentation de ce dernier, qui, lui, n'existe pas encore.

Dans le cas de l'architecture, les modèles produits par les architectes, sont des artefacts, des faits de l'art qui ont pour objectif de simuler des objets qui n'existent pas encore. Si l'architecte comme le scientifique raisonne sur et à partir de modèles, ils ne le font pas de la même façon ni dans le même objectif. L'expression "observateur-descripteur-concepteur" forgée par E. Morin pour désigner le praticien en sciences, sied ainsi à l'architecturologue mais non à l'architecte. L'architecturologue vise la production de connaissances sur l'activité cognitive de la conception architecturale. Il en construit une description qui participe de la conception de son champ scientifique. L'architecte, quant à lui, conçoit de futurs artefacts. Si, en en prenant connaissance, l'architecturologie peut l'aider à comprendre l'architecture pour la faire, elle, ne fait pas d'architecture pour la comprendre. Son activité est autre, elle est de modéliser la conception de manière *a priori* pour la rendre intelligible, et non pour en faire.

Plus précisément et suivant Ph. Boudon, « *l'architecturologue ne se propose pas de connaître l'espace architectural, mais l'espace de la conception qui a présidé à sa « conception* » » (Ph. Boudon in Demailly A. et Le Moigne J.L. (dir.) 1986 :440). Autrement dit, l'objet scientifique de l'architecturologie est représenté par son concept premier : « espace de la conception ». L'activité architecturologique consiste alors à construire d'autres concepts élémentaires (seconds) en vue de décrire et/ou expliciter cet « espace de la conception ». « Echelle architecturologique », « propriété d'échelle » et « relation d'échelles » sont de ceux-là. Il s'agit donc de modéliser la conception, dans sa plus grande généralité, en désignant l'ensemble des opérations possibles de la conception, de manière *a priori*, et, en s'écartant d'une démarche d'observation de cas.

Pour préciser cette posture, Ph. Boudon s'appuie sur la distinction posée par H. Simon entre état et processus et, pose l'objet de l'architecturologie du côté du processus et non de celui de l'état. L'architecturologie n'a pas pour autant pour objet de décrire (ou construire) le processus de la conception architecturale ni d'en expliciter des diachronies processuelles. Le temps ou la description chronologique de la genèse de l'architecture résiste en effet au principe de l'architecturologie qui est de produire une connaissance générale valable quelque soit le projet. Le processus de la conception architecturale n'existe pas en soi tandis que des processus de la conception architecturale procèdent de contingences singulières et, de fait, participent d'expériences dont on ne peut construire de manière *a priori* (principe de l'architecturologie), une théorie.

L'« *espace de la conception* » constitué par l'architecturologie s'exprime donc en termes d'opérations de conception posées comme systèmes unitaires de l'activité de conception. La succession empirique des opérations en est volontairement écartée.

La modélisation architecturologique procède par ailleurs d'une *réduction* de l'architecture à l'activité cognitive qui la génère et qui est posée comme distincte (bien qu'y participant) des mécanismes du projet architectural. Cette réduction, qui peut paraître néfaste pour la connaissance complexe, permet d'éclairer et/ou de constituer des complexités opératoires intéressantes et riches d'enseignement.

Cette remarque peut choquer au regard des propos d'E. Morin : « *la complexité est invisible dans le découpage disciplinaire du réel. En effet, le sens premier du mot, qui vient du complexus latin, signifie : ce qui est tissé ensemble. Le propre, non pas de la discipline en soi, mais de la discipline telle qu'elle est conçue, non communicante avec les autres disciplines, fermée sur elle-même, désintègre naturellement la complexité.* » (Morin 2007 :29)

Il est un fait, l'architecturologie ne porte pas sur l'architecture en général. Elle se concentre sur un objet scientifique qu'elle construit en s'abstrayant de cet objet empirique. Pourtant, son objet n'est pas de simplifier mais de construire un objet scientifique, suivant les principes de la pensée

complexe, en termes de « reliances ». Elle sépare son objet de l'empirie pour construire une complexité théorique de la complexité empirique de la conception architecturale, qu'elle nomme « espace de la conception ».

