

Lumière naturelle et énergie en phase amont de conception.

Vers une méthode d'aide à la conception à partir des intentions du concepteur

Mohamed-Anis Gallas¹⁻², Didier Bur¹, Gilles Halin¹⁻²,

¹ MAP-CRAI. – Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy

2 rue Bastien-Lepage B.P. 40435 - 54001 Nancy Cedex,

prénom.nom@crai.archi.fr

² Université de Nancy2

RESUME. L'assistance à la conception pour la prise en compte de la lumière naturelle n'intervient généralement qu'à la fin du processus de conception pour des opérations de validation ou d'évaluation. Cet article présente la première partie d'une recherche qui vise à mettre en place une méthode permettant d'intégrer la lumière naturelle et ses répercussions énergétiques dès le début du processus de conception afin d'assister le concepteur dans sa démarche. Nous donnons, en premier lieu, un état de l'art des différents types d'outil d'assistance en introduisant la modélisation déclarative comme méthode d'aide à la conception pour les premières phases de ce processus. Nous proposons ensuite, le schéma structurant la méthode d'assistance que nous proposons en mettant l'accent sur la classification des intentions et leurs caractérisation.

MOTS-CLÉS : Lumière Naturelle, Energie, Phase amont, Aide à la conception, Intentions.

ABSTRACT. Design assistance tools devoted to daylighting studies are usually used in the last stages of the design process for evaluation and validation purposes. This paper presents the first part of a research work that tries to define a method able to integrate daylight and its energetic implications from the early stage of design. We introduce this paper by giving a literature review of the design assistance tools. We think that the declarative modelling method is suitable for the design practice especially during the early stages thanks to the use of the designer intents to generate solutions. Then, we propose the structure and the different steps of our design assistance method. In the final part, we try to classify and characterize the designer's intents to make possible the solution generation process.

KEYWORDS: Daylight, Energy, Early phase of design, Design assistance, Intents

I. Introduction

La prise de conscience énergétique et plus particulièrement environnementale a poussé les concepteurs à intégrer ces préoccupations dès le début du processus de conception. Des outils de simulation et d'aide à la décision ont été mis en place pour aider les concepteurs à répondre à ces préoccupations. Parmi ces outils, certains prennent en considération la lumière naturelle et ses répercussions énergétiques. Cependant certaines difficultés restent encore mal résolues.

L'étude de ces outils révèle la difficulté de leur intégration dans les premières phases d'un processus de conception. La difficulté réside dans le fait que ces derniers permettent d'évaluer des configurations architecturales qui doivent être définies avec un niveau de détail assez élevé. Or, pendant cette phase, le concepteur n'est pas en mesure de fournir un tel niveau de détail.

Pour palier à ces inconvénients, nous proposons une méthode qui aura les caractéristiques suivantes:

- Elle sera adaptée aux premières phases de conception.
- Elle assistera le concepteur pour intégrer l'aspect lumineux et énergétique dans la conception architecturale.
- Elle prendra comme point de départ les intentions du concepteur afin de générer des solutions.

Dans la première partie, nous dressons un état de l'art rapide des différents méthodes / outils d'assistance existants en mettant l'accent sur la méthode de modélisation déclarative pour son adaptation à l'assistance des architectes pendant les premières phases du processus de conception. Puis nous proposons une méthode aidant le concepteur à intégrer ses intentions en matière de lumière naturelle, d'espace et d'énergie pour lui proposer des solutions architecturales. Enfin, nous nous intéressons au passage du stade des intentions à celui des solutions architecturales en définissant une méthode de caractérisation des intentions utilisant une liste d'indices que nous avons identifiés.

