

# Les Eco-Modèles

## Un outil pour la conception d'édifices durables

**Vida GHOLIPOUR<sup>1,2</sup>, Jean-claude BIGNON<sup>1</sup>, Laure MOREL GUIMARAES<sup>2</sup>**

*1- MAP-CRAI, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy,  
vida.gholipour@ensgsi.inpl-nancy.fr  
Jean-Claude.Bignon@crai.archi.fr*

*2- ERPI, Nancy Université- INPL  
Laure.Morel@ensgsi.inpl-nancy.fr*

*RÉSUMÉ. Il existe une nécessité de prise en compte des problèmes environnementaux dans les phases amonts des processus de conception des bâtiments. Mais la plupart des méthodes actuelles évaluent le bâtiment en tant que « construit » plutôt que le bâtiment en tant que « conçu ». Cet article définit une méthode fondée sur une approche par les « modèles » au sens défini par Christopher Alexander. Dans ce travail, à partir de l'analyse de nombreux bâtiments, nous proposons d'identifier et de modéliser le concept d'éco-modèle. L'objectif à terme de cette recherche est d'instrumenter cette approche par un « pattern tank » ou « réservoir de modèles » dans lequel les différents acteurs de la conception pourront déposer et puiser à partir d'une navigation orientée les informations utiles pour leurs projets.*

*MOTS-CLÉS : bâtiment durable, éco-modèles, le langage des formes, modélisation d'éco-conception.*

## Introduction

D'un point de vue cognitif, la conception dite « environnementale » est confrontée à un double problème: celui de la complexité et celui de l'ajustement.

La complexité résulte du caractère systémique attribuable à l'environnement. La pensée écologique ne peut se réduire à une somme de points de vue et d'actions, mais doit également prendre en compte les interactions et les rétroactions nombreuses entre les éléments qui la constituent intégrant par là même une forme d'incertitude. Cette incertitude est renforcée par le fait que les objets de savoir qui assurent la consistance de cette pensée, sont le plus souvent portés par une multitude d'acteurs différents.

Si on applique les principes holistiques développés dans les théories de la complexité (Morin, 1991), un objet d'étude ou de conception dans une démarche environnementale ne peut être isolé mais doit toujours être appréhendé à l'intersection de différents points de vue.

Le concepteur (individu ou équipe) se trouve donc face à des problèmes contenant de nombreuses variables qui, combinées, donnent probablement des milliards de solutions possibles. Même si l'on peut en éliminer un grand nombre facilement en donnant des priorités à des points de vue de « bon sens » (faisabilité, économie, usage, etc.) il convient d'utiliser des stratégies pour choisir rapidement quelques solutions satisfaisantes à explorer.

L'ajustement désigne le rapport non déductif qui existe en situation de conception entre les données de contexte (le programme, les conditions d'actions, les règlements, etc.) et les solutions formelles proposées pour y répondre. Le concepteur conduit toujours un travail spécifique et autonome de mise en forme qui n'est jamais strictement déductible du contexte mais répond à des dynamiques propres de dimensionnement, de composition et de formalisation.

Cependant il doit en permanence vérifier par ajustement la pertinence de ses propositions à ce même contexte. C'est une forme de raisonnement par induction qui consiste à procéder par inférence probable.

“ Le problème de la conception ('design') est de trouver une bonne adéquation entre la forme et le contexte (comme une chaussure 'va' au pied). La forme est la solution au problème. Le contexte définit le problème.” (Quillien, J., 1993, SAISIR L'INSAISSABLE : Dans le sillage de Christopher ALEXANDER. P. 9-10).