L'« *espace de la conception* » architecturologique est explicité par vingt-et-une échelles architecturologiques qui, chacune, représente une classe d'opérations de conception de formes et de mesures architecturales. Chacune de ces échelles représente, autrement dit, une complexité opératoire relative à un domaine de références. Par exemple, l'« *échelle parcellaire* » désigne l'ensemble des opérations de conception que l'architecte est susceptible de mettre en œuvre relativement à la prise en compte de la parcelle du projet. Une parcelle peut être caractérisée par ses limites, sa forme, sa surface, son orientation et sa topologie. Chacune de ces propriétés peut entrer en jeu dans la pensée de l'architecture. L'architecte peut s'y référer pour choisir la forme de son projet, positionner son projet, le découper, l'orienter et /ou le dimensionner. Positionner, se référer, découper, dimensionner, orienter, choisir une forme sont diverses opérations de la conception (autrement nommées « *scalèmes* » en architecturologie) qui peuvent être combinées pour penser le projet. J'ai ailleurs, à l'occasion d'un travail sur la collaboration en conception architecturale (projet Cocréa financé par l'ANR), mis en évidence dix opérations élémentaires de collaborations possibles qui peuvent également constituer des complexités opératoires pour la conception : 1) établir les propriétés d'un domaine de référence, 2) positionner le projet, 3) découper le projet, 4) établir des références architecturales, 5) énoncer des précisions programmatiques, 6) se référer, 7) hiérarchiser les domaines de référence, 8) orienter le projet, 9) Dimensionner le projet, 10) évaluer le projet.

Les « *échelles architecturologiques* » discrétisent donc la conception architecturale en domaines de références mis en œuvre par des opérations d'attribution de formes et de mesures à l'architecture. Des « reliances » de cette discrétisation sont pensées sous les vocables de « *propriétés d'échelle* » et « *relations d'échelles* ».

Les « *propriétés d'échelle* » (être initialisante, structurante, principale ou dominante par rapport au processus) spécifient les places et rôles des échelles relativement à l'ensemble du processus de la conception. Elles établissent des relations entre une classe d'opérations de conception et la conception dans sa globalité.

Les « *relations d'échelles* » (être surdéterminantes, co-déterminantes, juxtaposées, successives en cascade ou en relais), quant à elles, spécifient les relations temporelles et/ou spatiales des échelles entre elles. Ces propriétés et relations sont posées de manière *a priori*, au sens Kantien du terme, comme des concepts vides, qui ne prennent valeur que dans l'expérience de cas concrets.

L'architecturologie est donc une structure conceptuelle complexe qui prend la forme d'une modélisation systémique de la conception visant à expliciter la complexité de l'activité cognitive de la conception. Elle est une méta-connaissance (et un méta-langage) fondamentale et abstraite de toute réalité concrète.

Ainsi constituée, elle fait l'objet d'une réflexion sur ses possibles applications (Lecourtois depuis 2004). Cette réflexion amène à la prendre comme modèle pour une approche « clinique » de cas. Ces cas sont tant physiques que scientifiques. Le premier d'entre eux est la perception architecturale, le deuxième, la modélisation informatique de l'architecture en projet.

### ***Espace de la perception***

Cette partie fait état d'une réflexion menée à partir de l'architecturologie en vue de l'étendre à un autre domaine : la perception architecturale posée comme deuxième moment cognitif de l'architecture (le premier étant, bien évidemment, la conception).

L'objectif affiché par Ph. Boudon, dès les prémisses de l'architecturologie (Boudon 1971), est de construire une connaissance qui s'écarte de la description des édifices, pour spécifier une activité propre à l'architecture, la conception. Dans (Boudon 1990), il part de deux dessins de Steinberg représentant deux édifices aux aspects franchement différents (l'un semblant complexe ou compliqué et l'autre simple), pour marquer l'orientation de cette posture sur le phénomène complexe de la conception. Il s'aide par ailleurs de la fameuse planche aux quatre croquis de Le Corbusier pour pointer le caractère *invisible* de ce phénomène.

Dans cet article (Boudon 1990), Ph. Boudon situe la complexité de l'architecture à l'endroit de l'embrayage, action par laquelle un concepteur rend réalisable son projet. Poser ainsi l'embrayage comme lieu de complexité architecturale, consiste à penser cette action, l'embrayage, en tant qu'acte de « reliance » (Morin et L Moigne 1999) entre le projet et son contexte. L'embrayage serait ainsi un acte par lequel relier le projet à la réalité, en vue de rendre ce projet réalisable.