II. Méthodes et Outils d'assistance à la conception en matière de lumière naturelle et de comportement énergétique

1. Méthode d'aide à la décision

Ces méthodes ont pour rôle d'analyser et d'évaluer la quantité et la qualité de la lumière (naturelle et artificielle) dans des configurations architecturales

dans un état de conception très avancé (DIALUX, ECOTECT, PLEIADE). Ils permettent de calculer des valeurs liées à la quantité de lumière, sa distribution dans l'espace et ainsi que les répercussions sur le comportement énergétique du bâtiment (consommation énergétique pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage artificiel) en vue d'entreprendre des corrections. Mais pour pouvoir aboutir à ces résultats, on doit disposer de certains détails concernant le projet comme sa forme, son orientation, la taille et la position de ces ouvertures ainsi que sa localisation.

Ce type d'outil est important dans un processus de conception en tant que moyen d'aide à la prise de décision concernant certains choix liés à la lumière naturelle qui peuvent influencer le comportement de l'espace déjà conçu. Par contre leur utilité pendant les premières phases du processus de conception est très réduite à cause du caractère flou et imprécis du projet pendant ces phases. Cette situation fait qu'ils sont plus adaptés à des utilisateurs de type ingénieurs, qui cherchent à tester des solutions et moins aux architectes qui ont comme attente une assistance pour la recherche de solutions.

2. Méthode d'aide à la conception

Ce type de méthode propose une assistance aux concepteurs pendant les premières phases du processus de conception. Cette assistance consiste à proposer des solutions à partir des intentions posées par le concepteur concernant un domaine bien particulier. Siret (Siret, 1997) propose une méthode de simulation inverse qui permet de résoudre des problèmes inverses liés à l'ensoleillement des bâtiments. La résolution des problèmes inverses fait appel à deux notions (Fig1):

- Les formes représentant les solutions du projet, l'ensemble des spécifications de l'objet architectural à construire et qui regroupe les caractéristiques du projet.
- Les intentions représentant l'énoncé du projet, c'est-à-dire l'ensemble des spécifications qui conduisent à la résolution du problème.

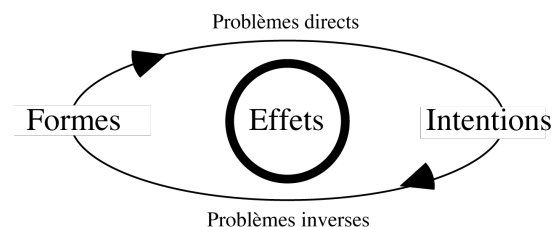


Fig 1. Problèmes directs et inverses du processus de conception selon Siret (Siret, 1997)

Cette méthode de simulation inverse concerne l'aspect géométrique des masques d'ensoleillement. Le concepteur déclare ces intentions en rapport avec les taches solaires à travers une interface graphique. La méthode interprète ces intentions

pour proposer une forme géométrique brute d'un masque solaire qui vérifie ces objectifs.

Plusieurs outils d'aide à la conception sont structurés suivant la méthode de modélisation déclarative qui offre au concepteur la possibilité d'explorer un champ de solutions très large répondant à ces intentions. Cet aspect fait que ce type d'outil s'adapte parfaitement à des utilisateurs de type architecte qui cherchent à concrétiser leurs idées pendant les phases amont du processus de conception.

III. La modélisation déclarative

« L'objectif de la modélisation déclarative de formes est de permettre d'engendrer des formes (ou des ensembles de formes) par la simple donnée d'un ensemble de propriétés ou caractéristiques » (Gaildrat, 2003). Ce type de modélisation peut correspondre à nos objectifs comme il a été exprimé par Bradis (Bradis, 2006) « La méthodologie de Modélisation Déclarative offre au concepteur la possibilité de décrire un objet ou un environnement en utilisant des termes abstraits, au lieu des valeurs explicites pour des propriétés géométriques concrètes. L'avantage principal de cette approche, particulièrement pendant la première phase de conception, est de permettre au concepteur de se concentrer sur des caractéristiques qui sont plus près de l'intuition humaine. ». A l'inverse des méthodes de modélisation classiques, la modélisation déclarative propose un cheminement de l'effet en cherchant la cause. Selon Hégron (Hégron, 2003) « les intentions du concepteur représentent l'énoncé du problème c'est à dire le cahier des charges ou des spécifications de l'objet à créer. Ses intentions ne portent pas directement sur la forme de l'objet à concevoir, mais décrivent ses propriétés intrinsèques et les effets qu'il doit produire. »

De ce fait ce type de modélisation présente un certain degré d'homogénéité avec le processus de conception architectural tant au niveau du type de données traitées qu'au niveau de son mode de fonctionnement.

