

Proposition d'une méthode de référencement d'images pour assister la conception architecturale : application à la recherche d'ouvrages

Sabrina Kacher

▶ **To cite this version:**

Sabrina Kacher. Proposition d'une méthode de référencement d'images pour assister la conception architecturale : application à la recherche d'ouvrages. Architecture, aménagement de l'espace. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2005. Français. NNT : 2005INPL089N . tel-01752523

HAL Id: tel-01752523
https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01752523

Submitted on 29 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

PROPOSITION D'UNE METHODE DE REFERENCEMENT D'IMAGES POUR ASSISTER LA CONCEPTION ARCHITECTURALE :
Application à la recherche d'ouvrages.



THÈSE

Présentée et soutenue publiquement Le 31 octobre 2005
pour l'obtention du
Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine
Discipline : Sciences de l'architecture
par

Sabrina Kacher

Composition du jury

Rapporteurs

Pr Pascal Sanson	Architecte DPLG, Pr des universités, CEDP Centre d'étude du débat public, université François Rabelais, Tours.
Pr Michel Léglise	Ingénieur Informaticien, Pr des écoles d'architecture et HDR, laboratoire Li2a, école d'architecture de Toulouse.

Examinateurs

Pr Jean-Claude Bignon	Directeur de thèse, Architecte DPLG, Pr des écoles d'architecture et HDR, laboratoire CRAI, école d'architecture de Nancy.
Dr Gilles Halin	Co-directeur de thèse, Docteur en informatique et HDR, laboratoire CRAI, maître de Conférences à l'UFR Mathématique et Informatique de l'Université Nancy 2.
Pr Odile Thiery	Rapporteur interne, Professeur des universités spécialité informatique, laboratoire LORIA, directrice de l'UFR Mathématique et Informatique de l'université Nancy 2.
Pr Michel Paulin	Architecte DPLG, Pr des écoles d'architecture, laboratoire LAF, école d'architecture de Lyon.

Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie – UMR MAP 694 – École d'Architecture de Nancy

A mes parents

A mon frère

A ma famille

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les personnes qui m'ont donné les moyens de mener cette thèse jusqu'au bout ainsi que celles qui m'ont fait l'honneur de participer à mon jury et de s'intéresser à ce travail :

Je remercie vivement mon directeur de thèse, Monsieur Jean-Claude Bignon pour m'avoir donner la possibilité de faire cette thèse pour ces ses conseils et la confiance qu'il a su m'accorder.

Je tiens à remercier mon co-directeur de thèse Monsieur Gilles Halin pour son encadrement et le regard avisé qu'il a porté sur mon travail, ses précieux conseils et pour sa patience.

Je remercie mes rapporteurs le Pr Pascal Sanson et le Pr Michel Léglise ainsi que mes examinateurs Madame le Pr Odile Thiery et le.Pr Michel Paulin.

Je voudrais adresser mes plus vifs remerciements à M Daniel Prévot (Statisticien à l'université Nancy 2) pour m'avoir aider à analyser les résultats des expérimentations et pour sa gentillesse.

Je remercie M Pascal Humbert (docteur en informatique) pour son aide précieuse et pour avoir programmé et développé l'outil de recherche grâce auquel j'ai pu effectuer mes expérimentations.

Un merci particulier à Madame Françoise Schatz pour ses précieux conseils lors de la rédaction et pour sa relecture complète de mon mémoire de thèse.

Je tiens à remercier pour sa gentillesse, sa générosité, sa patience et son aide précieuse M Vincent Marchal.

Merci également aux membres et aux étudiants du CRAI pour leur accueil, leur gentillesse, et leur disponibilité pour les innombrables fois où je leur ai demandé de participer à mes

expérimentations : Yasmine, Salim, Celso, Olivier «M», TÜ, Damien, Olivier «C», Didier, Christine, Frank, Annie «G», Sylvain, Hélène, Med, Alain, Jérôme, Daniel, Annie «B», Marie-France et Xin…. Ce fut un véritable plaisir de travailler avec eux d'ailleurs la plupart d'entre eux sont devenu de précieux amis.

Un merci particulier, aux enseignants de l'ENSTIB M Reitz et M Duchanois, à leurs étudiants ainsi qu'aux professionnels rencontrés aux JCBE pour avoir accepté de participer à mes expérimentations.

Un grand merci aux membres de la médiathèque de l'EAN : Martine, Claire, Marie-thé, Véronique. Merci également à tous les membres de l'administration de l'EAN pour leur aide et leur soutien ; Eric, Fabrice, Marc, ….

Un merci particulier à Mme Dégez de l'ADBS et Mme Ménillet du CNRS pour leurs conseils sur mon thésaurus.

Je remercie également mes amis pour leur aide précieuse et leur soutiens dans les moments difficiles ; Halima, Ghania, Anis, Fériel, Assia, Salah, Réda, Hayet, Sameh, Naouel, … et tous ceux que je n'ai pas cité.

Je remercie les organismes qui ont financé ma thèse.

Je remercie enfin le Centre National de la Recherche Scientifique, l'UMR Modélisation pour l'Architecture et Paysage, son directeur, Monsieur Michel Florenzano ainsi que le Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, son directeur Monsieur Jean-Pierre Perrin, pour le soutien matériel qu'ils ont apporté à mes travaux.

SOMMAIRE

Introduction générale ____ *9*
Chapitre 1 : conception architecturale et références imagées. ____ *13*
Introduction ____ **14**
1. Les données dans la conception ____ **14**
2. les references ____ **18**
3. Les références dans la conception ____ **20**
4. multiplicite des images dans le processus de conception ____ **28**
5. supports réels et représentations graphiques ____ **31**
6. Un cas particulier « l'image photographique » architecturale ____ **34**
7. L'image photographique référence ____ **41**
8. Photo et référence comme aide à la conception ____ **46**
Conclusion ____ **47**
Chapitre 2 : une méthode pour la construction de la base de références imagées ____ *51*
Introduction ____ **52**
1. domaines pris en compte dans notre travail ____ **53**
2. La recherche d'informations ____ **54**
3. Langage d'indexation ____ **59**
4. Quelques langages de description ____ **68**
5. Recherche d'informations utilisant l'image ____ **81**
6. Application : les catalogues d'images ____ **91**
7. La méthode proposée ____ **107**
Conclusion chapitre 2 ____ **111**
Chapitre 3 : application de la méthode au domaine du bois ____ *113*
Introduction ____ **114**

1. Particularités du domaine d'application 114
2. Application de la méthode proposée 115
Conclusion du chapitre 3 156
Chapitre 4 : l'expérimentation finale 159
Introduction 160
1. l'environnement de l'expérimentation 160
2. exemple concret de deux sujets 168
3. analyse des résultats proposés par le système 175
4. Analyse des manières de faire des sujets expérimentaux 179
Conclusion du chapitre N°4 181
Conclusion générale 183
Liste des figures 187
Liste des tables 189
Bibliographie 191
Tables des matières 198
Liste des annexes 203
Publications scientifiques dans le cadre de ma thèse : 235

INTRODUCTION GENERALE

Il est communément admis aujourd'hui que l'activité de conception en architecture est un processus orienté vers un résultat qui n'existe pas encore. C'est également une activité durant laquelle les concepteurs manipulent des données nombreuses et hétérogènes. Celles-ci sont nécessaires pour conduire un processus qui se caractérise à la fois par un enrichissement sémantique et par une réduction d'incertitudes relatives à la formulation / résolution du problème de conception.

Lors de cette activité, il n'est pas toujours aisé de mesurer pleinement les apports de la solution conçue mais il est tout aussi difficile d'identifier le point de départ de la conception, sauf à confondre l'énoncé du programme et l'énoncé du problème. Quant au processus qui caractérise cette transformation, il reste encore largement obscur. En d'autres termes les étapes pour passer de l'étape initiale à l'étape finale sont loin d'être clairement définies [Prost, 1992]. Comprendre pourquoi Le Corbusier a choisi la forme en spirale pour concevoir le Musée à Croissance Illimitée ou encore comment l'image d'un des films de Ginger Rogers et Fred Astaire a pu influencé l'architecte F. Gehry a été ce qui a motivé notre travail de recherche.

Nous formulerons d'emblée une première hypothèse. Pour avancer dans cette activité incertaine qu'est la conception, les architectes font appel à des points de repère que sont les références.

La question devient alors : pourquoi les références occupent une place centrale dans le processus de résolution de problème ?

Les travaux de recherche de Robert Prost [Prost, 1992] apportent déjà une première réponse. Pour cet auteur, les références placent le créateur, ou du moins l'instigateur des solutions, au centre du système

d'acteurs, elles lui donnent le rôle de chef d'orchestre. Et, sur un autre plan, elles lui confèrent le statut de créateur à part entière.

Plusieurs autres chercheurs comme Christopher Alexander [Alexander, 1971] Robert Prost [Prost, 1992] ou encore Mario Borillo [Borillo, 2002] ont tenté de décrypter les « secrets » de ce qui est communément appelé « la boîte noire ». Ainsi le domaine des sciences cognitives nous a permis de mieux comprendre le domaine de la conception. Nous nous sommes également appuyés sur plusieurs travaux comme ceux Michel Denis [Denis, 1989] et Stephen Kosslyn [Kosslyn, 1999] dont les recherches ont porté sur les processus cognitifs utilisés dans l'analyse et la compréhension du raisonnement humain et plus précisément sur le rôle des images, qu'elles soient mentales ou physiques dans les processus de mémorisation, d'assimilation et d'inférences des connaissances. En confortant notre hypothèse, le domaine des sciences cognitives nous a, de ce fait, aidé à mieux caractériser le processus de conception en architecture

Dès lors une deuxième question pouvait être posée : comment proposer aux concepteurs une aide efficace et adaptée à cette activité « autour » ou « à partir » des références ?

Si l'on accepte le fait que les données « de départ », présentes dans le programme, ne permettent en général que de situer le problème de conception, l'aide que nous proposons d'apporter au concepteur vise à lui proposer « une base de références » qui instrumente son processus créatif en lui permettant d'énoncer son problème et de formaliser des solutions.

De manière courante, lorsqu'un concepteur recherche des idées pour concevoir un projet, il va familièrement puiser son inspiration dans différentes sortes de banques d'images existantes représentant des références constructives et architecturales (revues d'architecture, livres, images de voyage, …). Cela est principalement dû au fait que ces images de bâtiments réalisés constituent pour un concepteur ayant un problème similaire à résoudre une solution potentiellement satisfaisante et directement utilisable pour son projet. Ce transfert n'est cependant jamais une simple copie. Les données doivent être, d'une part, interprétées et, d'autre part, enrichies pour être intégrées au processus de conception. Ce traitement est un moyen, pour le concepteur, de transformer ces données brutes au départ en « données utiles » pour le projet.

Parmi toutes ces données potentielles pouvant former référence, les images semblent jouer un rôle important. Cette familiarité avec l'image est due au fait que, durant son activité de projet, l'architecte produit des représentations graphiques. Qu'elles soient de nature techniques (plans, coupes,

façades,…) ou uniquement figuratives (croquis, perspectives, axonométries, …), elles permettent de concrétiser les principes abstraits du concepteur, voire de les figurer.

Aussi proposons nous d'aider les concepteurs par l'utilisation d'un Système Interactif d'Aide à la Décision. (SIAD) orienté « images ». Nous ne voyons pas l'apport de l'informatique uniquement comme étant un nouveau moyen pour améliorer ceux existants, nous le voyons au contraire comme un moyen d'apporter une aide très importante, ou plus précisément comme un moyen d'assister le processus de conception en lui-même. Ainsi, pour Françoise Adreit et Pascal Vidal dans [Zreik et Trousse,1997, p79] les SIAD devraient assister le concepteur dans sa phase de sélection des alternatives diverses qu'il imagine ou propose pour résoudre son problème de conception.

Afin d'avancer dans la réalisation d'un tel système, nous avons proposé de constituer une première base de références imagées, dédiée à la conception architecturale. Pour des facilités de mise en oeuvre nous avons réduit le corpus des références architecturales à celui des ouvrages construits en bois. L'opportunité de nous appuyer sur deux bases d'images dans ce domaine a largement motivé ce choix.

S'est donc posée pour nous la question d'organiser un ensemble d'images de manière à ce qu'un concepteur puisse (re)trouver l'image qui lui servira de référence et qui l'aidera à avancer dans son projet de conception. En l'absence d'une méthode stable visant à construire cette base de données, notre travail a consisté à proposer une méthode de référencement d'images. Cette méthode comprend trois points :

- La construction d'un thésaurus en trois niveaux hiérarchiques avec la double fonction de décrire le domaine de la construction bois et les ouvrages architecturaux perçus visuellement sur l'image.
- La pondération des termes du thesaurus utilisé pour l'indexation des images, qui permet de quantifier l'importance de chaque ouvrage illustré. Pour cela, nous avons identifié cinq propriétés graphiques qui varient en fonction de l'angle de prise de vue et associent un poids à chaque terme du thésaurus exploité pour indexer les images.
- La construction d'une interface de recherche fondée sur la double utilisation de l'image, à la fois comme moyen de formuler une requête mais aussi son résultat. Plus particulièrement, nous ne considérons plus l'image comme simple support de transmission de l'information graphique, mais comme outil ou moyen qu'utilisera le concepteur pour mieux formuler, voire résoudre son problème de conception.

Un prototype implémentant un moteur de recherche d’images par l’image a été développé au sein du CRAI pour l’évaluation de nos propositions sur un corpus d’environ mille images lors d’une expérimentation finale auprès de concepteurs.

Cette thèse comprend quatre chapitres. Le premier introduira le processus de conception en architecture et le rôle des références imagées dans ce processus. Le second chapitre présentera un état de l’art sur les différents systèmes référençant des images et introduira la méthode que nous proposons pour construire une base de références imagées. Le troisième chapitre présentera une application de la méthode proposée à un domaine particulier de l’architecture qui est celui de l’architecture construite en bois. Enfin, le quatrième chapitre présentera l’expérimentation finale que nous avons mené auprès de concepteurs pour valider l’ensemble de la méthode proposée.