Pour répondre à cette double exigence, la réutilisation de solutions antérieures est probablement l'approche la plus universellement

partagée. Loin d'être une aporie dans une dynamique de progrès, elle apparaît au contraire comme un moyen particulièrement efficace de tendre vers une forme de perfection comme nous le rappelle Alain dans ces propos:

“ Tout bateau est copié d'un autre bateau... et le progrès résulte justement de cet attachement à la routine ” (Alain, E.C., 1920, Les propos d'Alain De Émile Chartier, Nouvelle revue française, Notes sur l'article: v. 1, Copie de l'exemplaire l'Université de Californie ,Numérisé le 20 sep 2007)

Cette économie de la pensée en conception s'approche sans doute de ce que Philippe Boudon a nommé dans le champ de l'architecturologie « l'échelle de modèle » et qu'il définit comme « une classe d'opération qui consiste à reprendre un modèle antérieur tout en effectuant éventuellement des modifications de divers degrés et de diverses natures » (Boudon, 2003). Mais c'est Christopher Alexander qui a systématisé le propos dans sa théorie du « pattern language » (Alexander, 1977). L'utilisation de « patterns » ou « formes prototypes » est un dispositif heuristique proposé comme réponse aux situations de conception complexe.

Dans notre travail, nous proposons d'utiliser cette démarche en l'orientant vers la « conception environnementale des édifices ». L'objectif à terme de cette recherche est d'instrumenter cette approche par un « pattern tank » ou « réservoir de modèles » dans lequel les différents acteurs de la conception pourront déposer et puiser à partir d'une navigation orientée les informations utiles pour leurs projets.

Nous présentons dans cet article un premier état de la recherche visant à spécifier le concept de pattern dans le domaine qui est le notre, à en proposer un modèle et à identifier sur un premier corpus d'édifices quelques uns de ces « patterns ». Remarquons qu'à ce stade de la recherche, nous n'avons pas encore mené un travail d'évaluation de ces patterns.

### **La nécessité de prise en compte des issues environnementales dans la phase amont**

Si la conscience écologique anime aujourd'hui beaucoup de démarches dans le monde du bâtiment, il faut convenir que les pratiques restent encore peu instrumentées et relèvent trop souvent du « rafistolage ».

Comme le mentionne Dominique Perrault:

“ aujourd’hui dans le domaine de l’architecture, le développement durable, est un travail de prothèse, les architectes travaillent et les ingénieurs, comme des techniciens de prothèse, ajoutent différents systèmes et solutions qui contribuent à avoir des bâtiments plus performants au niveau énergétiques ” (Entretien avec Perrault, 2008, au cours de l’exposition « Architecture=Durable », Architecte de projet hotel\*\*\* ZAC, porte de Lilas, Paris 19ème).

Pour répondre à cette situation, plusieurs professionnels et universitaires proposent de réévaluer de manière fondamentale la façon dont des bâtiments sont conçus et produits (Metallinou, 2006). Différentes méthodes visant à réduire l’impact des constructions sur l’environnement ont été ainsi mises au point . On citera en particulier LEED aux Etats Unis, BREAM au Royaume Unis, CASBEE au Japon ou encore HQE en France. Il semble qu’elles soient de plus en plus employées (Cole, 1999 ; Crawley et Aho, 1999) attestant de la nécessité de développer des outils d’assistance aux pratiques environnementales.

Il faut cependant constater que la plupart de ces méthodes évaluent le bâtiment en tant que « construit » plutôt qu’en tant que « conçu » (Ding, 2008) et qu’elles ne permettent pas d’orienter la conception en phase préliminaire.

Or il apparaît plus efficient de prendre en considération les issues environnementales dans les premiers moments de la conception. A cette étape, il y a plus de liberté de choix et moins de risques économiques et de contraintes techniques.

“ Les problèmes de l’environnement doivent être considérés le plutôt possible, si non, les changements postérieurs au dossier coûteront de l’argent et des ennuis ” (Lawton, 1997).