Selon Siret (Siret, 1997), la structure d'un modèleur déclaratif est composé en trois niveaux, un représentant l'utilisateur qui exprime ses intentions et manipule les formes, un pour la machine qui supporte le modèleur et un troisième, l'interface, qui fait le lien entre les deux. Le processus de génération de solutions dans un modèleur déclaratif est composé de trois phases (Fig2). La première phase dite phase de description, est l'étape de saisie des différentes propriétés qui caractérisent l'objet à générer. La deuxième étape, est celle de la génération pendant laquelle la machine va interpréter les intentions afin de donner des solutions correspondant à cette description. Enfin la troisième étape de prise de connaissances, permet de présenter le résultat de la génération pour que le

concepteur puisse choisir la ou les solutions correspondant à ses attentes.

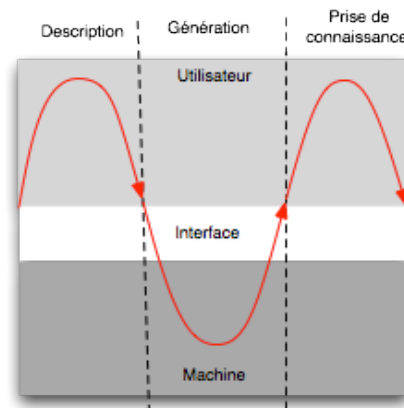


Fig 2. Schéma de principe d'un modèleur déclaratif d'après Siret (Siret, 1997)

IV. Une méthode d'intégration de la lumière naturelle et de ses répercussions énergétique pendant la phase d'esquisse

Comme réponse aux objectifs de départ, nous proposons une méthode/outil structuré selon les trois phases de la modélisation déclarative. La première étape consiste à déclarer les intentions en matière de lumière naturelle qui sont représentées et identifiées par une représentation graphique sous forme d'icône. L'interprétation de ces intentions permettra au système de proposer des solutions qui correspondent, à plusieurs niveaux, aux attentes de l'utilisateur. La communication entre le système et la le concepteur est assurée à travers une interface permettant ainsi de présenter les solutions générées. Cette interface propose une présentation de l'effet lumineux produit dans un espace de référence ainsi qu'une évaluation de la quantité de lumière produite. L'aspect énergétique est intégré à travers une évaluation des répercussions énergétiques pour chacune des solutions générées. Cette évaluation est représentée par l'attribution de valeurs à un ensemble d'indices que nous avons identifiés. (Fig 3)

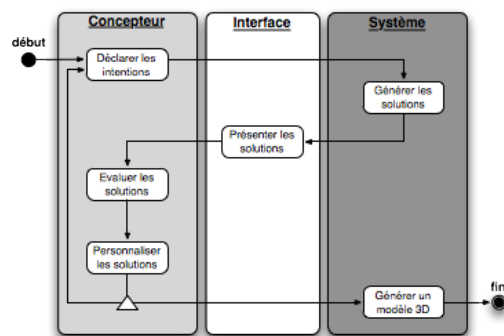


Fig 3. Structure de la méthode proposée

L'étape d'évaluation donne à l'utilisateur l'occasion de confronter ses intentions aux solutions proposées. Il pourra ensuite statuer et choisir une ou plusieurs solutions qui concrétisent ses idées, les comparer entre elles et générer des modèles 3D personnalisables sur un logiciel de CAO standard. Sinon, il a la possibilité de relancer le processus et d'explorer de nouvelles solutions.