A cette complexité constitutive de l'embrayage, c'est-à-dire de « *espace de la conception* », répond, selon moi, une complexité constitutive d'un « *espace de la perception* ». La conception et la perception architecturales sont ici posées comme deux activités cognitives dont l'une vise à penser un futur espace ou objet architectural, et l'autre, un espace ou objet existant. On la vu ci-avant, l' « *espace de la conception* » est descriptible en termes d' « *échelles architecturologiques* ». L'« *espace de la perception* », quant à lui, l'est en termes de « *qualités* » (Lecourtois 2007). A l'instar des « *échelles architecturologiques* », les « *qualités* », perçues par les usagers, sont posées comme classes d'opérations de perception relatives à des domaines de références, propres aux usagers. Ce sont des classes d'opérations de perception par lesquelles sont attribuées à l'architecture, des qualités positives ou négatives.

Les études de cas menées sur la conception et la perception d'édifices, pointent la non-correspondance entre les *échelles* de la conception et les *qualités* de la perception. Prenons l'exemple d'un édifice qui fit l'objet de nombreuses controverses en France, le nouveau Palais de Justice de Caen. Du point de vue de la conception, les architectes ont particulièrement pensé les aspects de l'édifice suivant ce que l'on nomme en architecturologie, une « *échelle optique* ». Une complexité optique devait s'y établir : l'édifice devait être perçu comme intégré à son environnement et d'aspect clair dans une vision proche et, autonome, monumental et d'aspect sombre, dans une vision lointaine. Par ailleurs, l'édifice devait affirmer son unité le jour et sa discrétisation la nuit, par des jeux de lumière nocturne.



Figure 1: palais de Justice de Caen Photo C. Lecourtois 2002

Dans les faits, les citoyens et usagers ne perçoivent pas ce travail de conception. Une « *qualité optique* » négative est attribuée à cet édifice qui paraît noir, trop noir et non intégré dans sa ville. La vision de nuit est parfois appréciée mais rarement évoquée. Conception et perception s'affrontent donc, ici comme ailleurs, et créent des disjonctions entre leurs complexités constructives et/ou constitutives.

### ***Espace de la modélisation***

Le deuxième domaine d'application de l'architecturologie actuellement à l'étude est l'assistance informatique à la conception architecturale (Lecourtois 2008). De nos jours, les agences d'architecture ont quasiment toutes intégré de nouveaux outils, ordinateurs et logiciels, pour produire voire penser leurs projets. Ces outils informatiques sont divers et offrent des potentialités distinctes suivant les usages qu'en développent les agences. Le terrain privilégié par nos approches actuelles est celui des logiciels *dits* de CAO : autocad, archicad, allplan, Sketchup, Digital Project, Generative Components, Rhinoceros et son plugin Grasshoper, Cobald, etc. (Les logiciels d'évaluations techniques feront l'objet d'une deuxième phase de recherche).

Les usages de ces logiciels - de dessin, de modélisation surfacique et volumique et, de modélisation paramétrique - induisent une modification des habitudes de la conception et, par conséquent, un renouvellement des opérations et/ou fonctionnalités de la conception. La question qui occupe nos études consiste à identifier les relais entre les opérations cognitives de la conception architecturale et les opérations de modélisation informatique, en vue de savoir si la complexité de la conception architecturale en tant qu'activité cognitive est réellement assistée.

Il s'agit pour nous de développer une pensée complexe de l'assistance informatique en visant à identifier des liens existants ou à produire entre les opérations de la conception et les opérations de la modélisation informatique. Deux niveaux participent de ce développement : celui de l'interface et celui du mécanisme de l'assistance. Du point de vue de l'interface des outils ci-dessus évoqués, les menus présentent une hiérarchisation et un découpage des objets et fonctionnalités qui conduisent à penser qu'ils procèderaient d'une théorie de la simplification plutôt que d'une théorie de la complexité. Les utilisateurs sont en effet guidés dans leurs usages par des déploiements diachroniques de menus qui ne laissent aucune place à une visibilité globale du système.