Afin de répondre à cette nécessité, nous proposons d’utiliser une approche par les « patterns » ou modèles que nous nommons éco-modèles en nous appuyant sur la méthode de Christopher Alexander (Alexander et al., 1977). Christopher Alexander et son équipe ont mis en exergue plus de deux cents « patterns » qui sont autant d’items ou sous-ensembles de conception inscrits dans un système relationnel qui préserve la dimension globale de l’activité créatrice : le « pattern langage ». Par l’observation empirique de nombreuses réalisations architecturales, ils ont déduit des règles pertinentes de conception qui ont conduit à la détermination de ces patterns. Cette méthode des « patterns » propose une stratégie opératoire pour l’activité de conception.

## **Méthode d'identification des Eco-modèles**

### **Corpus d'étude**

Pour identifier ces modèles nous avons procédé à l'analyse de plus de 30 opérations récentes. Pour être retenues les opérations doivent avoir fait l'objet d'une approche environnementale reconnue. Certaines ont été publiées dans des livres ou revues traitant de l'architecture et du développement durable<sup>1</sup>. D'autres ont fait l'objet d'exposition sur ce thème<sup>2</sup>.

Ce premier travail nous a permis d'identifier empiriquement ce que l'on pourrait appeler provisoirement des micro solutions. Ces solutions sont candidates à devenir des « patterns » car elles font l'objet d'une proposition conçue et réalisée à laquelle est associée par son auteur (ou par un commentateur) une intention environnementale.

### **Définition des Eco-Modèles**

Afin d'affiner notre travail d'analyse, nous avons défini le concept d'Eco-Modèle (EM). Ce terme permet de désigner un dispositif spatial et/ou technique.

Un EM forme une solution ou est une forme-solution reconnue de qualité pouvant être réutilisée de manière efficiente. Pour désigner cette qualité, Ch Alexander utilise le terme de « qualité sans nom » (Alexander, 1979). C'est une manière de signifier qu'une solution possède des qualités connues mais sans pouvoir s'y réduire et des qualités ressenties mais sans pouvoir les nommer. C'est aussi une manière d'indiquer qu'une qualité peut émerger de situations anonymes comme cela est souvent le cas dans les solutions vernaculaires.

Ainsi l'EM « coursives ombragées » répond à des exigences qualitatives connues comme la protection solaire d'été des fenêtres situées en dessous (thermique) ou l'entretien facilité des baies situées au dessus (maintenance) mais aussi à des qualités moins mesurées comme le plaisir d'un accès extérieur ou celui d'un espace de réserve (usage).

Un EM permet donc d'identifier de manière empirique cette qualité dans un concept opérationnel intégré.

Un EM peut répondre à une ou plusieurs exigences environnementales (préservation de l'énergie, santé, confort

---

1. Comme: Innovations durables ( Marc Emery ; Basel ; boston ; Berlin : Birkhauser, 2002), Ecologik (Magazine bimestriel de l'architecture et urbanisme éco-responsable), Le moniteur ([www.lemoniteur.fr](http://www.lemoniteur.fr)).

2. « architecture=durable » : Exposition du 24 juin au 19 octobre 2008, Pavillon de l'Arsenal, Paris France

acoustique etc.<sup>3</sup>) par rapport à un contexte donné mais n'a pas un caractère d'universalité, c'est-à-dire qu'il peut être valable dans un contexte mais pas dans un autre.

Un EM peut être défini à différentes échelles spatiales (la rue, le bâtiment, un espace particulier du bâtiment et etc.) mais il appartient toujours à un tout et forme toujours un tout.

Afin de ne pas perdre cette dimension totalisante, il importe qu'un EM puisse être représenté de manière appropriée. De nombreux travaux de recherche (Guibert, 1992, Nakapan, 2003) ont montré l'importance en conception de « la pensée par les images » en tant que dispositif totalisant et unifiant et aussi en tant que mode de résolution de problème. D'un point de vue cognitif, l'image fonctionne comme un condenseur de problèmes et de solutions qui facilite l'exploration d'un espace de problème.