Chapitre 1 : CONCEPTION ARCHITECTURALE ET REFERENCES IMAGEES.

«On a prétendu que j'avais imité l'Egypte. C'est faux. Vous savez d'où vient l'idée. Des jardins de Le Nôtre. eh bien ! dans toutes ses compositions, vous retrouverez le même motif : un carré divisé en quatre par ses diagonales, c'est-à-dire vue en plan, une pyramide. »

Pei (sur la pyramide du Louvre à Paris), 1993

INTRODUCTION

La conception architecturale est une activité durant laquelle les concepteurs manipulent des données nombreuses et hétérogènes. Celles-ci sont nécessaires pour conduire un processus qui se caractérise à la fois par un enrichissement sémantique et par une réduction des incertitudes.

Les données « de départ », celles qui sont présentes dans le programme, ne permettent en général que de situer le problème de conception. Elles doivent donc être d'une part interprétées et d'autre part enrichies pour être intégrées au processus de conception. Ce traitement va permettre au concepteur de transformer ces données brutes au départ en « données utiles » pour le projet.

Pour répondre aux besoins du programme le concepteur doit passer d'une information nécessaire mais pauvre à des solutions satisfaisantes et riches de contenu. Les informations présentes dans le programme ne constituent donc que les données de base du problème de conception. Le moyen d'atteindre la solution de ce problème n'est jamais précisé dans le programme, il dépend de la seule appréciation du concepteur. Par exemple, les qualités architecturales d'un espace ne se réduisent pas à ce qui est présent dans le programme. Les qualités d'ambiance, ou de parcours, les dimensions esthétiques ou symboliques figurent rarement dans la liste des exigences du programme, dont les données sont principalement de nature surfaciques, fonctionnelles ou encore économiques ; c'est pourquoi le concepteur devra les transformer en espaces et ouvrages.

Dans ce premier chapitre, nous présentons un questionnement sur les différentes données manipulées durant le processus de conception et sur leur apport dans le projet ; nous focaliserons notre étude sur les moyens qui permettent au concepteur de poser son problème de conception et d'en avancer la résolution, mais surtout de l'enrichir.

1. LES DONNEES DANS LA CONCEPTION

Les données manipulées durant l'activité de conception peuvent être de plusieurs types. Certaines sont issues du programme donné par le maître d'ouvrage, d'autres proviennent de sources différentes qui vont du contexte de conception au contexte de production ou encore qui appartiennent à la culture propre du concepteur. Les données manipulées peuvent être regroupées en trois catégories différentes :

- Les données programmatiques
- Les données contextuelles
- Les données référentielles

1.1 LES « DONNEES PROGRAMMATIQUES »

Ce sont les données présentes dans le programme fourni par le maître d'ouvrage au concepteur. Les données programmatiques sont de nature principalement quantitative et fonctionnelle. A titre d'exemple et de manière simplifiée la demande du maître d'ouvrage peut être formulée ainsi « construire sur une parcelle de mille mètres carré une école maternelle comprenant cinq classes de soixante mètres carrés chacune répondant au cahier des charges d'un bâtiment public et dont le coût d'objectif est fixé à 420 000 Euros ».

Les données issues du programme vont constituer le point de départ du travail de conception. Mais elles sont insuffisantes et parfois incertaines. Ces données nécessitent du concepteur une interprétation dont le résultat conduira à des solutions qui pourront avoir pour partie des caractéristiques différentes des données de départ. Louis Kahn a parfaitement montré qu'un concepteur interprète continuellement les données présentées dans le programme et transforme, entre autres, les mots en espaces et les chiffres en proportions : « Le client demande des surfaces, l'architecte doit lui donner des espaces. Le client a en tête des couloirs, l'architecte trouve des raisons de faire des galeries ; le client parle d'un hall, l'architecte l'élève au rang d'espace » [Rivalta, 2003, p 218].

Le concepteur utilise ces données du programme comme point de repère, à la fois amorce d'un travail de mise en forme et support de vérification des décisions prises. Ainsi Louis Kahn précise : « L'architecte doit considérer le programme simplement comme un guide » [Rivalta, 2003, p 211].

1.2 LES « DONNEES CONTEXTUELLES »

Ces données ne sont pas fournies dans le programme, mais sont induites par le contexte du projet. Elles correspondent par exemple aux normes et réglementations concernant différents aspects du projet comme son accessibilité à des personnes à mobilité réduite ou sa conformité à des règles de protection incendie ou encore à des normes parasismiques sur des terrains à risques, etc. Mais elles correspondent aussi à des données de type géographique, climatique ou urbaine.

Vécues parfois comme une contrainte, un écart existe entre les données contextuelles et leur traitement ; c'est pourquoi elles sont aussi interprétables. Leur interprétation est la reconnaissance d'une valeur incontournable, mais qui n'exclut pas des choix dans la manière de les prendre en compte. L'architecte, pour répondre à un alignement, peut décider de mettre un muret en limite, une façade le long de la rue, voire comme Livio Vacchini à l'école d'Architecture de Nancy, fabriquer une colonnade d'écrans biais.

1.3 LES « DONNEES REFERENTIELLES »

Les données référentielles appartiennent à un troisième registre qui peut être complètement disjoint du registre précédent et relève d'autres univers de connaissance comme les arts, l'anatomie ou la botanique. Grâce aux données référentielles, le concepteur interprètera les données précédentes -programmatiques et contextuelles- et donnera forme au projet ; aussi les développerons-nous davantage, car l'interrelation des trois types de données conduit à la globalité du projet.

Les données référentielles, lorsqu'elles sont utilisées pour interpréter les données programmatiques, permettent de définir l'objet à concevoir en lui donnant un cadre et des limites. Par exemple face au programme d'une bibliothèque pouvant accueillir 500 personnes, le concepteur connaît le nombre de salles de lecture, mais il en ignore encore la forme, la structure, etc. : rien ne lui est précisé quant à l'espace et à son organisation… Un programme contient certaines données, mais pas les moyens nécessaires pour lier ces données entre elles : « La difficulté est alors de combiner et d'organiser les différents éléments de solution obtenus par simple déduction, par simple application pour assurer une cohérence au résultat et arriver à une totalité à partir de sous-ensembles distincts et la plupart du temps hétérogènes » [Prost, 1992, p 64]. C'est en partie le rôle des données référentielles que d'aider à faire avancer le projet.

Les données référentielles touchent à des domaines très variés et sont de natures diverses : environnement de la réalisation future, bâtiments réels, sons, images, odeurs, souvenirs, descriptions littéraires, etc. Elles sont nécessaires car, comme nous l'avons vu, les données issues du programme sont insuffisantes pour mener à bien un travail de conception.

On peut classer ces données en deux types. Il existe des données référentielles qui n'appartiennent pas au domaine de l'architecture [Moore et Allen, 1981] (musique, couleur, nature, …) et les données référentielles qui appartiennent au domaine de l'architecture (bâtiment-référence, style architectural, typologies d'occupation d'une parcelle, etc.) (cf plus loin 4.1.1).

En nous appuyant sur les propos de Louis Kahn pour la conception d'un couvent en Californie nous pouvons faire apparaître les fonctions suivantes des données référentielles.

- **Ces données contribuent à mieux formuler le problème de conception :** elles permettent de compléter les données nécessaires à la formulation des problèmes ou de définir de manière plus précise les problèmes de conception. Ainsi, dans [Rivalta, 2003, p 189] « Récemment, on m'a demandé de construire un monastère en Californie.[...] Les moines m'ont demandé ce que je pensais des monastères. Naturellement c'était la première fois que je prenais contact avec un

monastère. Je savais ne pas être tenu de savoir grand chose des rituels de la vie monastique, parce que je suis essentiellement un architecte. [...] Quand j'appris qu'ils avaient trouvé de l'eau dans ce désert, je me rendis compte qu'ils avaient à leur disposition ce qui permet à un monastère d'exister effectivement ». Au début de son travail de conception, Kahn n'avait aucune idée précise de ce qui allait guider son activité et ses principes. Ayant pris connaissance de cette information cruciale, le fait que les moines aient trouvé de l'eau dans le désert, il savait qu'un des éléments fondamentaux qui constitueraient son plan serait l'eau.

- **Ces données aident à résoudre le problème de conception :** une fois qu'il a été clairement identifié . « Quand un moine me demanda quel sera le plan du monastère, je répondis : 'La première chose que je ferais (excusez-moi si je vais à l'encontre de ce que vous considérez au contraire important) serait de construire une chapelle d'où l'eau s'écoule.'» [Rivalta, 2003, p 190].

- **Ces données font émerger de nouveaux problèmes non identifiés au départ du travail** : pour continuer notre illustration par des exemples de Kahn, la présence de l'eau et son utilisation dans le monastère entraînent la conception d'ouvrages la contenant ou l'acheminant : « Je compris alors que l'eau ne se trouve pas nécessairement dans les tuyauteries. […] je pense que nous devrions construire une architecture d'eau et de citernes et de réservoirs… conçus non au hasard mais assez soigneusement, selon des formes et des dimensions propres. Je construirais ensuite de modestes ou de grands aqueducs pour relier les sources avec les lieux opportuns, en profitant de la loi de gravité et en prévoyant de bonnes pentes pour éviter de vous faire dépenser un centime de plus que le strict nécessaire » [Rivalta, 2003, p 190].

Les données manipulées durant l'activité de projet, de quelque nature qu'elles soient, aident à définir, précisent, approfondissent et relancent le processus de conception ; elles sont utilisées par le concepteur à tout moment de son travail, qu'il en soit à la phase initiale du projet (Cf. eau) ou à un état plus avancé de décision.

L'ensemble de ces données manipulées sont porteuses de sens pour le projet. Le sens attribué enrichit, globalement ou localement, l'objet en train d'être conçu.

Reprenons à nouveau l'exemple de Louis Kahn pour le projet d'une cité pour étudiants dans lequel il va explicitement convoquer plusieurs références dont celles antérieures du monastère. Le problème que fait émerger Kahn de l'analyse du programme est la relation entre les bâtiments qui doit être faite de dialogue et de différence. « Le plan vient de mon intuition du monastère. L'idée de la salle de séminaire et sa signification 'apprendre' étendue aux maisons des étudiants qui viennent de la Harvard Business School. L'unité des bâtiments scolaires, des maisons des étudiants et des maisons des

enseignants – chacune ayant sa propre nature, et cependant toutes proches les unes des autres – fut le problème que je me donnais. Le lac entre l'étudiant et l'enseignant est une sorte de distance de petite dimension. Quand j'ai trouvé cette idée, les maisons des étudiants tendaient psychologiquement à se séparer de l'école, bien qu'il n'y eût pas de distance appréciable entre elles ». [Rivalta, 2003, p 168].

Outre la réutilisation d'une donnée référentielle déjà invoquée dans l'œuvre antérieure de L. Kahn, nous constatons mieux comment la multiplication de données référentielles contribue à fabriquer la consistance et le sens d'un projet. Dans la suite de ce travail et afin de faciliter l'écriture, nous appellerons références ces données référentielles.

2. LES REFERENCES

Dans cette partie, nous centrerons notre réflexion sur ce qu'est une référence et surtout sur le rôle qu'elle joue dans le processus de conception architecturale. Dans un premier temps, nous présenterons les différentes définitions du mot référence dans ses acceptions communes.

2.1 QUELQUES ACCEPTIONS

Le mot référence renvoie à plusieurs définitions. Ces définitions dépendent des domaines et des personnes qui l'emploient. Au sens général, une référence correspond à un « point ou repère que l'on a choisi ou déterminé au préalable comme cadre pour situer et résoudre un problème ». Toutefois, d'autres sens ont été identifiés [Web TLFI]:

- **Repère mathématique ou point d'ancrage :** par exemple, lorsque nous donnons à un point A les coordonnées (2,5) dans un repère orthonormé XOY, cela signifie que ce point se situe à l'intersection d'un axe parallèle à 0Y à une distance de cinq unités de longueur et d'un axe parallèle à 0X à une distance de deux unités à partir du point O. Le repère – référence est ici ce qui sert d'origine aux mesures, ce qui permet de localiser un élément, etc.

- **Liste d'ouvrages auxquels se réfère un auteur :** dans le cas de cette thèse par exemple nous retrouvons très souvent les ouvrages de Robert Prost (Concevoir, inventer, créer), Michel Denis (Image et cognition) ou encore Eleanor Rosch (Classification des objets du monde réel) ; ces ouvrages constituent les documents qui font autorité, de notre point de vue, par rapport aux hypothèses posées et auxquels renvoie une grande partie des idées de cette thèse. La référence sert alors d'ancrage, de point d'appui, cadrage et horizon d'un travail de recherche.

- **Ouvrage bibliographique :** non destiné à être lu dans sa continuité mais plutôt à être consulté comme ‘exemple’. Dans ce cas, nous retrouvons le plus souvent les dictionnaires, tels que [Le Dicobat, 1996] ou encore [Le Petit Robert, 1992], [l’Encyclopédiae Universalis, 2004] [Web TLFI]… On peut également renvoyer à ce sens ce qui constitue un album d’échantillons, quels qu’ils soient : la référence apporte une précision par rapport à une interrogation, un doute, un besoin ponctuel d’information.

- **Renseignements donnés :** par quelqu’un sur une personne à la recherche d’un emploi, d’une affaire, etc., informations généralement ‘positives’ qui attestent de son comportement, de ses qualités et représentent une garantie morale pour ceux auxquels elle se présente. La référence devient alors une caution, une recommandation, une reconnaissance de valeur (positive ou négative) pour quelqu’un « d’ignorant » sur « quelque chose ou quelqu’un d’inconnu ».