Mais là n'est pas l'objet majeur de notre interrogation. L'objet majeur de notre approche est de constituer un nouveau concept, celui d'« *espace de la modélisation* » que des classes d'opérations de la modélisation expliciteraient. La modélisation est ici entendue comme activité cognitive par laquelle penser et construire des modèles informatiques. Comment conçoit-on un modèle informatique qui puisse représenter et assister la conception d'un objet architectural en cours de conception ? en est la question principale.

Les opérations de modélisation développées par les utilisateurs dépendent, bien évidemment, des visées opératoires des logiciels empruntés. Les logiciels de dessin et/ou logiciels métiers conduisent les usagers à penser un découpage des éléments constitutifs des représentations en plan de l'objet. Ce découpage concerne les objets de la scène (murs, fenêtres, portes, etc.), des formes géométriques (rectangle, cercle, etc.) ou des textures d'objets à appliquer. Ces systèmes sont aujourd'hui capables d'interpréter ces éléments qui participent d'un modèle numérique souvent en 3D, pour produire une vue perspective ou axonométrique dite réaliste de cette scène. L'utilisateur doit, pour ce faire, indiquer l'emplacement du spectateur, l'emplacement du projet relativement à un système de repères géographiques et, éventuellement, préciser quelques informations sur des lumières artificielles et les qualités de certains matériaux.

Les opérations de modélisation de ces systèmes se disjoignent des opérations de la conception. Elles sont opérations de réinterprétation du projet suivant le découpage ci-dessus évoqué et, permettent de produire des modèles informatiques (souvent en 3D) à partir de modèles « *manuels* » d'objets nécessairement, au moins en partie, conçus au préalable. Choisir des objets, découper la représentation du projet en objets disponibles de l'outil, situer le modèle dans un système géographique, indiquer et préciser un système d'éclairage, situer l'observateur de la scène, choisir et qualifier des textures sont les opérations majeures induites par l'usage de ces systèmes. Force est de constater que les opérations de la conception architecturale mêmes s'en trouvent écartées et la complexité architecturale réduite.

Les systèmes qui aujourd'hui nous paraissent induire de la complexité entre l'activité cognitive de la conception architecturale et l'activité cognitive de la modélisation informatique sont, nous semble-t-il, les systèmes de modélisation surfacique et volumique qui passent par de la modélisation paramétrique. La modélisation numérique surfacique et volumique induit un renouvellement de la pensée des formes architecturales en offrant de nouvelles façons de les construire. La modélisation paramétrique offre des possibilités de programmation et incite à penser des relations entre des propriétés géométriques déterminantes de formes et, des variables indépendantes.

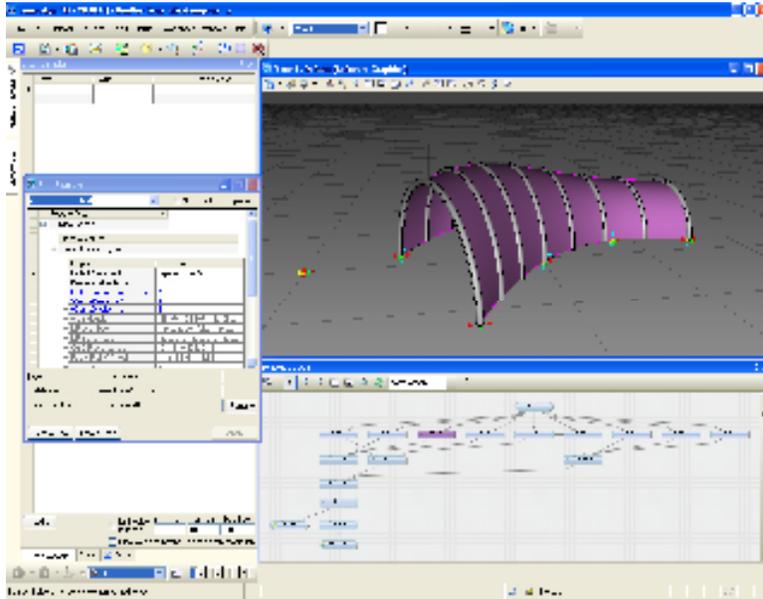


Figure 2 : image réalisée par F. Guéna avec Generative Components

L'image ci-dessus est un exemple des usages possibles d'un outil de modélisation paramétrique qui, ici, est Generative Components. L'opération de modélisation majeure, liée à l'usage de ce genre de système, peut, me semble-t-il, être posée en terme de « *reliance* » : penser le projet comme conjonction de relations participatives de la pensée des formes et mesures de l'architecture en conception.