“ Une image nous aide à ne pas nous perdre dans le désert abstrait des hypothèses théoriques ” (Zumthor, 2006 , Thinking Architecture and Atmospheres, Architects journal, 223, N°23, p. 53.)

Un EM doit donc pouvoir être représentable par une image ou un dessin.

### **Identification des EM**

Pour être opérationnel, un EM doit avoir été consacré par l'usage et apprécié dans plusieurs réalisations. Plus on pourra repérer qu'un EM est mis en pratique, plus la probabilité de sa pertinence pour la conception environnementale sera importante.

Pour valider un EM, nous retenons qu'il doit avoir été mis au jour dans au moins trois projets ou réalisations d'auteurs différents.

Nous avons également intégré dans la liste d'identification plusieurs Patterns définis par C. Alexander pour lesquels nous admettons que la validation a été faite par l'auteur. L'analyse réalisée a permis de faire émerger près de 40 éco-modèles. A ce stade de notre recherche, ces EM ne sont ni classés et ni hiérarchisés. Mais un travail ultérieur devrait permettre de catégoriser les différents « patterns ». On remarque en particulier trois genres d'EM.

– Les EMA (éco-modèles architecturaux) sont des formes solutions. Ils induisent fortement des solutions morphologiques et spatiales. Exemple : la forme arrondie

---

3. Dans une première acceptation, on pourra retenir comme exigences environnementales les 14 cibles définies dans l'approche HQE



Figure 1- EMA: La forme arrondie.

– Les EMT (éco-modèles techniques) sont des systèmes solutions. Ils ne sont que faiblement spatialisant. Exemple : la climatisation hydraulique



Figure 2- EMT: La climatisation hydraulique.

– Les EMU (éco-modèles d'usage) sont des comportements-solutions qui participent aux bonnes pratiques environnementales des édifices. Exemple : les usages partagés



Figure 3- EMU: Les usages partagés.

## Modélisation des Eco-modèles

### Données générales

En nous appuyant sur la méthode descriptive des « patterns » nous décrivons de manière générique un EM par son contexte et le problème posé, la solution générique envisagée et des exemples (occurrences).

## Exigences environnementales

Afin d'identifier sa dimension environnementale et dans une première approche, chaque EM doit répondre à au moins une cible « HQE » dans un des quatre groupes de cible: éco-construction, éco-gestion, confort et santé.

## Parties d'édifices

Pour inscrire les EM dans un modèle partagé du bâtiment comme celui des IFC<sup>4</sup> nous avons ajouté à cette description les concepts d'espace qui nomment les zones concernées (toiture, façade, espaces extérieurs et etc. ) et d'ouvrages (superstructure, baies, planchers et etc.) qui désignent les parties physiques.

## Acteurs

Afin de situer notre travail dans le modèle plus général de coopération qui a fait l'objet de précédents travaux (Hanser, 2003, Kubicky et al., 2008) nous avons complété cette description par la notion d'acteurs (architecte, BET fluide, structure et etc.) qui est un marqueur des intervenants concernés.

## Relations

Enfin, pour préserver la dimension totalisante de la démarche de conception (pattern language) par les patterns, nous cherchons à déterminer à partir de chaque EM un ensemble de relations avec les autres éco-modèles et les autres entités (cibles, acteurs, etc.). Pour rendre compte de ce système de relations, une visualisation de type graphe est envisagée.

- Relation de coopération. Plusieurs EM peuvent satisfaire une ou plusieurs exigences environnementales communes.
- Relation d'inclusion. Un EM peut contenir d'autres EM. Ceux-ci doivent être en nombre réduit pour pouvoir être toujours visualisés .
- Relation d'exclusion. Un EM peut entrer en opposition avec un autre EM.