2.2 UNE DEFINITION

Origine, ancrage, point d’appui, précision locale, recommandation, les différentes définitions que nous venons de proposer montrent qu’une référence a quelque chose à voir avec de la valeur et consiste principalement en la mise en rapport de deux univers, deux domaines ou encore de deux personnes. Ainsi, dans les définitions précédentes, l’acte de référer permet de lier un objet ou élément quelconque, souvent peu connu, voire inconnu et à explorer, à un autre objet qui est, au contraire, une source généralement connue, soit par convention, soit par expérience, etc. Aussi, ce que l’on nomme référence peut-il être considéré comme la base ou la source à laquelle est lié quelque chose d’autre : pour reprendre les exemples cités précédemment, la recommandation de qualités professionnelles est liée à la personne qui en constitue la source, le repère mathématique fonde l’origine à partir de laquelle un point peut être positionné dans l’espace ou encore la liste d’ouvrages établit les sources d’un sujet quelconque.

Ainsi, pour nous, une référence est un élément porteur d’information(s) qui permet d’apprécier quelque chose qui lui est « extérieur », de compléter des informations manquantes sur une idée, de lever des incertitudes, des imprécisions, bref de mieux connaître, voire d’engendrer quelques opérations, définir un problème ou encore le résoudre grâce au savoir que la référence apporte. Elle établit donc une mise en relation de deux univers où l’un va venir enrichir le sens de l’autre [Gosselin, et al, 1998].

3. LES REFERENCES DANS LA CONCEPTION

Dans un processus d'émergence d'une organisation nouvelle, il est fréquent, pour le concepteur, de s'inspirer de sources diverses. Quel que soit le degré de complexité et de précision des données d'un problème de conception (présentes dans un programme[1], par exemple), ces énoncés ne peuvent contenir à eux seuls l'ensemble des éléments opératoires capables de définir une solution. Concevoir impose donc d'introduire « des données » externes au problème de départ [Prost, 1992, p 31]. Il existe cependant plusieurs types de sources, de références qui interviennent à des moments variés du processus de conception ; elles peuvent provenir d'acteurs [Hanrot, 2002] différents et prendre sens à tout état du projet de conception.

Nous considérerons ici les références comme des données informatives dont le concepteur s'empare pour mener à bien son projet (Cf. 1.1.1). Elles présentent des caractéristiques complexes que nous allons détailler.

3.1 CARACTERISTIQUES DE LA REFERENCE DANS LE TRAVAIL DE CONCEPTION

On a vu que, durant le processus de conception architecturale, des données nombreuses, provenant de domaines très variés, alimentent le travail du concepteur. Ces informations multiples, qui précisent des éléments de repère, orientent le projet et donnent du sens au problème posé ou à poser, présentent des traits communs :

- **Une référence s'utilise à n'importe quel moment de l'activité de conception :** durant le processus de conception, l'objet à concevoir passe de l'état de projet (abstrait) à l'état d'objet concret (réalisé, matérialisé). Le passage d'une construction mentale à une construction matérielle revient à transformer une solution conçue en une solution concrétisée. Le concepteur utilisera une donnée nouvelle, une nouvelle référence pour l'aider à changer d'état l'objet à concevoir, faire évoluer le problème qu'il pose, ou encore l'aborder d'un point de vue nouveau. C'est l'idée même du projet qui évolue dans le temps et passe successivement d'un état à un autre. On peut ajouter que, même s'il existe une logique liée à un état du projet qui induit une direction, et une précision plus importante en termes de détails, il n'existe pas de règle dans l'utilisation des références. Dit autrement, ce n'est pas parce que le concepteur se trouve à la phase APD que ses références doivent être d'un niveau technique. Ainsi, c'est au tout début de son activité de conception que Jean Nouvel a décidé d'utiliser le principe du moucharabieh[2] pour la façade sud de l'Institut du

[1] Cf les données «programmatiques».

[2] Selon le Dicobat un moucharabieh est une grille de bois ouvragé, ou panneau ajouré de petits motifs géométriques décoratifs,occultant une baie en permettant de voir sans être vu. Ce type de clôture est répandu surtout dans les pays musulmans.

Monde Arabe à Paris ; une décision tout à fait locale, le choix d'un dispositif d'éclairement et de vue repris du monde méditerranéen pour une façade particulière, précisait cette partie du projet à un autre niveau que le reste du projet. La manière, par exemple, de tenir le mur-rideau de la façade nord a été, elle, mise au point bien plus tard.

- **La référence choisie oriente le projet :** s'il est parfois aisé d'identifier le point de départ (l'énoncé du problème) et le point d'arrivée (la solution conçue), le processus qui caractérise cette transformation est plus difficile à expliciter. En d'autres termes si, lorsqu'on conçoit, on sait d'où l'on part et où l'on est censé arriver, les étapes pour passer de l'étape initiale à l'étape finale sont loin d'être clairement définies [Prost, 1992]. Cependant, les propos de concepteurs montrent combien un élément particulier d'information peut, à tout moment du processus – on l'a vu – générer une direction de projet, infléchir des orientations, voire bouleverser des décisions prises, cf. ce que dit Kahn sur l'eau en 1.2.1.

- **La référence est non hiérarchisée :** cette caractéristique de la référence rend compte du fait que l'ensemble des données du programme du maître d'ouvrage et celles auxquelles se réfère, de manière « externe » le concepteur, ont la même valeur dans le processus de conception ; aucune n'est, a priori, plus importante qu'une autre en ce qui concerne leur rôle. Dans son discours, le concepteur peut valoriser davantage l'une ou l'autre de ces références, mais, dans le processus de conception, elles produisent le même « effet ». Ainsi, le programme de départ induit la prise en compte de plusieurs dimensions très différentes les unes des autres mais tout à fait complémentaires entre elles : sociales, économiques, techniques, esthétiques, temporelles, … Réaliser un édifice réclame une information et une décision sur un ensemble de domaines extrêmement variés.

- **La référence renvoie à de nombreux acteurs :** concevoir un projet architectural met en présence plusieurs acteurs différents [Prost, 1995, p 28]; porteurs d'informations et de points de vue qui leur sont propres, ils sont à l'origine de caractéristiques de l'objet et d'objectifs de projet à atteindre, qui déterminent la solution à concrétiser.

  On trouve ainsi les acteurs qui énoncent les données du problème comme le maître d'ouvrage, par exemple. Quand ce dernier établit un programme, il formule un besoin mais il peut aussi véhiculer en même temps des références. Lors de la construction de la salle du Zénith à Paris, le maître d'ouvrage, après une consultation d'artistes, a exigé des concepteurs de concevoir une salle sans structure verticale apparente sur le modèle d'un amphithéâtre ouvert sans obstacle visuel.

Au maître d'ouvrage s'adjoignent ceux qui formulent le problème et trouvent la solution : architecte, maître d'œuvre, ingénieur, etc. Dans la plupart des projets, le concepteur n'est pas unique. Cette pluralité d'acteurs engendre une multitude de points de vue sur le problème à résoudre. Il va de soi que chacun possède ses propres références lors de la conception de ce projet commun.

Prenons le cas de la conception de ponts : l'ingénieur-conseil Michel Virlogeux convoque des références qui associent formes et performances liées à l'épaisseur du tablier et celle du type de structure « Pour le pont de Bourgogne, à Chalon-sur-Saône, je me suis inspiré de travaux de Pierre Xercavins, […] Dans mon projet, les voitures sont en haut et les piétons décalés. Ainsi avec un tablier d'une hauteur de 1,03m, on obtient une inertie identique à celle d'un caisson de 1,03m. Mais le profil est beaucoup plus fin car il reste dans la logique structurelle et esthétique d'une dalle mince. » [Laurent, 2000, p 37]. Alors que l'architecte Laurent Barbier emprunte des références à des univers formels plus symboliques « pour le pont du Var à hauteur de Puget-Théniers, dans les Alpes-Maritimes il dit … j'ai voulu un ouvrage raffiné et minimaliste, capable de fonctionner comme un étalon visuel. J'ai cherché l'équilibre entre les éléments verticaux et horizontaux : les pylônes sont conçus comme des crayons verticaux et le tablier comme une règle blanche, l'ensemble dessinant une équerre toute simple » [Guérard, 2004, p 27]. Ingénieur et architecte ont chacun des références métiers différentes.

Cette co-présence de références, qui informent le projet de manière parfois contradictoire, peut cependant être vecteur d'une compréhension mutuelle des images et des points de vue portés par chacun, et d'un enrichissement et d'un approfondissement du problème et de la solution proposés.

- **La référence relève d'univers multiples :** Plusieurs études des processus mis en œuvre par les concepteurs durant leur travail ont démontré que la référence utilisée pour atteindre la solution du problème de conception pouvait prendre plusieurs formes et être de nature variée [Scaletsky, 2003, p 21-28].

Dans l'exemple de l'hôpital pour enfants « Robert Debré » conçu par Pierre Riboulet les références proviennent de la musique « Le 21 juin ... La dernière fugue de l'Art de la Fugue qui s'interrompt d'une façon à la fois dramatique et sereine parceque Bach est mort à ce moment. Composition de la musique et composition de l'architecture, si proches par certains côtés. Comment cependant exprimer ce tragique-là avec ces réseaux, ces volumes, ces nécessités fonctionnelles? Comment faire vibrer? L'hôpital comme une composition avec la mort. La petite maquette parle sous la lampe. La lumière fait sonner ces espaces; il faut maintenant organiser, bâtir, trouver le rythme fort qui va soutenir l'édifice entier, il faut introduire la rigueur et la

souplesse de la fugue dans ce bâtiment. » Pierre Riboulet [Riboulet, 1994, p 40]. Nous remarquons ici que la référence est la musique de Bach.

Nous pouvons également évoquer l'exemple des coquillages pris comme références par Le Corbusier pour concevoir le Musée à Croissance Illimitée ou encore celle d'une image d'un des films de Ginger Rogers et Fred Astaire pour un bâtiment de F. Gehry (Figure 1)

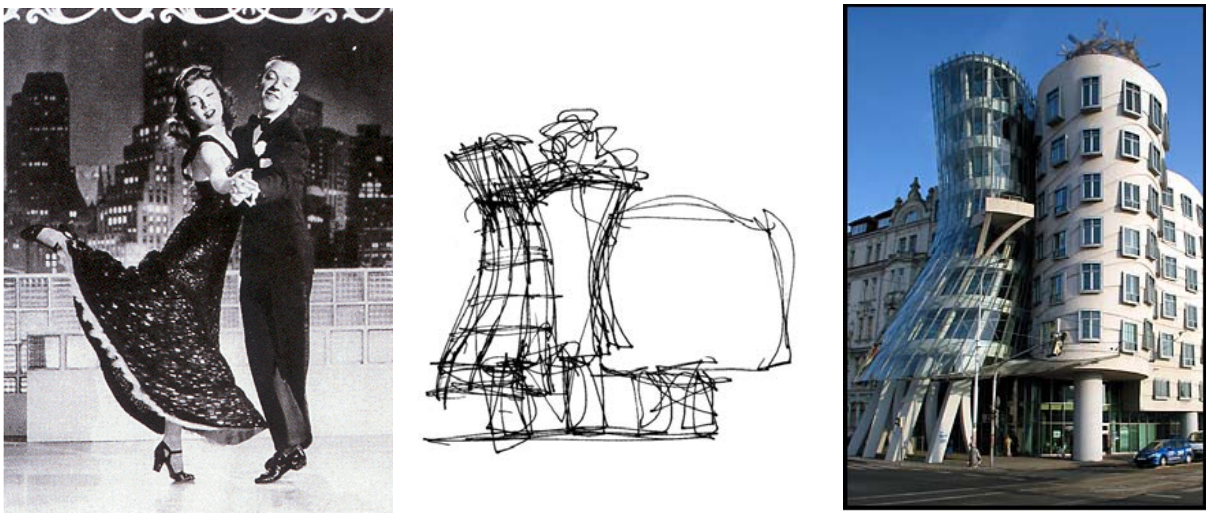


Figure 1: Fred Astaire et Ginger Rogers / « Tancicky Dum» ou « l'immeuble qui danse », Prague, Frank O. Gehry, 1995.

Nous voyons bien, dans les deux exemples concernant la musique et la danse, que, quand bien même elle est facilement énonçable - Bach, Rogers et Astaire-, la référence non-architecturale autorise beaucoup de spéculations sur la manière dont elle « inspire » le concepteur. La description de ses effets particuliers dans le projet reste difficilement accessible même dans le cas plus « visuel » de l'image du couple dansant en regard du bâtiment de Gehry.

En revanche, à l'Institut du Monde Arabe, « Jean Nouvel a combiné le besoin d'ombre avec le modèle du « moucharabieh » et avec l'idée d'un diaphragme de contrôle de la lumière des lentilles d'équipements photographiques [...] Le résultat est un gigantesque écran islamique percé, qui fait de cet édifice « high-tech » une référence permanente à l'architecture traditionnelle islamique. » [3] [Heylighen, 2000, p 10]. Celso Scaletsky commente cette utilisation de la référence à la fois technique (diaphragme) mais aussi sociale (occultation à des regards étrangers) pour concevoir la façade sud de l'Institut du Monde Arabe. Dans ce cas, la référence est beaucoup plus facilement

[3] En anglais dans l'original : « […] Jean Nouvel combined the need for sun shading with a 'Moucharabieh' pattern and the idea of a light-controlling diaphragm in a camera lens […] This resulted in a giant Islamic pierced screen, which makes this modern high-tech building a permanent reference to traditional Islamic architecture. »

accessible et perceptible car elle est issue du domaine de l'architecture ; du moins en ce qui concerne le moucharabieh (Figure 2).