L'expérience développée par Greg Lynn sous l'appellation d'Embryological House est emblématique du nouveau paradigme induit du recours à ces systèmes. A partir d'un modèle numérique unique, l'architecte propose une multiplicité de spécimens pour sa maison. Ces spécimens procèdent de la variation d'une valeur attachée à une dimension (propriété géométrique du modèle), elle-même liée à d'autres. Par prolifération, les valeurs des autres dimensions sont automatiquement mises à jour.

Greg Lynn lui-même identifie ce nouveau paradigme en termes d'intrication :

*« depuis deux ans, je tourne davantage autour de la notion d'“intrication”. (...) Une structure intriquée ne comporte pas de détail. Ce n'est pas une forme faite de détails, mais un ensemble de composantes qui communiquent les unes avec les autres et évoluent en même temps. (...) Sans ordinateur permettant d'exploiter dès la phase de conception le calcul mathématique à un certain niveau créatif et intuitif, on ne peut obtenir l'interaction et la précision nécessaire. (...) L'ordinateur permet de concevoir des projets complexes, dans lequel le moindre détail est relié à l'ensemble, dans un dialogue continu et non discret. »*

G. Lynn (AA p. 104-106)

Il reste à étudier plus avant ces systèmes à l'aide de l'architecturologie en vue de préciser les opérations de conception qu'ils assistent ou induisent. Ce travail en cours permettra d'explicitier ce que nous nommons « *espace de la modélisation* »...

En parallèle à ce travail est actuellement à l'étude un système d'assistance informatique à la conception architecturale que nous avons nommé ESQUAAS (ESQUisse Architecturologiquement ASsistée), et qui participe de la réflexion que nous développons sur la complexité architecturale.

## **ESQUAAS :**

En conséquence de ce qui précède, la modélisation paramétrique paraît être particulièrement intéressante pour penser des outils d'assistance à la conception architecturale et qui prennent en charge la complexité même du mécanisme cognitif de la conception. Le modèle de ce système nous aide à imaginer la poursuite d'un outil dont nous avons initié le développement, F. Guéna et moi-même, au sein de notre laboratoire l'ARIAM-LAREA. Cet outil a pour nom ESQUAAS et vise à assister les concepteurs par la création d'un modèle numérique transformable sous l'action d'opérations de conception identifiées par l'architecturologie (Lecourtois et Guéna, 2009 et, Guéna et Lecourtois 2009b).

Esquaas s'appuie sur le principe Simonien selon lequel il est préférable de viser la satisfaction plutôt que l'optimisation. Il se présente comme un outil visant à faciliter la proposition de solutions satisfaisantes plutôt que d'une solution optimale. Ainsi, cet outil n'est pas pensé comme un système algorithmique qui donnerait une solution unique mais comme un système d'assistance à la réflexion par des propositions possibles.

Deux phases de programmation composent le développement de cet outil encore en cours de réflexion. La première phase concerne la reconnaissance de traces graphiques. La deuxième concerne la signification et la transformation des traces relativement à des classes d'opérations de conception.

### ***Reconnaissance de traces : simplicité***

La première phase de programmation a consisté à produire un système qui permette de reconnaître des traces en vue d'interpréter une scène graphique. A partir du Modèle des Chaines de Markov a été mis en place un programme qui identifie des relations entre des traces graphiques.

Ce système analyse des relations entre des points en cours de tracé relativement à des points de la scène déjà inscrits. Il est capable de reconnaître leurs propriétés - être proche de l'extrémité, être sur, être proche du milieu, être loin de, etc. - et de calculer les probabilités pour les traces de correspondre à des classes identifiées.

Cet outil s'appuie sur une classification des rapports binaires de traces graphiques identifiés par l'architecturologie sous le vocable de dromies. La figure 3 qui suit présente ces rapports de traces.