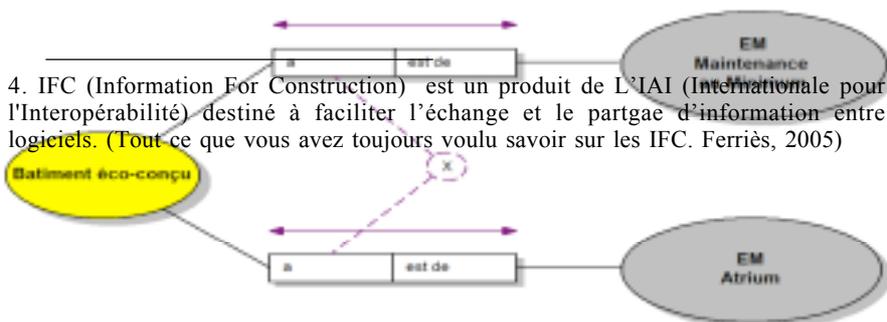


Figure 4- La relation d'exclusion entre EM : Maintenance Minimum et EM : Atrium.

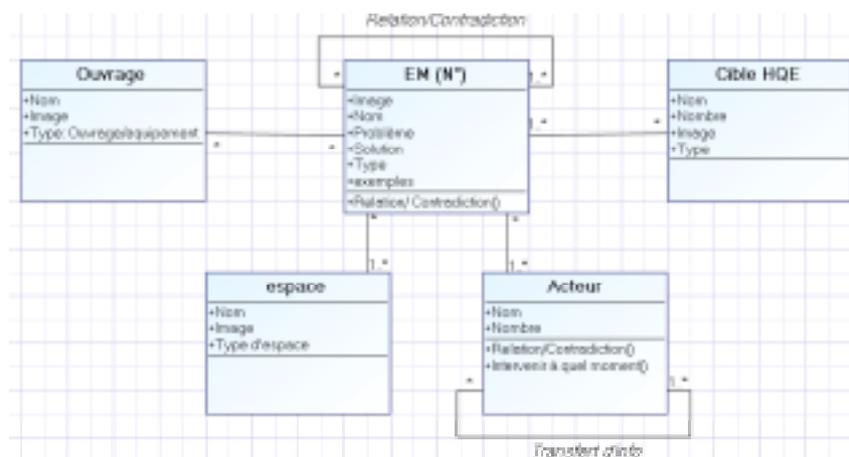


Figure 5- Modélisation des Eco-modèles.

<b>EM 1</b>	
<b>Architecture souterraine</b>	
<b>Exemples</b>	
<p>N°1- L'Université d'Ewha (Corée du Sud)</p>	<p>N°2- Parc Vulcania :Une architecture aux 3/4 souterraine</p>
<p>N° 3- Canadian War Museum (2002-2005), Ottawa, Canada</p>	
<b>Cible HQE</b>	
<p><b>Relation d'inclusion:</b> C4- Gestion d'énergie, C9- Confort acoustique  <b>Relation d'exclusion:</b> C10- Confort visuel, C13- Qualité sanitaire de l'air  <b>Relation de coopération:</b> C1- Relation de bâtiment avec son environnement immédiat</p>	
<b>Acteur</b>	
BE- Architecte- Thermicien- Ingénieur civil- Expert mécanique du sol	
<b>Ouvrages</b>	
<p><b>Relation d'inclusion:</b>  Fouilles d'encaissement- Fondations superficielles- Système porteur vertical- Ossatures de toitures- Etanchéité- Evacuation des eaux pluviales- Ouverture extérieures- Protection des ouverture- Garde-corps- Rampes et plans inclinés- Distribution et évacuation- Rafraîchissement d'air- Luminaires- Plate formes- Nivellements- Protection contre les animaux- Protection contre la chute</p> <p><b>Relation de coopération:</b>  Isolation thermique des planchers d'infrastructure- Eclairage en toiture- Accès extérieure- Plantations- Espaces verts- Circulation piétons</p>	
<b>Espace</b>	
E.Voirie extérieure- E.Cours intérieure- E.Circulation- E.Verte- E.Sanitaire	
<b>Autres EM</b>	
<p><b>Relation d'inclusion:</b> EM- Sauvegarde de terre agricole  <b>Relation d'exclusion:</b> EM- Maximum d'éclairage naturelle, EM 11- Espace ouverte au sud  <b>Relation de coopération:</b> EM- Atrium</p>	

Figure 6- Visualisation d'un EM.