La première étape de cette méthode s'intéresse à la déclaration des intentions pour permettre la génération de solutions. De ce fait nous proposons une méthode permettant de classer et caractériser ces intentions.

V. Méthode de caractérisation des intentions

1. Le passage des intentions aux solutions

Pour permettre la concrétisation des intentions du concepteur en solutions, nous avons fait appel à la notion d'indice. Elle permet à la fois de caractériser les intentions et de proposer une base permettant la proposition ou la génération de solutions. (Fig4) Cette notion a été utilisée par Mudri.L (Mudri, 1996) dans le cadre de son travail de thèse dans lequel elle a mis en place une méthode d'évaluation du comportement lumineux et thermique en partant des esquisses. Ces indices décrivent un ensemble de paramètres de natures différentes concernant l'espace architectural (valeurs physiques, ratios, rapports de surface), « Il convient ici de prendre le terme indice dans son sens le plus large d'indicateurs, d'éléments d'informations » (Mudri, 1996). De ce fait, cette notion permet d'englober la diversité de ces indicateurs. Cette diversité est aussi présente au niveau des valeurs de ces indices ; ils sont répartis en 4 types (Marin, 2007) :

- Valeur symbolique (qualités esthétique, rythme)
- Valeur numérique explicite (dimensions)
- Valeur numérique implicite (les dimensions d'une fenêtre sont incluses dans les dimensions du mur qui la supporte)
- Valeur numérique floue (« très » ou « peu » isolé)

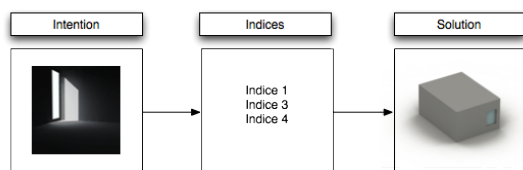


Fig 4. Le passage entre les intentions et les solutions à travers la notion d'indice

A partir de cette notion, nous chercherons à identifier la liste des indices capables de caractériser chacune des intentions du concepteur.

2. Processus de caractérisation des intentions

Nous avons mis en place une méthode de caractérisation des intentions qui intègre trois notions :

- La notion d'indice
- La notion de composante de l'espace architectural
- La notion de classe d'intention

Les composantes de l'espace architectural sont dans ce cas au nombre de trois, correspondant aux différents domaines pour lesquels le concepteur peut se référer dans sa déclaration des intentions à savoir « L'espace », « La lumière naturelle » et « L'énergie ».

De la même manière nous avons réparti les différentes intentions suivant les trois aspects qui nous concernent dans cette étude à savoir « L'espace », « La lumière naturelle » et « L'énergie ».

La première étape de ce processus consiste à identifier la liste des indices ayant une influence sur chaque composante de l'espace architectural.

Ensuite, nous émettons l'hypothèse que les listes d'indices identifiées pour chaque composante peuvent être utilisées pour la caractérisation de la classe d'intention qui y correspond. Ceci est possible grâce à la correspondance qui existe entre les classes d'intentions et les composantes de l'espace architectural. (Fig 5)

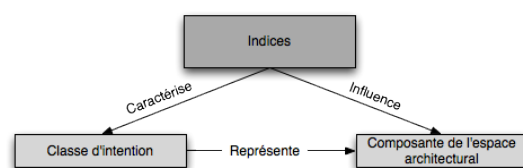


Fig 5. Correspondance entre "Classe d'intention" et "Composante de l'espace architectural"

3. Etude des influences entre les indices et les composantes de l'espace architectural

Nous proposons une répartition de l'espace architectural en trois composantes majeures correspondant chacune à une dimension particulière, à savoir l'espace lui-même, la lumière naturelle et l'énergie. Chacune de ces composantes est divisée en sous-classes relativement aux différentes propriétés et aux divers aspects qu'elle couvre. (Fig 6)