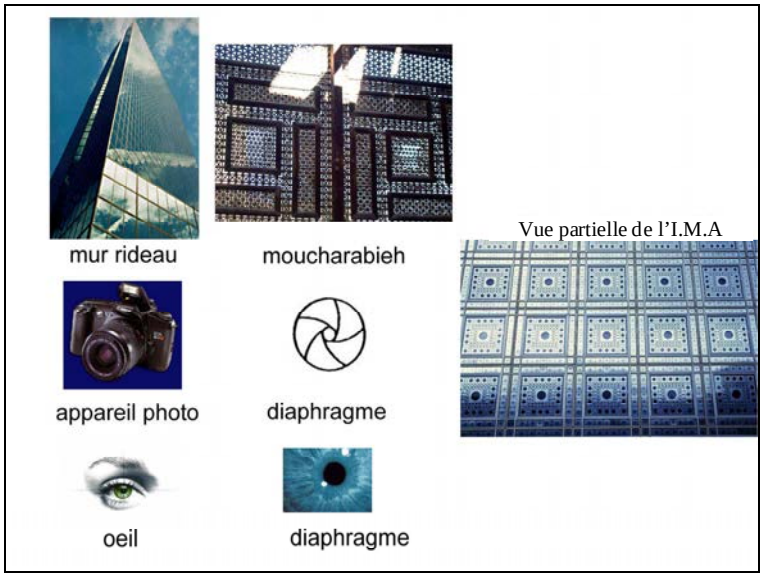


Figure 2 :Institut du Monde Arabe, Paris et les références à l'idée « d'occultation » [Scaletsky, 2003, p 23].

3.1.1 Conclusion sur la référence dans le processus de conception

Grâce à cette suite de caractéristiques, nous nous rendons compte qu'une référence peut relever d'univers très divers et intervenir à des moments différents du processus de conception. Qui plus est, sa valeur n'est pas intrinsèque : nous ne pouvons considérer que telle donnée-référence est plus importante que telle autre. Rien, a priori, dans la donnée ne permet d'en juger la pertinence, puisque c'est le concepteur qui, en décidant d'utiliser telle ou telle information, « transforme » la donnée en référence. Ainsi, il l'emploie soit pour compléter ses propres images mentales, soit pour apporter des précisions supplémentaires sur un objet à concevoir, ou encore, par exemple, pour énoncer un problème de conception, voire le résoudre ou bien évaluer la solution apportée.

Devant l'immense variété des formes potentielles que peut revêtir une référence durant l'activité de conception, nous avons décidé de restreindre le champ possible des références à celles qui appartiennent au domaine de l'architecture, plus particulièrement nous avons restreint ce champ à celui des ouvrages architecturaux.

3.2 LIMITATION DU CHAMP DE LA REFERENCE

Nous avons posé la référence comme une donnée qui informe le concepteur dans son travail de création. Ressortissant, on l'a vu, à des univers très variés, nous pouvons cependant distinguer dans les références (cf 2.2.2) :

- Celles qui relèvent de domaines qui lui sont extérieurs : peinture, sculpture, musique, sociologie, philosophie… Leur variété, leur hétérogénéité, bref l'amplitude de leurs possibles demanderaient une réflexion qui déborde largement le sujet de cette thèse [Scaletsky, 2003].

- De celles qui appartiennent en propre au domaine de l'architecture, et plus particulièrement les édifices construits, les documents techniques, les images publiées dans des revues spécialisées…

C'est pourquoi nous nous attacherons aux seules références associées au domaine de l'architecture, et plus particulièrement à celles qui renvoient aux objets architecturaux proprement dits.

La littérature sur la modélisation [Zreik et Trousse, 1997] des objets architecturaux utilise généralement deux classes de description. La première organise des **espaces** en volumes, surfaces, lieux etc. qui rendent compte de l'agencement d'objets particuliers . L'autre mode de classification découpe des parties physiques, des **ouvrages**, qui délimitent, remplissent, construisent les objets architecturaux, s'attachant aux matériaux et aux techniques de leur mise en œuvre. C'est à cette manière de voir que nous nous identifions, réduisant délibérément la notion de référence à celle d'élément physique constituant les ouvrages d'un édifice.

Cette restriction de la référence à la notion d'ouvrage permet d'aborder la conception architecturale du point de vue particulier de l'architecture réalisée et construite [Zreik et Trousse, 1997]. L'aspect construit alimente tout autant que d'autres sources le processus créatif d'un concepteur, car lorsqu'un architecte perçoit un bâtiment, sa vision s'accompagne d'hypothèses sur l'organisation interne, la structure du bâtiment [Boudon et al, 1994], se focalise sur des éléments constructifs, s'interroge sur des mises en œuvre.

Ching considère que les éléments physiques constituant un édifice quelconque en sont l'alphabet [Ching, 1996, p IX]. Un concepteur expert possède généralement une grande partie du vocabulaire (alphabet), et de nombreux modèles de mises en œuvre (règles et syntaxe). Il peut cependant chercher de l'aide pour des projets nouveaux (dissertations et nouvelles) ; aide que les références peuvent lui

apporter, en balisant son champ de recherche, en éclaircissant le problème posé, en proposant une solution parfois conventionnelle, plus souvent exceptionnelle.

3.3 « FORMES CANONIQUES » DE LA REFERENCE, LE MOT ET L'IMAGE

Bien que les odeurs ou les sons puissent être invoqués, les références architecturales sont principalement véhiculées sous deux formes, verbales (ou textuelles) et graphiques. Les références verbales sont transmises par 'des mots' et les références graphiques sont transmises par 'des images'. Voyons en détail les particularités de ces modes de transmission de l'information, tous deux appliqués au domaine de l'architecture.

3.3.1 Les mots

Les mots transmettent de l'information de manière séquentielle et successive. L'information textuelle représente une suite ordonnée de mots, d'idées ou encore d'unités sémantiques de base appelées "morphèmes", qui la composent. Aussi, pour comprendre le sens d'une phrase faut-il d'abord avoir compris le sens de chacun des mots la composant. Il existe également un sens dans la lecture que nous devons à tout prix suivre si nous voulons cerner le sens d'une phrase. Si, par exemple, nous lisons à l'envers une phrase, nous ne pouvons en saisir le sens. Lors de la lecture, il y a conflit entre l'activité même de lecture, qui sollicite directement le système visuel, et les tentatives de visualisation des relations spatiales décrites par une phrase [Denis, 1989, p 107]. Chaque « chose » ayant un nom, le mot, s'il est connu, a cependant une grande valeur descriptive ou même prescriptive ; et un mot ou texte peuvent être très évocateurs.

Cette qualité particulière du mot lui confère la possibilité de se constituer en référence. Afin d'illustrer nos propos, considérons le cas de la conception du terminal de la Transworld Airlines de New-York, l'architecte Saarinen [Boudon, 1994] a imaginé le bâtiment à partir du mot « envol » ; ainsi son projet pouvait traduire le côté « excitant et dramatique » du voyage. Le résultat en a été la structure particulière couvrant l'espace dans sa totalité. Tout le monde a associé cette forme à celle d'un « oiseau », pur hasard, dira l'architecte. Dans ce cas précis, le mot « envol » a joué le rôle de référence.

3.3.2 Les images

La particularité principale d'une image est qu'elle permet de transmettre une grande quantité d'information instantanément. L'image n'est cependant pas perçue immédiatement en entier : ce que nous pouvons voir correspond à la taille limitée de notre cornée ; mais l'œil balaye très rapidement ce qu'il a dans son champ « visuel » et c'est ce qui nous donne cette impression de globalité de l'image.

« On ne voit que ce qu'on regarde. Que serait la vision sans aucun mouvement des yeux, et comment leur mouvement ne brouillerait-il pas les choses s'il était lui-même réflexe ou aveugle, s'il n'avait pas ses antennes, sa clairvoyance, si la vision ne se précédait en lui ? » [Merleau-Ponty, 1964, p 17]. Merleau-Ponty met toutefois en avant une des difficultés du caractère global de l'appréhension de l'image, la tendance de l'esprit à n'y voir que ce qu'il y projette laissant ainsi « échapper » de l'information contenue.

L'autre particularité de l'image est que, contrairement au mot, elle ne nécessite pas de sens préférentiel dans sa lecture. A condition d'être comprise, elle demande, de ce fait, beaucoup moins de temps pour être interprétée. Dans un document architectural, elle donne à voir ou suggère la fonction de l'élément présenté, car elle l'installe dans un contexte. Enfin, la différence fondamentale entre mots et images provient du fait que les mots comme stimuli ne présentent pas de caractéristiques formelles qui privilégient l'accès à telle ou telle partie des concepts. Les dessins ou les images, en revanche, comme signes des objets, contiennent une représentation immédiatement accessible de la partie figurative[4] des concepts [Denis, 1989, p 171].

3.3.3 Un cas particulier de l'utilisation des images et des mots : les CBR et CBD

La relation bâtiment-mot-image est très souvent mise en oeuvre dans le domaine de l'architecture. Nous savons que les images sont couramment exploitées dans le domaine de la conception et le concepteur a tendance à nommer et identifier ce qu'il visualise sur l'image, principalement lorsqu'il est en situation de définition/résolution de problème.

Une des stratégies utilisées pour résoudre un problème de conception concerne l'étude des réalisations architecturales existantes. Ce moyen est souvent désigné comme « raisonnement à base de cas » [Heylighen, 2000]. Le principe du CBR (Case Based Reasonning) appliqué au domaine de l'architecture a été décliné en « conception à base de cas » (Case Based Design). Un cas en architecture est une solution existante proposée par un concepteur en réponse à un problème donné. Les méthodes et outils orientés CBD analysent ce cas par le biais de questionnaires ou d'entretiens avec le concepteur afin de retracer la logique et le processus ayant permis d'aboutir à la solution réalisée. Le but de l'étude est de permettre à un autre concepteur ayant un problème similaire ou différent d'utiliser la même démarche pour mieux identifier son propre problème, voire pour le résoudre.

[4] Nous aborderons plus loin dans ce chapitre (cf 8.1) une ébauche sur les traits sémantiques que nous développerons au chapitre 3.

L'étude des cas architecturaux peut porter sur la forme, le concept utilisé, l'organisation spatiale, le contexte, l'aspect technique… Chacun de ces aspects peut donc être totalement ou partiellement repris par un concepteur. Solutions de projets précédents, ils représentent des objets architecturaux en les découpant par rapport à des points de vue nommés. Sous cet angle les systèmes [Simon, 1990] CBD et CBR sont dans l'étude de la singularité des cas ; ils mettent ainsi en rapport d'une part des objets architecturaux (bâtiments physiques), d'autre part des images (éléments représentés) et enfin des mots (points de vue spécifiés). Cette relation triple entre bâtiment / images / mots nous paraît essentielle à expliciter dans la question de la référence ; c'est pourquoi il nous semble important d'évoquer ici ces approches. Nous sommes, quant à nous, plutôt dans l'étude de l'exemplarité des cas. La connaissance que nous extrayons d'une réalisation existante consiste en des concepts suffisamment généraux pour qu'ils puissent s'appliquer à un ensemble de projets. Nous avons focalisé notre travail sur le rapport mot / image dans des références construites partagées par des personnes ayant des bases communes de connaissance, vues essentiellement sous l'aspect physique comme on le verra plus loin.

3.3.4 Conclusion sur l'utilité des images et des mots dans la conception

Restreignant le monde des références possibles à celles des objets architecturaux, nous avons délibérément opté pour une description des ouvrages physiques en termes de mots et d'images. Pour reprendre la métaphore de Ching, dans le cas des références par ouvrages physiques, les mots ont valeur de lexique : à chaque ouvrage, sa description langagière, parlante si le nom est connu ; les images ont valeur de syntaxe, analogon de réel dans l'organisation de leurs différents composants. Les images et les mots sont liés de manière particulière car il semble difficile que les unes (images) puissent exister sans les autres (mots), du moins dans le domaine de l'architecture. Les systèmes CBR et CBD, qui sont un exemple de système proposant des références architecturales à un concepteur, conjoignent bâtiment existant, images et mots. Mais, pour un concepteur, le mot et l'image ont-ils le même pouvoir évocateur ? Travail pour partie visuel, pour partie mental, associant systématiquement ou presque images et mots, un architecte, durant son activité de conception, manipule plusieurs types d'images. C'est cette variété d'images que nous présenterons dans la partie suivante.

4. MULTIPLICITE DES IMAGES DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION

Le mot image est polysémique. Nous nommons image, une vision d'un point de vue particulier d'un objet réel ou d'un modèle imaginaire. Une image de façon générale est une représentation visuelle ou mentale qui établit une relation de conformité avec l'objet représenté. Plus particulièrement et selon Moles [Moles et al, 1971, p 278] l'image est un support de la communication visuelle, susceptible de subsister à travers la durée, et qui constitue l'une des composantes principales des « mass média » (photographie, peinture, illustrations, sculpture, cinéma, télévision).

Dans le travail de l'architecte, l'image sert à faire émerger l'objet à construire, mais elle a aussi une fonction de communication. Utilisant autrefois des supports variés (calques, papiers…), l'image en conception est manipulée de plus en plus sur support numérique ; même si elle s'appuie parfois sur ces images « de recherche », la communication sur un bâtiment réel exploite le plus souvent, quant à elle, les techniques photographiques.

Dans un premier temps, nous présenterons deux types d'images utilisées dans le travail de conception, les images « mentales » et les images « réelles », puis nous nous attacherons au cas particulier que constitue, dans la communication, l'image photographique.

4.1 IMAGES MENTALES ET IMAGES REELLES

Nous focaliserons notre recherche sur deux types d'images différentes dans leur structure mais très similaires dans leur fonction : « les images mentales » et les « images réelles ». Voyons les particularités de chaque type d'image.

4.1.1 Les images mentales

Les images mentales[5] « constituent un modèle interne des objets susceptibles d'être utilisés à des fins de simulation en l'absence des objets ou en l'absence de possibilités d'intervention physique sur les objets» [Denis, 1989, p 28]. Une image mentale correspond à ce que l'architecte « a dans sa tête » [Lebahar, 1997, p 26]. Les images créées par le concepteur dans son esprit sont principalement des représentations schématiques abstraites, mais parfois aussi très concrètes : cf. la « vision » de l'hôpital des enfants de Pierre Riboulet dans son journal intitulé « Naissance d'un hôpital » [Scaletsky, 2003]. Elles ont la particularité de conserver la structure des relations spatiales entre les différentes entités, elles se prêtent donc jusqu'à un certain point à la « reproduction », qu'elle soit mentale ou matérielle. Cette particularité fait que les images mentales possèdent une certaine plasticité qui permet à la fois de prolonger des événements perceptifs mais également d'anticiper des états non réalisés du monde. Dans ce cas l'image est utilisée dans le contexte d'une préparation d'actions non encore effectuées [Denis, 1989, p 253-254], c'est donc une image anticipatrice.