En résumé un EM :

- a un nom et un numéro
- est représenté par une image archétypale
- décrit un problème dans un contexte
- contient une description de la solution
- répond à une ou plusieurs exigences environnementales

- met en scène un ou plusieurs espaces.
- met en œuvre un ou plusieurs ouvrages et équipements
- concerne différents acteurs pour sa conception ou sa réalisation
- est en relation avec d'autres EM
- est illustré par plusieurs occurrences

## Perspective

À partir d'une première identification de 40 EM décrits selon le modèle défini, nous proposons de constituer un « réservoir d'éco-modèles ».

Ce réservoir doit pouvoir évoluer dans le temps et s'enrichir de nouveaux modèles. Il est destiné aux concepteurs du bâtiment (architectes, ingénieurs structure ou enveloppe, thermiciens, etc.) qui pourront y puiser des exemples de « bonnes pratiques » pour les aider à formuler leurs besoins. Il faut mentionner que dans la méthode des Eco-Modèles, il n'y a pas de résolution automatique de problèmes. La méthode fournit plutôt un « espace de choix » à partir duquel l'utilisateur-concepteur doit identifier et choisir les EMs les plus pertinents par rapport au contexte de son projet.

Dans une prochaine étape, nous envisageons le développement d'un outil-logiciel qui utilise ce réservoir et repose sur un environnement de base de données accompagné d'un système de navigation à entrée multiple (acteurs, cibles, ouvrages et etc.) et d'un système de visualisation relationnelle de type graphe afin de présenter chaque EM avec son environnement.

La méthode et l'outil proposés seront testés sur un projet de ferme expérimentale à haute valeur environnementale située sur le site de la Bouzulle à proximité de Nancy. Pour les besoins de l'étude seront privilégiés les éco-modèles à forte incidence énergétique.

## Bibliographie

Alexander, Ch., Ishikawa, S., Silverstein, M., and others, (1977), *A Pattern Language*, New York.

Alexander, Ch., (1979), *Timeless Way of Building*, Oxford Press, pp. 576.

Boudon, P., (2003), *Langages singuliers et partagés de l'architecture*, Actes de la journée organisée par le Laboratoire des organisations urbaines--Espaces, sociétés, temporalités: Louest UMR CNRS 7544.

Cole, R.J., (1999), *Building environmental assessment methods: clarifying intentions*, Building Research and Information 27(4/5), pp.230–246.

Ding, K.C., (2008), *Sustainable construction—the role of environmental assessment tools*, Journal of Environmental Management, v. 86 (3), p.p.451-464.

Guibert, D. (1992), *Du jeu des références et de leur valeur dans la description d'un matériel génératif de la projection en architecture*, Paris, PCA.

Hanser, D., (2003), *Proposition d'un modèle d'auto-coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment*, Thèse pour l'obtention du Doctorat de l'INPL. Discipline : Sciences pour l'architecture.

Kubicki, S., Bignon J.-C., Leclercq P., (2008), Digital Cooperative Studio 07-08. article in the workshop about IT- supported Cooperative Design in Education, organized during the ICE 08 Conference - Lisbon.

Lowton, R.M., (1997), *Construction and the Natural Environment*. Butterworth Heinemann, Oxford.

Metallinou, V.A. , (2006), *Ecological propriety and architecture*, the built environment v.86.

Morin, E., (2001), *De la complexité : Complexus*, 283-296.

Nakapan, W., (2003), *Recherche d'informations par l'image : Application à la recherche interactive de produits du bâtiment*, THÈSE pour l'obtention du Doctorat de l'INPL, Discipline : Sciences pour l'Architecture.