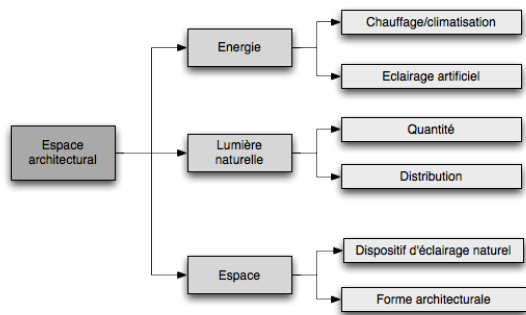


Fig 6. Composantes de l'espace architectural et leurs sous-classes

A partir d'un ensemble d'études s'intéressant à la lumière naturelle et ses répercussions énergétiques dans le cadre d'un projet architectural, nous avons pu identifier 33 indices (Bodart, De Herde, 2002) (Mudri, 1996). Ces derniers sont répartis en quatre types (Environnement intérieur, Rapport intérieur/extérieur, Morphologie, Environnement extérieur). Les quatre types fournissent des informations concernant l'origine de ces indices. Une fois ces indices classifiés, nous avons identifié leur moment de participation au processus de conception : en « phase amont » qui correspond au début du processus de conception ou en « phase avancée » où un niveau de détail plus élevé est requis. Le résultat de cette étape est représenté par un tableau (Tab 1) avec en colonne, un numéro d'identification pour chaque indice, son type, le nom de l'indice et enfin le moment de participation au processus. En ligne, on retrouve les différents indices regroupés par type et caractérisés par une couleur permettant de les identifier.

Type	N°	Indice	Phase de conception
Environnement extérieur	1	Localisation	Amont
	2	Le climat	Amont
	3	Facteur de réflexion du sol extérieur	Amont
	4	Le type de ciel	Amont
	5	Masque solaire	Amont
Rapport intérieur/extérieur	6	Indice des matériaux	Avancé
	7	Facteur solaire du vitrage	Avancé
	8	Opacité des parois	Amont
Morphologie	9	Indice de compacité	Amont
	10	Indice d'ouverture	Amont
	11	Indice de profondeur	Amont
	12	Orientation des ouvertures	Amont
	13	Largeur des espaces	Amont
	14	Dispositif d'éclairage	Amont
	15	Dispositif de protection	Amont
	16	Disposition des ouvertures	Amont
	17	Dimensions	Amont
	18	Épaisseur de la façade	Amont
	19	Nombre d'ouverture	Amont
	20	Géométrie	Amont
Environnement intérieur	21	Gains internes	Avancé
	22	Température intérieure	Avancé
	23	Température des parois	Avancé
	24	Gains solaires	Avancé
	25	Mode d'occupation	Amont
	26	Fonction	Amont
	27	Indice de contraste	Amont
	28	Facteur de réflexion des parois	Avancé
	29	Facteur de réflexion du sol+Surfaces de travail	Avancé
	30	Facteur de réflexion du plafond	Avancé
	31	Niveau d'éclairage moyen	Amont
	32	Facteur de lumière du jour moyen	Amont
	33	Luminance moyenne	Amont

Tab 1 .Liste des indices identifiés

Ensuite nous avons identifié le type d'influence qui peut exister entre ces indices et les différentes composantes et sous-composantes de l'espace architectural. Cette influence est ensuite évaluée en utilisant une échelle à trois niveaux et calculée en attribuant une note pour chacun de ces niveaux :

- « ++ » Forte influence = 0.5
- « + » Faible influence = 0.25
- « » Aucune influence = 0

L'influence est prise en compte dans sa globalité dans le sens où l'on ne cherche pas à savoir s'il s'agit d'une influence positive ou négative sur ces différentes sous-classes mais plutôt si cette influence existe ou non. L'identification de ces influences est le résultat d'un ensemble de simulations issues de plusieurs études concernant la lumière naturelle et ses répercussions énergétiques (Bodart, De Herde, 2002).

Ensuite ces indices sont majorés suivant leur moment d'intervention dans le processus de conception :

- 1, si il intervient pendant la phase amont.
- 0, si il intervient pendant les phases avancées.