Les travaux menés par Kaufman et Denis [Denis, 1989, p 231] ont montré le rôle des images mentales [Conan, 1990] dans le traitement des problèmes pour lesquels un sujet doit fournir une solution adaptée à une situation concrète. Cette solution est donnée sous la forme d'actions sur des objets physiques. « Par exemple, comment transvaser des billes d'un récipient dans un autre récipient posé sur une autre table distante de deux mètres, sans se déplacer. On dispose, pour résoudre ce problème,

[5] Définition d'une image mentale : une image mentale est une représentation schématique de la réalité. Cette représentation existe dans l'esprit d'une personne et est composée d'entités liées entre elles par des liens de nature différente.

de journaux, de ciseaux et de ficelle... » Les expériences de Kaufman montrent que les sujets qui résolvent correctement ce type de problèmes sont ceux qui ont le plus activement mis en œuvre des processus de visualisation.

Essentielles au processus de conception pour leur capacité anticipatrice, ces images sont cependant peu accessibles et surtout non « partageables », étant difficilement transmissibles à la différence des images réelles !

4.1.2 Les images réelles

A l'instar de l'image mentale, une image réelle[6] a pour principale fonction de rendre présents et accessibles des objets absents. Il est important de préciser que ce que nous considérons comme étant une référence n'est pas l'image elle-même, mais ce qui est illustré sur l'image. Représenter matériellement conserve cependant des données et permet d'y revenir. [Durand, 2003, p 72]. Il existe plusieurs types de représentations. :

- **Les dessins de conception :** sont une mise en forme de l'idée présente dans l'esprit du concepteur. Ils servent la plupart du temps à montrer les principes de composition du projet plutôt que certains détails. Leur rôle est de présenter les premières formalisations après la compréhension des données du projet ; ils sont en général des représentations simplifiées d'idées plus complexes et permettent de spatialiser les idées, les principes et les concepts [Durand, 2003].

- **Les dessins de réalisation :** qui, eux, sont plus détaillés et visent à formaliser le projet de la manière la plus précise possible avant son édification. Les documents graphiques dits « techniques » comme les plans, les coupes, les façades…, sont des dessins codés en général produits durant les phases avals du processus de conception. Ils présentent un niveau de détail plus complet que celui figurant sur les dessins de conception. Ces représentations produites ont la particularité d'évoluer dans le temps au fur et à mesure que l'idée du projet se précise. Leur rôle principal est de rendre compte de l'approfondissement du projet et de rendre intelligible l'étude en cours. [Durand, 2003, p 71].

- **Les dessins de communication :** servent à présenter un point de vue particulier du projet. Ce type de représentation est en général utilisé pour « vendre » au maître d'ouvrage le projet en fin de conception ou réalisé. Il existe plusieurs types de documents utilisés dans cette

[6] Ces images peuvent être de deux sortes. Des images construites par le concepteur au fur et à mesure de son parcours (croquis évoluant durant la conception et se précisant) et des images représentant un état fini d'une des parties du projet (photographies, croquis d'ambiance, maquette, …).

communication comme les vues en perspectives, les axonométries, les images photographiques, … Lorsque le projet est réalisé, présenté dans des revues spécialisées, ou encore dans la grande presse, le choix de la représentation est le plus souvent l'image photographique.

Quel que soit leur support, quelles que soient leur expressivité et leur fonction, les images réelles peuvent être conservées, reproduites, réutilisées à des fins différentes [Boudon et Pousin, 1988]. Ce sont elles qui nous intéressent dans une possible utilisation comme référence. C'est pourquoi, dans le paragraphe suivant, nous nous attarderons sur les supports de ces images multiples.

5. SUPPORTS REELS ET REPRESENTATIONS GRAPHIQUES

Dans le domaine de la conception architecturale, la représentation du projet est essentielle. Elle rend accessible au monde extérieur l'idée du concepteur, mais aussi elle lui permet d'avancer dans son processus de formulation/résolution de problème. Dans ce qui suit, nous évoquerons les représentations manipulées durant le processus de conception et nous détaillerons ce mode particulier de représentation qu'est l'image photographique.

5.1 LES DESSINS D'ARCHITECTURE

Les dessins d'architecture constituent un mode particulier de la représentation des objets architecturaux ou des espaces. Ils sont produits en général durant la phase de conception.

Les croquis par exemple extériorisent et font émerger les images mentales contenues dans l'esprit du concepteur. « La simulation graphique développée par l'architecte va au-delà de ce pouvoir de distanciation du monde réel, elle est un puissant moyen de résolution de problèmes et un tout autant puissant moyen de production » [Lebahar, 1997, p 20].

Les croquis sont un mode particulier de représentation car les codes ayant été utilisés pour les produire ne sont en général connu que par leur concepteur. Ils sont donc difficilement déchiffrables pour ceux qui n'en ont pas le code. Nous connaissons les dessins de Le Corbusier ou encore ceux de O.Niemeyer dont la lecture même pour des architectes avertis reste difficile.

Les dessins dits techniques sont un autre mode de représentation. Ils font appel à des figurations normalisées et symboliques afin de décrire ou de prescrire une solution. Nous sommes encore dans une représentation codée, mais qui est cette fois partageable entre les professionnels.

A chaque production graphique correspondent donc une légende et une syntaxe pour lire et interpréter correctement les dessins. La distance dans la ressemblance entre les figures graphiques des dessins

d'architecture et l'objet réel est importante au contraire de la photographie qui entretient une distance plus faible et donc un rapport plus immédiat. Cette contrainte liée à la connaissance du code et à la distance entre le représentant et ce qui est représenté nous a conduit à ne pas retenir ce type de représentation pour porter les références.

C'est pour cette raison que nous focaliserons notre réflexion et notre étude sur un mode particulier de représentation pour les réalisations architecturales existantes, « la photographie ».

5.2 LE CAS DE LA PHOTOGRAPHIE

Faire une image c'est d'abord regarder, choisir, apprendre. L'exemple le plus souvent donné est celui de la photographie. Qu'elle soit numérique ou argentique, la photo a cette particularité de venir de l'œil et de s'adresser à l'œil.

Un des rôles fondamentaux de l'image photographique est qu'elle permet de cristalliser le réel à un instant « t ». L'image photographique illustre souvent un état fini de solutions existantes. Elle permet dans ce cas de jouer le rôle de témoin rendant compte d'une situation existante mais inaccessible. Ces solutions sont valides car elles montrent à un concepteur « B » qui a un problème, une réponse satisfaisante déjà réalisée par un concepteur « A »

L'image physique est caractérisée par un support. Dans le cas des images photographiques courantes, l'image est la trace même de ce qu'elle représente : c'est la lumière émise par l'objet ou la personne photographiée qui vient impressionner la pellicule et en dégrader le nitrate d'argent [Joly, 1993, p 113]. Dans notre cas, les images que nous manipulons sont numériques. Elles représentent également la trace lumineuse des objets photographiés, mais le support est de nature différente. Ce support dit «numérique» consiste en des unités de base appelés pixels. L'ensemble de ces pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions constituant l'image finalement obtenue. Il s'agit de la restitution d'un objet réel : la photographie permet de noter scrupuleusement tous les aspects du lieu représenté, du moins selon l'angle choisi par le preneur de vues [Charboneau et Robert, 2001].

Compte tenu de notre intérêt pour les objets architecturaux comme supports d'exemplarité de solutions, et de la capacité de l'image photographique à en rendre compte, nous avons décidé de travailler à partir de ce support, et de développer plus spécialement ce « témoin du réel ».

5.3 DOIT-ON DIRE « SUR » OU « DANS » LES IMAGES

Ce qui suit détermine la façon dont nous qualifierons la relation existante entre les éléments figurés ou illustrés et le figurant comme support de représentation, c'est-à-dire l'image elle-même. Il est toutefois important de préciser que lorsque nous parlons d'image, nous parlons, bien entendu d'images réelles

ou plus précisément d'images photographiques. L'utilisation des prépositions « sur » et « dans » fait référence à l'expression de la « spatialité » dans le langage humain.

Quand employer l'expression « sur » ? Cette préposition est issue du latin « super » ou « supra ». Elle marque la position « en haut » ou « au-dessus». Elle indique la situation d'un objet par rapport à ce qui la supporte. Exprimer ce type de relation dépend principalement de notre connaissance des objets que nous cherchons à lier. En effet dire « cet objet est sur la table » repose sur le fait que dans notre connaissance collective les tables sont conçues essentiellement comme des « surfaces de dessus ». Leur surface saillante est la « face supérieure », la partie sur laquelle des objets peuvent êtres posés. C'est de cette manière qu'elles sont perçues habituellement et c'est ce qui importe pour leur fonction dans la vie ordinaire [Denis, 1997, p20]. Aussi « sur » exprime-t-il une relation verticale.

Quand employer « dans » ? Cette préposition indique la situation d'un objet par rapport à ce qui le contient. On dit qu'un livre est dans la bibliothèque parce que, dans la conscience collective, les bibliothèques ont une fonction englobante ou de contenant et que le livre a une fonction de contenu. Ceci renvoie au fait que l'espace perceptif ordinaire est un espace tridimensionnel [Denis, 1997, p 3].

En résumé, nous pouvons dire que la préposition « sur » est utilisée principalement pour décrire la relation verticale entre deux éléments dans une même nombre de dimension (2D ou 3D). La préposition « dans » est utilisée lorsqu'un objet est contenu dans un autre, c'est-à-dire lorsque l'un des objets a un rapport englobant par rapport à l'autre. La préposition « dans » est également utilisée pour désigner la relation entre deux objets n'ayant pas le même nombre de dimensions. C'est pourquoi lorsqu'un objet bidimensionnel est inclus dans un objet tridimensionnel, nous pouvons utiliser cette préposition.

Pour arriver à exprimer la relation entre les éléments figurés et l'image, il faut d'abord définir précisément chacun des concepts avant de les lier. Nous avons d'une part l'image « support » véhicule d'information et d'autre part les représentations illustrées par l'image. Chacune des représentations sont de deux dimensions, car une image n'est qu'une représentation bidimensionnelle d'objets même si elle en suggère trois.

En disant « la femme sur la photo est mon amie » [Denis 1997, p12] nous privilégions l'interprétation bidimensionnelle à une interprétation tridimensionnelle. Les photos sont d'ordinairement perçues comme des objets plans, des surfaces, aussi avons-nous tendance à utiliser « sur ». En conclusion nous considérons que les objets représentés ont une relation topologique de type « sur » avec l'image qui les supporte, et c'est la préposition que nous utiliserons désormais.

6. UN CAS PARTICULIER « L'IMAGE PHOTOGRAPHIQUE » ARCHITECTURALE

L'image photographique est un type d'image réelle. Elle possède la particularité de cristalliser une situation ou un objet réel tel qu'il existe. La photographie architecturale est la preuve d'une rencontre entre une réalisation et l'auteur de la prise de vue, qu'il soit le concepteur lui-même ou un photographe de profession. La photographie appliquée au domaine de l'architecture va représenter les références pour le concepteur et informe, au même titre que le ferait une image de n'importe quel domaine, sur entre autre sur le principe constructif utilisé, la couleur, les proportions, la forme, le caractère du lieu… Elle permet aussi de rendre compte du résultat final de la mise en œuvre sur le chantier, l'ambiance créée, le lien avec l'environnement immédiat, etc.

L'image photographique possède des qualités, mais pose également des problèmes qu'il nous semble important d'expliciter pour étayer notre choix.

6.1 L'IMAGE PHOTOGRAPHIQUE RESSEMBLE A CE QU'ELLE REPRESENTE

Que signifie ressemblance ? « Lorsque la notion de ressemblance est introduite entre deux objets, cela veut dire seulement que l'un fait penser à l'autre » [Merleau-Ponty, 1964, p 22].

La particularité essentielle de l'image photographique est qu'elle ressemble à ce qu'elle représente. À titre de comparaison, le langage qui permet également de transmettre de l'information et de communiquer ne ressemble pas à ce qu'il signifie. [Merleau-Ponty, 1964, p 39]. La parole transmet et communique grâce aux mots formés, et si l'on dit par exemple « Cette maison a un toit en pente », le mot « maison » ne ressemble pas à une maison réelle. Cependant la photographie, parce qu'elle représente une projection en deux dimensions de l'objet réel sur un support sensible (numérique ou argentique), correspond très fortement d'un point de vue formel, à la vue de l'objet en situation réelle qu'elle représente, quand le spectateur est situé selon le même angle.

Aussi, l'image ne représente-t elle qu'un état figé de la réalité à un moment précis. Cela entraîne l'image à n'être qu'une présentation partielle d'une situation donnée. Les objets du monde réel sont tridimensionnels, l'image, bidimensionnelle, les montre à un instant t, dans une représentation partiale due au preneur de vue.

En dépit de ce passage d'un monde en 3D, mouvant, changeant selon les points de vue du spectateur, au monde en 2D, instantané, figé de la représentation photographique, c'est, la plupart du temps, à cause de leur ressemblance à l'objet réel, qu'une personne peut associer les photographies de deux objets existants qu'elle juge similaires, et établit un rapport d'analogie, sous l'angle qui lui semble pertinent, entre les éléments représentés.

Cette ressemblance peut être directement perceptible ou plus difficile à percevoir. La rapidité de perception [Kanizsa, 1997] survient lorsque la ressemblance est d'ordre « formel », du moins lorsque l'objet de la ressemblance est directement accessible à l'œil et ne nécessite pas un autre point de comparaison. La (Figure 3) présente deux objets photographiés presque sous le même angle, et que l'on peut tous deux renvoyer au mot « chaise », l'image A représentant explicitement une chaise permettant, par analogie, de « voir » une chaise dans l'image B.