Nos hypothèses de départ sont :1) la représentation graphique est instrument de conception pour l'architecte et, 2) la trace graphique est porteuse de signification pour le projet. Le dessin est donc ici pris comme moyen de modélisation d'un objet ou espace qui n'existe pas encore. Aussi le modèle produit par le ou les concepteurs a-t-il pour visée d'assister la conception du projet par sa représentation. Il est ainsi d'une nature qui se rapproche, d'un certain point de vue et bien que son objet soit à produire, de la visée des dessins d'un Léonard de Vinci (*les carnets de Léonard de Vinci* ou P. Valéry, *introduction à la méthode de Léonard de Vinci*) c'est-à-dire, la compréhension, la représentation pour la compréhension et la conception. C'est une simulation pour la compréhension d'un existant anticipé....

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| 1. <b>Isodromie</b>     |  |
| 2. <b>Homodromie</b>    |  |
| 3. <b>Antidromie</b>    |  |
| 4. <b>Acrodromie</b>    |  |
| 5. <b>Paradromie</b>    |  |
| 6. <b>Anadromie</b>     |  |
| 7. <b>Epidromie</b>     |  |
| 8. <b>Péridromie</b>    |  |
| 9. <b>Apodromie</b>     |  |
| 10. <b>Pseudodromie</b> |  |
| 11. <b>Balodromie</b>   |  |
| 12. <b>Holodromie</b>   |  |

Figure 3 : liste des méta-dromies

Cette première phase de programmation procède d'un mécanisme de la pensée qui se rapproche de celui que décrit A. Berthoz par son concept de *simplicité*. Nous avons simplifié la conception en en disjoignant deux constituants : des signes indiciels (traces graphiques témoins) et des opérations de conception (génitrices des traces). Cette posture s'appuie sur le modèle des systèmes informatiques experts qui impliquent deux types de modélisation de la connaissance : les connaissances énonciatives exprimées par un réseau sémantique, les connaissances procédurales exprimées par des règles de production. (Mathieu J. in Demailly A. et Le Moigne J.L. (dir.) 1986 : 75)

Cette première phase de programmation renvoie donc à une modélisation des connaissances énonciatives. La deuxième phase de développement d'ESQUAAS s'inscrit comme travail de modélisation des connaissances procédurales, qui implique la mise en œuvre de schémas de raisonnement (règles de processus de conception).

### **Opérations de conception assistées : complexité**

Cette deuxième phase de programmation vise à constituer des « *reliances* » dynamiques entre les dromies et les classes d'opérations de la conception (autrement nommées « *échelles architecturologiques* »).

La trace graphique (décomposable pour partie en dromies) est ici considérée comme représentation ou témoignage d'un moment de conception procédant de la mise en œuvre de diverses « *échelles architecturologiques* ». Elle est un ensemble de signes indiciels de la mise en œuvre d' « *échelles architecturologiques* ».

La dromie (rapport élémentaire entre deux traces), en soi, ne possède aucune signification architecturale propre. Elle est en soi oppositive et acquiert des significations suivant deux ordres : un ordre scénographique et un ordre indiciel (ou énonciatif). Du point de vue de l'ordre scénographique, la dromie acquiert son sens par les relations qu'elle entretient avec les autres dromies de la scène graphique, autrement nommée trace. Cette signification de l'ordre scénographique peut être iconique et/ou métaphorique. Du point de vue de l'ordre indiciel (ou énonciatif), la dromie acquiert son sens relativement à l'objet architectural qu'elle aide à concevoir. Elle procède alors tant d'opérations de la conception architecturale que d'opérations de la conception graphique. Ces opérations de la conception constituent, pour nous, le sens indiciel des dromies.

La trace est donc pour nous outil de conception qui relie un processus passé (1) à un processus potentiel (2) : processus 1) celui dont elle procède et pour lequel elle est modèle résultant, processus 2) celui pour lequel elle est modèle substrat et à partir duquel appliquer diverses transformations pour engager ou poursuivre le processus de la conception.

Dans ce cadre, chaque dromie est à étudier de manière à déterminer les possibilités pour elle de procéder d'une ou plusieurs classe(s) d'opérations de conception. Prenons le cas de l'homodromie en exemple. La question qui nous occupe est celle de savoir ce qu'elle pourrait représenter dans un croquis d'architecte. Interrogeons-nous à partir de la liste des vingt et une échelles architecturologiques : parcellaire, symbolique formelle, géométrique, de voisinage, géographique, de modèle, socioculturelle, d'extension, de représentation, cartographique, symbolique dimensionnelle, humaine, technique, de voisinage, optique, d'intégration, de visibilité, globale, de niveaux de conception, économique, sémantique.