A travers l'évaluation quantifiée de l'influence des indices sur les composantes de l'espace architectural, nous avons pu dresser la liste des indices ayant un rapport avec chacune de ces composantes. Nous considérons tout indice ayant un total de points strictement supérieur à zéro comme influençant. (Tab 2)

N°	Indice	Lumière naturelle		Phase de conception	Total
		Distribution	Quantité		
4	Le type de ciel	0,5	0,5	1	2
8	Opacité des parois	0,5	0,5	1	2
10	Indice d'ouverture	0,5	0,5	1	2
11	Indice de profondeur	0,5	0,5	1	2
15	Dispositif de protection	0,5	0,5	1	2
17	Dimensions	0,5	0,5	1	2
26	Fonction	0,5	0,5	1	2
5	Masque solaire	0	0,5	1	1,5
9	Indice de compacité	0,5	0	1	1,5
12	Orientation des ouvertures	0	0,5	1	1,5
13	Largeur des espaces	0,5	0	1	1,5
18	Épaisseur de la façade	0,25	0,25	1	1,5
19	Nombre d'ouverture	0,5	0	1	1,5
20	Géométrie	0,5	0	1	1,5
27	Indice de contraste	0,5	0	1	1,5
31	Niveau d'éclairage moyen	0	0,5	1	1,5
32	Facteur de lumière du jour moyen	0	0,5	1	1,5
33	Luminance moyenne	0	0,5	1	1,5
1	Localisation	0	0,25	1	1,25
28	Facteur de réflexion des parois	0,5	0,5	0	1
29	Facteur de réflexion du sol+Surfaces de travail	0,5	0,5	0	1
30	Facteur de réflexion du plafond	0,5	0,5	0	1
3	Facteur de réflexion du sol extérieur	0	0,5	0	0,5
7	Facteur solaire du vitrage	0	0,5	0	0,5

■ Environnement intérieur
■ Environnement extérieur
■ Rapport intérieur / extérieur
■ Morphologie

Tab 2. Liste des indices ayant une influence sur la composante "lumière naturelle" d'un espace architectural

Comme nous l'avons montré au début de ce chapitre, nous avançons l'hypothèse que la liste d'indice ayant une influence sur la composante « Lumière naturelle » peut être utilisée pour caractériser la classe d'intention qui lui correspond.

4. Evaluation de la faisabilité de la méthode de caractérisation des intentions

Afin d'évaluer la faisabilité de cette méthode, nous avons essayé de caractériser l'intention « Lumière contrastée » (Fig 7) qui fait partie de la classe « Lumière naturelle ». Cette étape consiste à proposer des valeurs aux différents indices identifiés.



Fig 7. Représentation graphique de l'intention "Lumière contrastée"

Les valeurs données aux indices sont de nature différentes. Certaines sont des valeurs physiques en rapport avec un phénomène quantifiable et d'autres, plus complexes, sont une agrégation de données de niveau inférieur représentant une classe ou une typologie d'objet (Mudri, 1996). L'identification de l'intention « Lumière contrastée » ainsi que les valeurs données aux indices sont issues de travaux de recherche antérieurs proposant des simulations réalisées sur des configurations spatiales différentes (Reiter, De Herde, 2004), (Gallas, 2009) ainsi que des bases de données en ligne (Audience¹).

N°	Indice	Valeur
4	Le type de ciel	Clair
8	Opacité des parois	Parois opaques
10	Indice d'ouverture	< ou = 1/10
11	Indice de profondeur	> ou = 2
15	Dispositif de protection	Tout les types
17	Dimensions	*
26	Fonction	Fermeture par rapport à l'extérieur
5	Masque solaire	*
9	Indice de compacité	*
12	Orientation des ouvertures	*
13	Largeur des espaces	*
18	Épaisseur de la façade	*
19	Nombre d'ouverture	*
20	Géométrie	*
27	Indice de contraste	> 1/100
31	Niveau d'éclairage moyen	< 1500
32	Facteur de lumière du jour moyen	< 1
33	Luminance moyenne	< 6
1	Localisation	*
28	Facteur de réflexion des parois	< 50
29	Facteur de réflexion du sol+Surfaces de travail	< 50
30	Facteur de réflexion du plafond	< 50
3	Facteur de réflexion du sol extérieur	*
7	Facteur solaire du vitrage	> 0,6