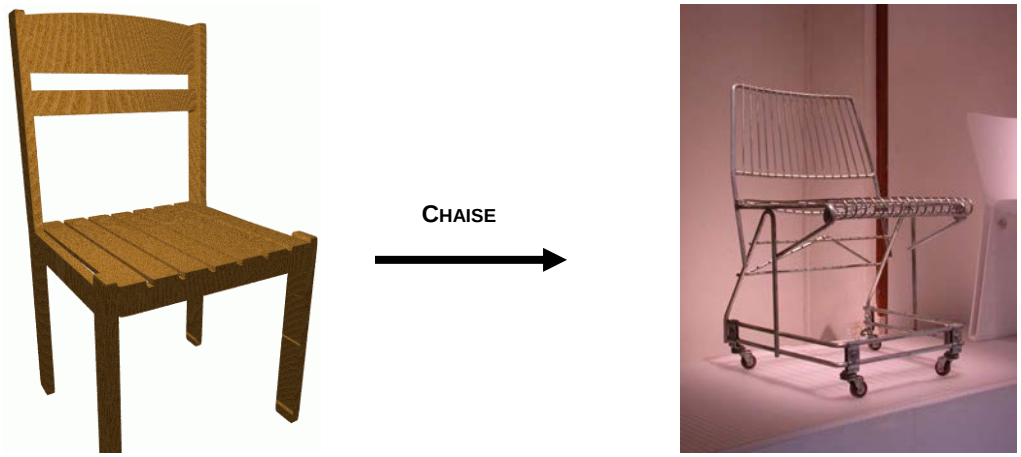


Image « A » Image « B »

Figure 3: Ressemblance formelle

Dans l'exemple ci-dessous (Figure 4), nous trouverons un autre type de mise en relation formelle dans le « centre de loisirs et de l'enfance » conçu et réalisé par les architectes Mijolla et Monjardet.



Bâtiment musée (D. Chipperfield 1996) + Château d'Himeji au Japon (1350-1609) = Centre de Loisirs et de l'Enfance

(54) (Mijolla-Monjardet 2001).

Figure 4 : Mise en relation formelle

Dans ce cas précis, la référence à l'église de Chipperfield [Chipperfield, 1997] [Gili, 1997, p 40-52] paraît évidente : elle est de nature formelle ; dans le cas du château de Himeji [Masuda, 1969, p 116], en revanche, elle paraît moins évidente car elle repose sur le principe organisationnel (superposition de couches) utilisé par les architectes. Aussi, l'association de deux photographies d'objets réels nécessite-t-elle l'énonciation de ce qui crée leur mise en relation.

6.2 L'IMAGE PHOTOGRAPHIQUE REND ACCESSIBLE LE MONDE EXTERIEUR

La ressemblance de l'image réelle avec ce qu'elle représente n'appartient pas qu'à la seule photographie ; (Figure 4), elle concerne également la plupart des autres modes de représentation, tels que la peinture (Figure 5) : « Ce qui m'intéresse dans toutes les peintures, c'est la ressemblance, c'est-à-dire ce qui pour moi est la ressemblance. Ce qui me fait découvrir un peu le monde extérieur », nous dit [Merleau-Ponty, 1964, p 24].





Figure 5 : Cathédrale de Rouen, Claude Monet, 1892

Dans une certaine mesure, la photographie permet également de faire découvrir le monde extérieur ; dans une certaine mesure seulement car, si l'on se focalise sur un élément particulier, un objet en situation réelle est rarement seul. Il est souvent entouré d'autres objets de différentes natures.



Figure 6 : Multitudes d'éléments sur une même photographie (Loyola School, Architecte Frank O. Gehry, Los Angeles, 1984)

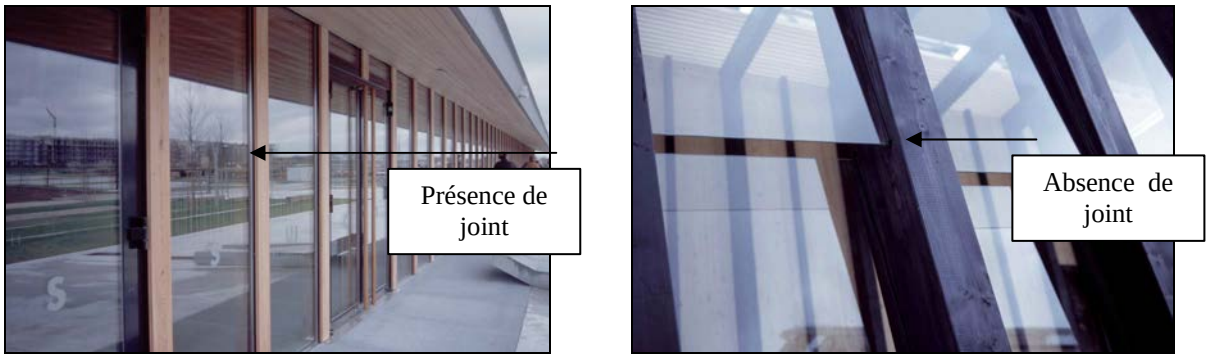
La photographie d'un paysage montre des montagnes, ou la mer, mais aussi des arbres, des gens, des oiseaux, des maisons, … Ainsi dans la visualisation d'une représentation, choisie au départ parce qu'elle représentait un objet précis, l'image représente à la fois plusieurs objets ainsi que les liaisons qui existent entre eux. A cause du fait qu'elle donne accès à la réalité, l'image n'en représente qu'une partie. « Le quelque chose perceptif est toujours au milieu d'autre chose, il fait toujours partie d'un champ », explique Merleau-Ponty [Merleau-Ponty, 1964, p10].

Aussi les objets représentés sur les images ne sont pas du même niveau. En effet, analysons dans l'image ci-dessus (Figure 6), nous percevons clairement une voiture mais également des éléments la composant comme les roues, le pare-brise, sa couleur, …. Ou encore du bâtiment, nous voyons les fenêtres, des parois verticales, du béton, du bois, etc. C'est pourquoi le découpage d'une part du champ visuel, d'autre part de ce qui est représenté sur une image est d'une importance cruciale pour son utilisation, à quelques fins que ce soit.

6.3 L'IMAGE PHOTOGRAPHIQUE EST TEMOIN D'UNE SITUATION

L'image, on l'a vu (cf. 2.3.1), est une représentation figée dans le temps d'un objet réel. Nous appellerons « images terrain » [Boujemaa et al, 2001] celles qui représentent la réalité. Elles permettent de faire des suppositions, d'affirmer ou d'infirmer une hypothèse. Par exemple, il est fortement déconseillé, dans la pratique de l'architecture, d'utiliser deux matériaux différents sans joints de dilatation intermédiaires. Cette règle est particulièrement vraie lorsque les matériaux mis en oeuvre sont d'origines très différentes, du verre et du bois par exemple. Aussi, dans la conscience

collective des professionnels du domaine, l'utilisation conjointe de ces deux matériaux sur une même façade entraîne-t-elle obligatoirement un joint (Figure 7). Pourtant, face à l'image du « bâtiment imaginaire » de l'expo 02 à Biel Bienne, ces professionnels verraient qu'il existe des cas où ces matériaux sont utilisés sans joints. Cet exemple par image visualisée permet de montrer une exception à la règle conventionnelle, d'apporter l'infirmation d'une hypothèse a priori, de proposer un exemple novateur. Si, dans une conférence entre confrères, une personne affirme que ces deux matériaux utilisés ensemble ne nécessitent pas de joint, l'image peut servir de preuve et de témoin à la véracité du propos. C'est pourquoi « Chercher l'essence de la perception, c'est déclarer que la perception est non pas présumée vraie, mais définie pour nous comme accès à la vérité. » [Merleau-Ponty, 1964, p XI].



Ecole maternelle
Architecte : Janson Wolfrum
Schanhauser Park, Stuttgart

Pavillon Imaginaire "Expo02",
Architecte: Rossetti et Wyss,
Biel-Bienne

Figure 7 : Rôle témoin de l'image photographique

6.4 L'IMAGE PHOTOGRAPHIQUE REND ACCESSIBLE L'ABSENT

Lorsque l'on dit qu'une image « re-présente », cela sous-entend qu'elle montre à nouveau le « reflet » de quelque chose lorsque celui-ci est absent (cf.2.2.3). Cette particularité est fondamentale car « si le reflet ressemble à la chose même, c'est qu'il agit à peu près sur les yeux comme ferait une chose. » [Merleau-Ponty, 1964, p 38]. Lorsque nous essayons de nous représenter mentalement un objet pour le dessiner, et que nous visualisons ensuite une photographie de ce même objet, nous nous rendons rapidement compte que notre dessin est beaucoup moins complet que la photo. Certaines parties sont certes plus détaillées que d'autres, mais jamais autant que sur la photo. Observer une photographie de l'objet nous permettrait donc de compléter les informations manquantes de notre dessin. Grâce à son apport d'informations supplémentaires, l'attention portée à la photographie et à l'objet qu'elle représente complétera les images mentales que nous avions construites de l'objet [Denis, 1989]. Cette

mise en relation image mentale / image réelle nous incite, dans un processus d'essai erreur, à émettre des hypothèses quant à l'objet réel, et, à cause de leur plasticité (cf 4.1.1), à jouer sur les images mentales que nous avons, par exemple, d'un objet à concevoir.

6.5 L'IMAGE PHOTOGRAPHIQUE SUGGERE DES INFERENCES

Le cadre général de notre travail repose sur l'utilisation de l'information transmise par une image, et sur l'hypothèse qu'il est possible de faire évoluer cette information et de la réutiliser ultérieurement. Cette hypothèse se fonde plus précisément sur le principe de permutation entre les éléments figurant dans les images mentales et ceux représentés sur les images réelles situées dans une base d'images. La permutation nécessite, d'après Martine Joly [Joly, 1993] deux moments : dans un premier temps, elle demande une segmentation de l'image dans le but d'en identifier les différentes composantes; ce qui revient à repérer des éléments dits « autonomes » illustrés dans l'image. Ces éléments reconnus, le concepteur peut, et c'est le deuxième temps, celui précisément de la permutation, les remplacer par d'autres, qui appartiennent à son propre univers mental (Figure 8). De telles permutations demandent donc que le concepteur ait, dans son imagination, la disposition d'autres éléments similaires, substituables mais non présents dans l'image qu'il visualise. On se doute bien que les permutations s'opèrent, entre images réelles et images mentales, dans les « deux sens ».

La (Figure 8) construit un cheminement plausible de telles permutations : pour la courbe du toit de la maison, nous pouvons supposer que l'évolution de la forme du toit a pu être influencée par la visualisation d'images références illustrant des courbes de toit variées avant que le concepteur n'arrête sa forme finale.

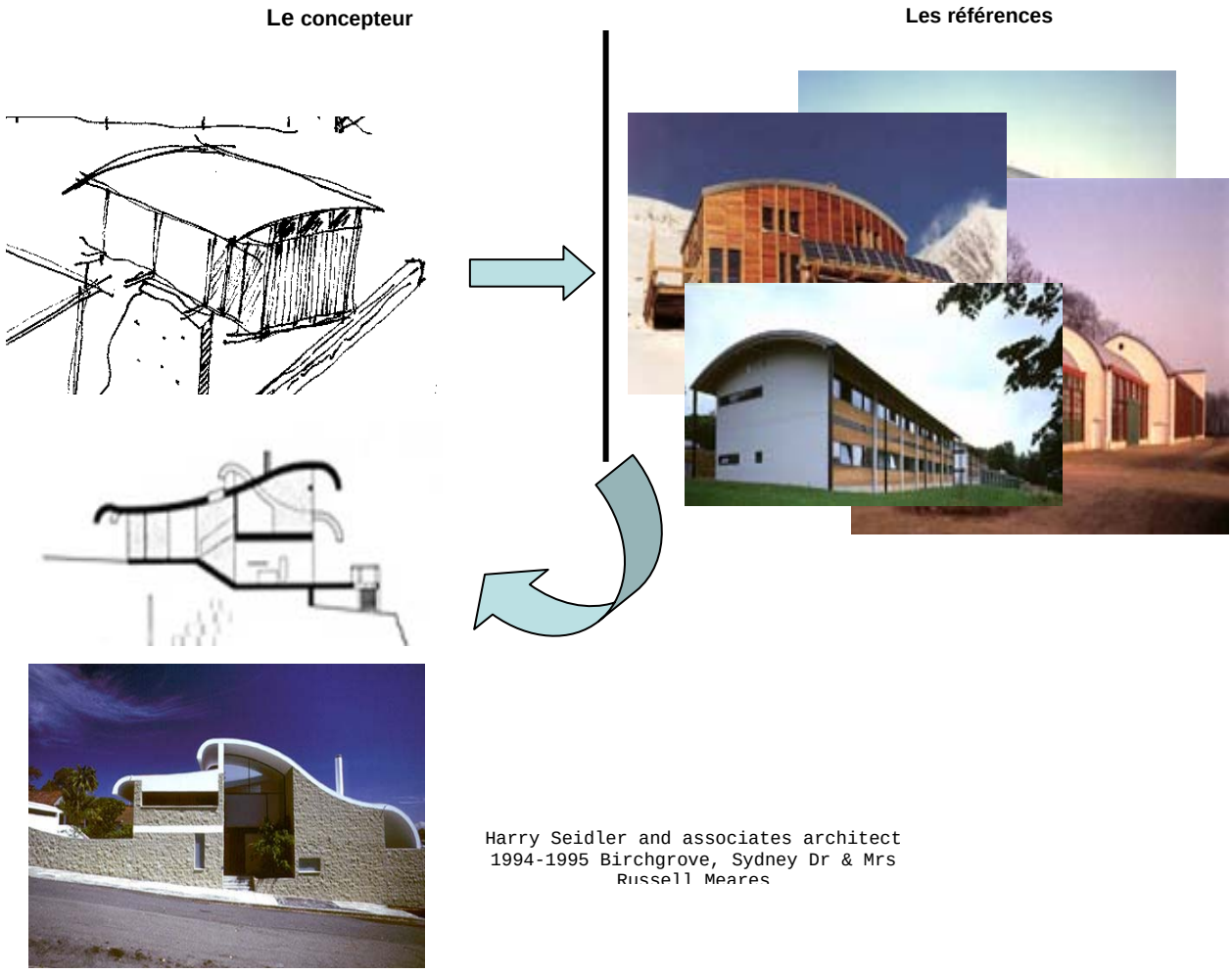


Figure 8 : Processus cognitif par l'image.