Dans un croquis, l'homodromie désigne le phénomène selon lequel deux lignes se suivent, de tout leur long, selon des relations de voisinage quasi équivalentes. Dans le cadre d'une « *échelle parcellaire* », l'une de ces lignes pourrait représenter le contour de la parcelle et l'autre la volonté de suivre cette limite pour décider de la forme du projet. Dans le cadre d'une « *échelle géométrique* », l'homodromie pourrait manifester la volonté de créer des règles géométriques particulières entre deux éléments du projet. Dans le cadre d'une « *échelle de voisinage* », l'homodromie manifesterait la mise en oeuvre d'un lien entre un élément du voisinage, une hauteur, une limite, une direction et les mesures du projet à venir. Dans le cadre d'une « *échelle géographique* », l'homodromie jouerait un rôle similaire mais, dans ce cas, l'une des traces représenterait la topographie du terrain prise comme référence de pensée. Etc.,etc.

Ainsi, chaque dromie prend sens relativement à un domaine de références mis en oeuvre dans la conception. Pour notre système ESQUAAS, chacun de ces domaines est pensé comme un contexte multi-agents déterminé par : 1) des propriétés (éléments déterminants le domaine de références impliqué, tels que, par exemple, la situation géographique, la topographie du terrain, l'orientation de la parcelle dans le cas de l'« *échelle géographique* »), 2) des variables dépendantes (éléments calculés par la machine relativement aux propriétés, tels que, par exemple, la course du soleil et la course des vents dominants dans le cas d'une « *échelle géographique* ») et, 3) des scalèmes (opérations élémentaires de la conception, telles que, par exemple, orienter, situer, découper, dimensionner dans le cas d'une « *échelle géographique* »). (Lecourtois et Guéna 2009)

Le développement informatique de ces contextes est pensé de manière à reconnaître le sens des traces d'une part et à permettre des opérations de transformations de celles-ci d'autre part. Il implique une pensée complexe à deux niveaux : 1) relative à la complexité opératoire des scalèmes des domaines engagés par le contexte concerné, 2) relative à la complexité opératoire entre les contextes eux-mêmes (« *relations d'échelles* » et « *propriétés d'échelle* »). Ainsi impose-t-il de penser un système opératoire de hiérarchisation des opérations de conception et de leur résultat qui ne pourra se faire indépendamment d'une pensée simplexe...

La conception de ce nouveau système d'assistance à la conception architecturale impose de revisiter la structure du langage de l'architecturologie. Elle conduit à poser l'action des « *échelles architecturologiques* » en termes d'hypertexte (Mahoudeau 2006 :40) par lequel sont créés des liens non linéaires entre les scalèmes des échelles mais également entre les échelles elles-mêmes, en vue de faire de cet outil une aide logique plutôt qu'une aide pratique qui prendrait en charge le mécanisme cognitif non-inférentiel (l'inférence pouvant par ailleurs être prise en charge par des systèmes bayésiens) des architectes....

## **En guise de conclusion**

Cet article pose deux distinctions majeures entre : 1) complexité théorique et complexité empirique et 2) la « pensée complexe » et la simplicité. Partant de ces disjonctions, il développe une réflexion sur le statut du savoir constitué par l'architecturologie sur l'activité cognitive de la conception architecturale.

L'architecturologie est ici interrogée dans sa potentialité à s'offrir comme base de connaissance structurée à partir de laquelle développer des applications sur des domaines de l'architecture

concernés par la conception, pour en constituer des complexités théoriques : 1) la perception architecturale posée comme deuxième moment cognitif constitutif de celle-ci et, 2) l'assistance informatique à la pensée et à la production de l'architecture contemporaine, posée comme lieu de nouvelles complexités opératoires empiriques.

La deuxième partie de cet article présente une réflexion en cours dans notre laboratoire et qui vise à produire une nouvelle assistance informatique portée sur la gestion de la complexité des mécanismes opératoires de la conception architecturale. Cette réflexion amène à ré-investiguer la structure complexe de l'architecturologie posée alors comme méta-connaissance de l'architecture. Ce système en cours de développement nécessite de développer puis de constituer des « *reliances* » entre des pensées complexes et des pensées simples...