* Indéfinie

■	Environnement intérieur
■	Environnement extérieur
■	Rapport intérieur / extérieur
■	Morphologie

Tab 3. Caractérisation de l'intention "Lumière contrastée"

Le résultat de cette première expérimentation montre bien qu'il est impossible de donner des valeurs pour chacun des indices identifiés. Ceci est dû à la nature même de certains indices, comme « La localisation » qui sont spécifiques à chaque cas d'étude. D'un autre côté, d'autres indices sont caractérisés par des plages de valeurs qui traduisent l'aspect « flou » des intentions.

La prochaine étape du travail d'expérimentation consiste à évaluer la faisabilité de la méthode de caractérisation pour les autres classes d'intentions à savoir, « Espace » et « Energie ». Ensuite nous essaierons d'utiliser ces différentes caractérisations pour tester leur utilité dans la proposition et la génération de solutions architecturales.

VI. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté une méthode d'assistance adaptée aux premières phases de conception intégrant la lumière naturelle et ses répercussions énergétiques. Elle est structurée suivant le schéma de la modélisation déclarative permettant d'interpréter les intentions du concepteur en matière de lumière naturelle, d'espace et d'énergie afin de proposer des solutions architecturales. Ensuite nous avons mis en place une méthode de caractérisation des intentions utilisant la notion d'indice. Cette méthode assure la transition de l'état d'intention à celui de solution architecturale. L'expérimentation de cette méthode à travers un exemple de classe d'intention a relevé certaines remarques liées au type de valeurs données aux différents indices.

La prochaine étape de ce travail consiste à développer un outil implémentant la méthode afin d'expérimenter notre approche auprès d'un échantillon de concepteur.

¹ <http://audience.cerma.archi.fr>

VII. Bibliographie

- Bradis G.P (2006) « Apprentissage et aide à la décision pour la modélisation déclarative de scènes, Acquisition et gestion des préférences morphologiques dans le cadre d'un environnement de conception », Thèse de doctorat, Université de Limoges.
- Bodart M., De Herde A. (2002) « Global energy saving in offices buildings by the use of daylighting », *Energy and Buildings* 34, p.421-429.
- Gaildrat V. (2003) « Modélisation déclarative d'environnements virtuels : Création de scène de formes complexes par l'énoncé de propriétés et l'emploi d'interactions gestuelles », Habilitation à diriger des recherches, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Hégron G. (2003) « De la modélisation à la conception assistée par ordinateur, La modélisation déclarative », *Annales des ponts et chaussées* n° 107-108.
- Lassance G. (1998) « Analyse du rôle des références dans la conception: éléments pour une dynamique des représentations du projet d'ambiance lumineuse en architecture », Thèse de doctorat : Sciences de l'ingénieur. Architecture : Université de Nantes.
- Marin P., Lequay H., Bignon J-C (2007) « Outil d'évaluation des qualités solaires passives du bâtiment. Exploration des mécanismes de conception évolutionnaire », Séminaire doctoral.
- Mudri L. (1996) « Aide à la conception de l'éclairage naturel dans la phase d'esquisse architecturale et son impact sur l'énergétique des bâtiments », Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Paris, Paris.
- Reiter S, De Herde A. (2004) « L'Eclairage Naturel des Bâtiments », ULC Presses Universitaires de Louvain.
- Siret D. (1997) « Propositions pour une approche déclarative des ambiances dans le projet architectural. Application à l'ensoleillement », Thèse de doctorat Spécialité Sciences de l'Ingénieur Option Architecture, Université de Nantes.