Une représentation, mentale ou réelle, ne se contente pas de figurer uniquement ce qu'elle représente, elle est bien souvent évocatrice, elle suggère d'autres choses. Ces nouvelles images, mentales ici, dépendent pour beaucoup de la personne qui les laisse advenir : devant l'image bien « réelle » d'une plage, certaines personnes vont y associer l'idée abstraite de l'immensité, d'autres, se souvenir d'une photo de vacances, d'autres encore revoir la chaise longue qui leur avait pincé le doigt il y a deux ans… Comme on le voit, ces inférences peuvent être de nature très variée : idée abstraite, support de représentation (autre image), élément réel, et nous aurions pu l'illustrer par des associations plus ouvertes encore ; en revanche ce qui nous intéresse davantage, c'est cette possibilité qu'a l'image de «suggérer des inférences », moteur de permutation. Plaçant la « suggestion » comme artisan de la fabrication, Apollinaire disait « qu'il y a dans un poème des phrases qui ne semblent pas avoir été créées, qui semblent s'être formées » [Merleau-Ponty, 1964, p 69].

Une image met rarement en place un élément unique (cf.6.2). Les différents éléments présents dans l'image et les relations qu'ils entretiennent entre eux permettent d'étendre l'attention du « percepteur » et autorisent la formulation d'hypothèses et de projection. Toute conception nécessite du concepteur de se projeter dans ce qu'il est en train de concevoir, car « quoi qu'il en soit, lorsqu'il fait un projet, l'architecte se projette dans l'espace qu'il imagine » [Boudon, 1994, p 13].

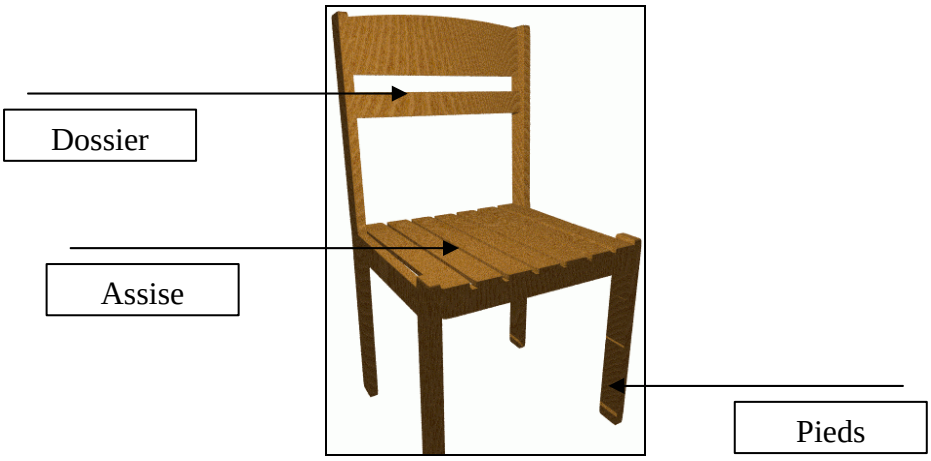
Cet ensemble de fonctionnalités de l'image photographique montre bien que le choix que nous avons fait est pertinent : substitut d'une situation réelle, son exemplarité l'autorise à être support d'une référence dans le processus complexe de la conception architecturale.

7. L'IMAGE PHOTOGRAPHIQUE REFERENCE

Une image photographique de façon générale transmet deux types d'informations, des informations graphiques ou formelles (couleurs, formes, texture), et des informations d'ordre sémantique (résultant de l'interprétation de ces formes, ces couleurs). Ces deux catégories d'informations sont intimement liées, particulièrement dans le domaine de la conception architecturale : lorsqu'un concepteur perçoit la forme d'un objet quelconque il aura tendance à interpréter cette forme et lui attribuera un nom [Zévi, 2001].

Une « image référence » représente dans notre cas une image illustrant la classe à laquelle appartient l'objet (source) additionnée à la singularité de l'objet lui-même (Figure 9).

- **La classe de l'objet :** Ce qui me permet de nommer « chaise » l'objet que je regarde provient du fait que je connais ce qu'est une chaise. J'en connais la définition et ne puis, par convention, l'appeler autrement. Dans ce cas, nous avons conjoint la forme « idéelle » d'un objet avec ses traits sémantiques afin de reconnaître la classe de représentation. Une forme idéelle correspond à une forme à laquelle nous pouvons associer un sens (nom de sa forme, nom de la fonction remplie, etc.). Les traits sémantiques renvoient aux propriétés de l'objet (chaise = pieds + dossier + assise). Une chaise sans son dossier deviendrait un tabouret.



Chaise



Tabouret

Figure 9 : Traits sémantiques d'un objet

- **La singularité de l'objet** (Figure 10) : elle renvoie au fait que lorsque j'ai vu plusieurs chaises, mon attention s'est focalisée sur celle-ci et non pas sur une autre ; aussi ai-je identifié les traits particuliers de cette *chaise-ci*. Cette singularisation est propre à chacun et, dans notre cas, elle est dirigée par l'objet à concevoir ou plutôt par le besoin (de renseignement, de précision, d'éclaircissement…) qu'éprouve un concepteur à un moment donné durant le processus de conception.



http://www.balamand.edu.lb/Docs/Chaises.jpg

Figure 10 : Singularité visuelle d'un objet

7.1 TRAITS SEMANTIQUES

L'image transmet de l'information au travers des figures qu'elle représente et le texte transmet de l'information grâce aux mots qui le composent.

Une image par définition permet de figurer des objets. Elle en représente essentiellement la forme que nous interprétons et à laquelle nous associons un sens. Mais comment nommons-nous poteau, et pas autrement, tel élément visualisé sur une image ? Ceci renvoie à une notion fondamentale, celle de « trait sémantique ».

Cette notion joue un rôle très important dans le processus de compréhension et de mémorisation [Denis, 1989, p 133]. Les travaux de Michel Denis l'ont conduit à montrer qu'à l'instar de mots qui sont composés «d'unités de signification d'un format inférieur au format lexical, ces unités sémantiques peuvent être identifiées aux traits qui composent le concept attaché à ce mot. Par exemple, le concept attaché au mot aigle peut être analysé en un certain nombre de traits, parmi lesquels on trouvera par exemple : a un bec, a des ailes, a des serres, est brun, vit dans les montagnes, est sauvage, est dangereux, etc.» [Denis, 1989, p 134]. Un trait sémantique représente donc une partie de la signification d'un concept. Pour reprendre l'exemple du poteau, nous pouvons lui associer

comme trait sémantique : ouvrage, vertical, structure, linéaire, solide, etc, autant de qualificatifs qui nous autorisent à reconnaître l'ouvrage représenté sur une image [Denis, 1982].

Une autre notion est rattachée à celle de trait sémantique, celle de « trait sémantique figuratif » ; elle correspond aux parties physiques de l'objet. Par exemple pour une table, on identifiera : surface plane (plateau), pieds, couleur, etc. Dans le cas précédent de l'aigle, les traits sémantiques figuratifs sont le bec, la couleur brune,… Alors que le trait « sauvage » ne peut être de nature figurative. Sur l'image du poteau les traits sémantiques figuratifs sont « linéaire » et « vertical », alors que le fait qu'il contribue à la solidité d'un ouvrage ne peut être considéré comme tel. Ainsi ces traits figuratifs correspondent aux traits perceptibles des objets et ils jouent un rôle important dans toutes les activités aboutissant à des représentations graphiques. Ils contribuent également à la construction des images visuelles de l'objet, moyennant leur activation par des processus appropriés. Ces traits ne possèdent pas la même importance et sont donc hiérarchisables, mais ils sont aussi flexibles et dépendent du contexte linguistique ainsi que des orientations cognitives des personnes. Ils entrent principalement dans la composition de mots concrets, « c'est-à-dire de mots dénotant des objets physiques perceptibles » [Denis, 1989, p 135].

Toutes les formes que nous percevons ne sont cependant pas forcément « déchiffrables ». Dans l'image de certaines œuvres d'art, il arrive que nous distinguions des formes si elles ont un aspect géométrique, mais souvent, nous ne les reconnaissons de façon définitive qu'à condition qu'une personne nous précise et nomme l'objet illustré. Cette non-reconnaissance vient principalement du fait que ces formes ne possèdent pas ce que nous avons évoqué plus haut et dont nous parlerons avec beaucoup plus de détails dans le deuxième chapitre : « les traits sémantiques figuratifs » [Denis, 1989] de l'élément à reconnaître. Ces traits conduisent, par les qualificatifs en jeu, à la reconnaissance de l'objet, qui elle, amorce un raisonnement et transforme l'objet en donnée référentielle.

7.2 RAISONNEMENT ET INTERPRETATION, LA PLACE DE L'IMAGE ET DU MOT

Certes, les images et les mots sont deux médias qui permettent de véhiculer de l'information de façon différentes, mais pouvons-nous réellement les séparer ?

La différence fondamentale entre l'information transmise par du texte et celle transmise par une image est que l'information transmise par du texte est séquentielle, alors que celle transmise par une image est continue ; bien que l'image véhicule une quantité importante d'information, cette information est globale et simultanée et non pas successive (cf. 3.3.1 et 3.3.2).

Pour lire de manière efficiente une image il faut donc dans un premier temps faire un tri parmi l'ensemble des informations qui sont transmises et, dans un second temps, attribuer un sens à ce qui est perçu. Cette sélection est très largement orientée en fonction de l'objet à concevoir. Elle nécessite d'effectuer un raisonnement dont le but est d'avancer efficacement dans le processus de conception.

Poser, voire résoudre un problème ne peut se faire que par le biais d'un raisonnement. Un raisonnement est une activité mentale qui consiste à augmenter l'information disponible en produisant de nouvelles informations à partir d'informations existantes [Borillo et goulette, 2002, p 99]. Lorsque des informations anciennes et nouvelles en rapport entre elles sont utilisées conjointement en tant que prémisses dans un processus d'inférence, elles engendrent d'autres informations encore : des informations qui n'auraient pu être inférées sans cette combinaison d'ancien et de nouveau.

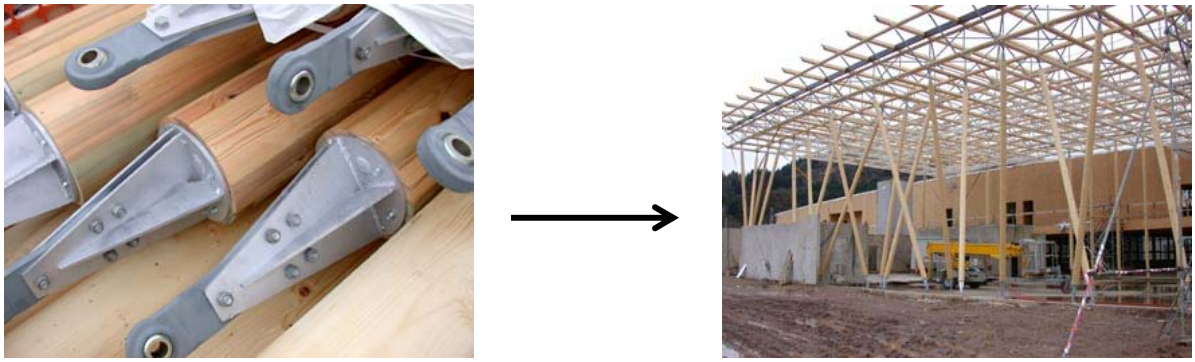
Des informations sont dites pertinentes, selon [Sperber et Wilson, 1989 p 79], si et seulement si le traitement d'informations nouvelles donne lieu à un tel effet multiplicateur : plus l'effet de multiplication est grand, plus grande est la pertinence, ajoutent-ils. D'après les mêmes auteurs, la perception du monde peut être améliorée en renforçant ou en affaiblissant les hypothèses que nous formulons au sujet de ce monde. Cette force initiale d'une hypothèse dépend de la façon dont elle a été acquise ; par exemple, les hypothèses issues d'expériences perceptives claires sont en général très fortes [Sperber et Wilson, 1989, p 122].

Cette force multiplicatrice des informations est particulièrement utilisée dans le monde très visuel de l'architecture et de sa production, que les images en jeu soient de « conception », réelles (cf.4.1.2) ou mentales (cf 4.1.1), ou encore issues de bâtiments existants. Ainsi, lorsque quelqu'un perçoit un signal visuel, il ne voit pas seulement des couleurs et des formes, il associe ou attribue à chacune de ces formes un sens au travers du nom qu'il donne aux choses qu'il perçoit. « L'architecte s'imagine également l'architecture du projet au moyen de mots. Il nommera tel cercle : 'place', tel polygone : 'amphithéâtre' » [Boudon, 1994, p41].

L'architecte associe donc aux formes qu'il visualise sur une image l'usage réel ou éventuel que, selon lui, elles pourraient avoir. Umberto Eco [Eco, 1972, p264] va jusqu'à dire que la particularité des objets architecturaux est qu'ils communiquent même s'il ne sont pas employés : une personne ayant l'expérience, voire seulement visuelle, d'un objet, le reconnaît en en percevant la forme. Par exemple, un profilé IPN[7], positionné à la verticale, sera nommé « poteau » tandis qu'il aurait été nommé

[7] Selon le Dicobat, un IPN est un profilé d'acier de sections normalisées, en forme de « I », utilisés comme poutrelles dans les charpentes métalliques.