### Références :

Berthoz, A. (2009). *La simplicité*, Odile Jacob.

Boudon, Ph. (1971, 2003), *Sur l'espace architectural, essai d'épistémologie de l'architecture*, Paris, Dunod

Boudon, Ph. (1986). Conception et conception architecturale : architecturologie et science de l'artificiel. In Demailly, A. et Le Moigne, J.L. (dir.) (1986 )

Boudon, Ph., Deshayes, Ph., Pousin, F., Schatz, F. (1994, 2000). *Enseigner la conception architecturale, cours d'architecturologie*, Editions de la Villette.

Boudon, Ph. (1990). Simplicités et complexités en architecture, Le Corbusier. In revue internationale de Systémique vol. 4 n°2, p.157-170.

Demailly, A. et Le Moigne, J.L. (dir.) (1986). *Sciences de l'Intelligence. Sciences de l'Artificiel*, Presses universitaires de Lyon.

Emmerich, D. G. (1966-1967). *Cours de géométrie constructive*, Ecole Nationale supérieure des Beaux-Arts de Paris, Centre de diffusions de grande masse.

Lecourtois, C. (2005). Architecturologie appliquée à une sémiotique de l'esquisse architecturale, in Actes du Colloque SCAN05, Rôle de l'esquisse architecturale dans le monde numérique, Paris. (<http://194.199.196.99/ariam-larea/index.php?page=publications-noms>)

Lecourtois, C. (2007). Architectural qualities and local identity, In J. Al-Qawasmi, A. Mahmoud et A. Djerbi, *Regional architecture and identity. In the age of globalization*, Volume II, P. 819-833.

Lecourtois, C. (2008). Enseigner la conception architecturale assistée par ordinateur, in Actes du colloque BASC 2008, Biskra Algérie. (<http://www.ariam-larea.archi.fr/index.php?page=publications-noms>)

Lecourtois, C. et Guéna, F. (2009). Eco-conception et esquisse assistée, In Bignon, J. C., Halin, G. et Kubicki, S. (ed.), *Conception architecturale numérique et approches environnementales*, Presses Universitaires de Nancy, p.63-75.

Guéna, F. et Lecourtois, C. (2009b). Aided Architectural Sketching with markov Models: Dromies and Recognition, in Proceedings of the 27th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe, Istanbul

Le Moigne, J. L. et Morin, E. (dir.) (2007). *Intelligence de la complexité. Epistémologie et pragmatique*, Aube.

Mahoudeau, J. (2006). *Médiation des savoirs et complexité. Le cas des hypermédias archéologiques et culturels*, L'harmattan.

Morin, E. et Le Moigne, J. L. (dir.) (1999). *L'intelligence de la complexité*, L'Harmattan.

Le Moigne, J. L. (2008). Edgar Morin, le génie de la Reliance, in Synergies Monde n°4, p. 177-184.

Peirce Ch. S (1978), *Écrits sur le signe*, rassemblés traduits et commentés par G. Deledalle, Paris, Le Seuil (coll. L'ordre philosophique).

Architecture d'Aujourd'hui n°349, nov-déc 2003.

## **Author Biography**

### **Caroline Lecourtois**

Architecte DPLG et Docteur en Urbanisme et Aménagement de l'espace (spécialité architecturologie), Caroline Lecourtois développe, depuis 1998, ses recherches au sein du LAREA (Laboratoire d'Architecturologie et de Recherches Epistémologiques sur Architecture) devenu, en 2005, ARIAM-LAREA (Atelier de Recherche en Informatique Architecture et Modélisation – LAREA). Elle a travaillé pendant près de dix ans sous la direction de Philippe Boudon. Elle est aujourd'hui également Maître-assistante des écoles d'architecture Françaises et co-dirige les thèses des doctorants de son laboratoire. Ses objets de recherche portent sur les opérations cognitives de la conception architecturale et leur assistance informatique. Ses travaux nourrissent deux des quatre axes du laboratoire : 1) activités de conception assistée par ordinateur et 2) modélisations précoces. (<http://www.ariam-larea.archi.fr/index.php?page=presentation>)