« poutre », positionné à l'horizontale. Sur cette image (Figure 11) , face à ces poteaux en attente de mise en œuvre, nous serions incapables de dire si ce sont des poteaux ou des poutres. Du moins sommes nous capables de dire qu'il s'agit d'éléments structurels – et non de remplissage par exemple-.



Collège André Malraux, architectes, Gremillet Falk et Zoméno, Senones, 2003.

Figure 11 : Identification d'un ouvrage avant sa mise en œuvre définitive sur chantier.

En lui soumettant des images qu'il juge appropriées, un concepteur en train de raisonner trouvera les informations, les points d'appui, les repères, les sources, qu'il considèrera comme des éléments de réponse et qui auront l'effet multiplicateur dont parlent Sperber et Wilson. C'est pourquoi notre thèse développe la photo-référence comme aide à la conception architecturale.

8. PHOTO ET REFERENCE COMME AIDE A LA CONCEPTION

L'image photo architecturale qui jouera le rôle d'image référence dans le processus de conception aura deux fonctions essentielles :

- **Aide à la formulation du problème :** nous partons du principe que dans le processus de conception l'énonciation du problème va de pair avec sa solution. Lorsqu'un concepteur s'empare d'une image, il ne fait pas que la regarder, il émet des hypothèses sur les principes de composition, de construction, utilisés ou encore sur la disposition des éléments… « Ainsi un architecte ne se restreint pas à voir un bâtiment par les surfaces de son enveloppe visible. Sa vision s'accompagne d'hypothèses sur l'organisation interne, la structure du bâtiment, … » [Boudon, 1994, p 13]. L'avantage essentiel de l'image réelle est le fait que grâce à la multiplicité de l'information transmise, le concepteur visualisera plusieurs concepts à la fois qu'il pourra mettre en relation.

- **Suggestion de différentes solutions :** une des particularités du processus de conception est qu'il n'existe pas une seule solution au problème posé, mais des solutions satisfaisantes, qui, tout en ayant un côté inattendu, répondent au mieux à tous les aspects du projet. Un même élément architectural peut être conçu et réalisé différemment. Ainsi un « poteau » n'aura pas la même forme selon qu'il est destiné à supporter une structure tendue dans une utilisation minimale de matière, ou à exprimer une densité dans un espace souterrain (cf. par exemple la salle des colonnes hypostyles de l'Institut du Monde Arabe).

Denis Lasdum [Borillo, 2002, p 38] définit ainsi le rôle d'un concepteur : « Notre rôle est de donner au client … non pas ce qu'il veut, mais ce qu'il n'a jamais imaginé vouloir ; et quand il le reçoit, il le reconnaît pour ce qu'il a toujours voulu ». Ici, c'est dans une relation au client, et à ses propres « images mentales » qu'il est fait allusion, mais l'auteur montre que la production graphique de l'architecte – c'est, on l'a vu, ainsi que s'exprime le projet – a cette capacité, dans un même mouvement, à faire émerger l'énonciation du problème (le désir du client) et la réponse apportée.

Les personnes visées dans la suite de notre travail seront circonscrites aux concepteurs-prescripteurs, acteurs pour lesquels la double fonction de l'image, sa capacité à asseoir un raisonnement et à le « multiplier » est essentielle.

CONCLUSION

Dans ce premier chapitre, nous avons présenté les trois grands types de données manipulées durant le processus de conception (programmatiques, contextuelles et référentielles). Nous avons vu que les données référentielles nourrissent le processus de conception car elles aident à interpréter les autres types de données et donc en facilitent l'intégration dans le projet. La mise en relation des données différentes permet l'amorce d'un raisonnement qui aide à mieux formuler le problème de conception afin d'avancer dans sa résolution. C'est sur cette fonction « opératoire » des données référentielles que nous avons concentré notre travail de recherche.

Nous avons également montré pourquoi la photographie était un possible outil «référence» pour mieux formuler ou résoudre un problème de conception. La référence photographique consiste en une réponse « préfabriquée » à un problème posé. Elle représente un dispositif existant ayant soulevé le même problème, voire d'autres, dans la mesure où la conception est d'abord énonciation de problèmes variés et qu'il existe toujours de multiples interprétations d'une photographie ; l'image est en effet

suggestive (cf. 6.5). Elle correspond donc à une solution potentielle pour un problème similaire et posé ultérieurement.

En effet, lorsque le concepteur observe l'image photographique d'un bâtiment réel, il projette dans la photographie son propre questionnement afin de vérifier de manière virtuelle si la solution visualisée est immédiatement applicable à son problème, et, dans le cas contraire, avec quel degré de transformation cette solution serait satisfaisante.

L'image référence est donc interprétable et véhicule le sens que lui attribue l'observateur ; ce sens dépend d'ailleurs fortement du problème de conception à résoudre. Il est difficile que les « images photographiques références » issues de la réalité architecturale n'illustrent qu'un seul élément architectural : généralement elles représentent plusieurs éléments liés entre eux (cf. 6.2). Aussi le concepteur pourra-t-il par exemple déplacer son interrogation du poteau à la jonction entre poteau et poutre, s'il regarde l'image d'un poteau lié à une charpente.

Nous avons restreint notre approche de l'ensemble du domaine de l'architecture : nous ne le considérerons qu'à partir de la notion d'ouvrage, élément physique et permanent, qui relève d'une description d'ordre matériel, point de vue moins sujet à spéculation que s'il s'était agi d'un autre aspect du domaine de l'architecture comme celui de la symbolique.

S'est posé alors le problème de la construction de cette base d'images réelles qui viendront alimenter l'activité de conception. Cette organisation se fera par le biais d'un outil informatique. Ce qui pose un ensemble de problèmes.

- Le premier ordre de difficultés concerne le moyen le plus efficace pour décrire ces « images références ». Plus particulièrement, il revient à définir en quoi le mot est plus adapté à la description de ce qui est illustré sur une image. Comme réponse à ce premier problème, le choix des « mots » s'est révélé le plus pertinent pour répondre aux besoins des concepteurs.

- Le deuxième ordre de difficultés renvoie à la traduction en « mots » de « formes ». Cette transcription devra rendre compte dans la définition du mot choisi (ou de l'expression) pour décrire une image des « traits sémantiques figuratifs » mais aussi de la « singularité visuelle » (cf. 7 et en particulier 7.1) de l'ouvrage décrit ce que nous considérons comme une « référence ». C'est un problème qui concerne le passage de l'image au mot.

- Le troisième ordre de difficultés provient de l'image photographique et de son découpage : quelle importance attribuer à l'ouvrage représenté en fonction de certaines propriétés visuelles comme la surface qu'il occupe sur l'image ou encore par rapport à sa position sur l'image, etc.

Dans le second chapitre, nous présenterons la méthode que nous proposons pour construire la base de « références imagées » qui assistera le concepteur en quête de solutions potentielles en termes d'ouvrages pour son problème de conception.

Chapitre 2 : UNE METHODE POUR LA CONSTRUCTION DE LA BASE DE REFERENCES IMAGEES

« On ne peut se passer d'une méthode pour se mettre en quête de la vérité des choses »
[Descartes, extrait du discours de la méthode, 1824]

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous présentons une étude des différents systèmes qui proposent un catalogue d'images ou de documents utiles à des utilisateurs en quête d'informations. L’étude porte sur les principes utilisés par les concepteurs de ces systèmes pour effectuer le référencement des images ou des documents et l’accès à leur base d'informations. Nous rappelons que le but de notre démarche est de créer une base d’images dans laquelle le concepteur cherche des références. L’optimisation des moyens de référencement et d’accès a pour objectif d’assister efficacement le processus cognitif mis en œuvre par le concepteur (cf . Chapitre 1).

L'organisation d'une base de références imagées destinée à aider un concepteur demande le respect de certaines règles liées au support informatique. En effet, il faut définir d’une part une manière de représenter [Berrut, 1988, p1] les documents dans la base de données, et d’autre part un moyen de les organiser et surtout un mode de recherche pour accéder aux documents. La méthode que nous proposons est organisée sous la forme d'un ensemble de principes à respecter pour définir correctement la mémorisation de l'information référentielle dans une base de données.

Les principes de cette méthode résultent de l’analyse et de l’étude des besoins des concepteurs. Un des points fondamentaux de ces principes consiste à décrire les documents selon certaines règles, ce qui dans le domaine des sciences documentaires [Maniez, 2002] est couramment appelé « indexation » [Amar, 2000]. Afin de mieux comprendre les règles que nous avons choisies, nous exposerons les modes d’indexation les plus utilisés aujourd’hui pour construire des bases de données d’images, et plus particulièrement celles dédiées au domaine de l’architecture, ainsi que les langages adaptés à chacun de ces modes. Nous avons identifié trois modes d’indexation : l’indexation manuelle l’indexation automatique et l’indexation semi-automatique. Chacun d’eux intègre des règles bien précises dans le but de décrire de manière optimale les documents de la base par l'utilisation d’un langage adapté au support.

Ce chapitre décrit en particulier une étude sur les principes les plus fréquemment utilisés pour construire des bases de références imagées qu’elles soient appliquées au domaine de l’architecture ou à un autre domaine. Mais avant d'aborder cette étude, il nous semble important de réfléchir à un problème terminologique particulièrement présent lorsque l'on s'intéresse au référencement d'images.

1. DOMAINES PRIS EN COMPTE DANS NOTRE TRAVAIL

Plusieurs centres d'intérêt sont évoqués dans les différentes parties de notre travail :

- *L'architecture*

Le domaine de l'architecture représente le contexte de notre travail, en nous intéressant plus particulièrement au processus de conception architecturale. Dans ce processus, nous nous focalisons sur le problème de la recherche d'ouvrages, mais aussi sur l'architecte qui est l'acteur principal du processus. Les études concernant ce domaine ont été présentées dans le chapitre 1.

- *L'analyse de l'image*

Nous voulons répondre aux besoins de l'architecte qui ne sont pas satisfaits par les outils existants de recherche d'informations sur les ouvrages du bâtiment. Nous proposons d'utiliser l'image comme support à la recherche d'informations ; il nous faut alors comprendre les différentes propriétés de l'image. Pour les comprendre, nous nous intéressons à l'analyse de l'image. Cette étude nous permettra de proposer un cadre d'utilisation de l'image en tant que support à la recherche d'informations. L'analyse de l'image sera abordée dans le chapitre 2.

- *Les sciences cognitives*

L'utilisation de l'image comme support à la recherche d'informations sur les ouvrages pose le problème de la reconnaissance de l'image par un individu. Nous nous intéressons aux sciences cognitives, et plus particulièrement à la psychologie cognitive afin de comprendre comment l'homme traite les informations imagières, autrement dit, au rôle de l'intelligence dans la perception. Ce sujet sera évoqué dans le chapitre 2.

- *La communication*

La recherche d'ouvrages par l'image consiste à proposer des images d'ouvrages à un utilisateur. Nous voulons trouver un moyen de présenter des images d'ouvrages facilement reconnaissables pour un utilisateur. Ce besoin de communiquer efficacement par l'image fait appel au domaine de la communication. La pertinence de la communication et un modèle général de la communication sont présentés dans le chapitre 2.

- *La recherche d'informations*

La recherche de ouvrages est un problème de recherche d'informations pour lequel, par hypothèse, l'utilisation de l'image peut rendre cette recherche plus efficace. Dans ce contexte, il nous semble important d'étudier les domaines suivants :

− Les méthodes de recherche d'informations : cette étude offre une vue globale de la recherche d'informations, les méthodes les plus courantes sont présentées. Elles seront

utilisées ultérieurement pour décrire la méthode de recherche d'ouvrages par l'image que nous allons proposer.

− Les modes d'accès aux bases d'ouvrages en ligne : l'objectif de cette étude est d'identifier quels sont les besoins insatisfaits par les modes d'accès aux bases d'ouvrages en ligne présentes sur Internet.

− Les systèmes de recherche d'informations utilisant l'image : la recherche d'images [Massignon, 2002] ou la recherche d'informations qui utilisent l'image représentent des cas particuliers de la recherche d'informations qu'il nous faut explorer pour justifier l'originalité de notre approche.

2. LA RECHERCHE D'INFORMATIONS

2.1 INTRODUCTION

Il existe deux grandes méthodes permettant la recherche et la sélection d'informations à l'intérieur d'un espace informationnel géré par un outil informatique : la navigation et la recherche [Nakapan, 2003].

2.1.1 La navigation

Cette première méthode est une recherche exploratoire, elle a été décrite dans [Baeza-Yates & Ribeiro-Neto 1999] comme « la poursuite d'une série de liens, le basculement d'une vue à une autre, vers un certain but, dans une séquence des actes de parcourir et de sélectionner. ». La navigation permet de retrouver et de sélectionner des informations en parcourant une structure informationnelle prédéfinie. Dans ce mode d'accès, il n'y a pas de demande à formuler. L'utilisateur se déplace d'une information à l'autre en utilisant :

− des liens hypertextes ou des URLs,
− des barres de navigation,
− des boutons,
− la structure d'un document (titre, chapitre, paragraphe, index…),
− …

La navigation est adaptée quand le besoin de l'utilisateur n'est pas clairement défini. L'utilisateur navigue au travers d'une collection de documents afin de trouver une information qui l'intéresse. Par exemple, un utilisateur sélectionne un document concernant l'histoire de l'art, sans attention particulière pour un style d'art. Dans un premier temps, il va plutôt regarder d'autres documents

concernant le sujet, puis il va s'orienter vers « l'Art Nouveau » et commencer à lire ces documents. Dans ce genre de situation, on dit que l'utilisateur est en « mode de découverte », les informations qu'il privilégie ne sont pas celles qui concernent son sujet initial de recherche.

2.1.2 La recherche formulation d'un besoin

La deuxième méthode est une recherche pour laquelle l'utilisateur s'est fixé un objectif. Dans ce cas, il lui est demandé de formuler son besoin sous la forme d'une demande. Le processus de recherche d'informations mis en oeuvre peut être illustré par le dessin ci dessous [Halin, 1989] (Figure 12).

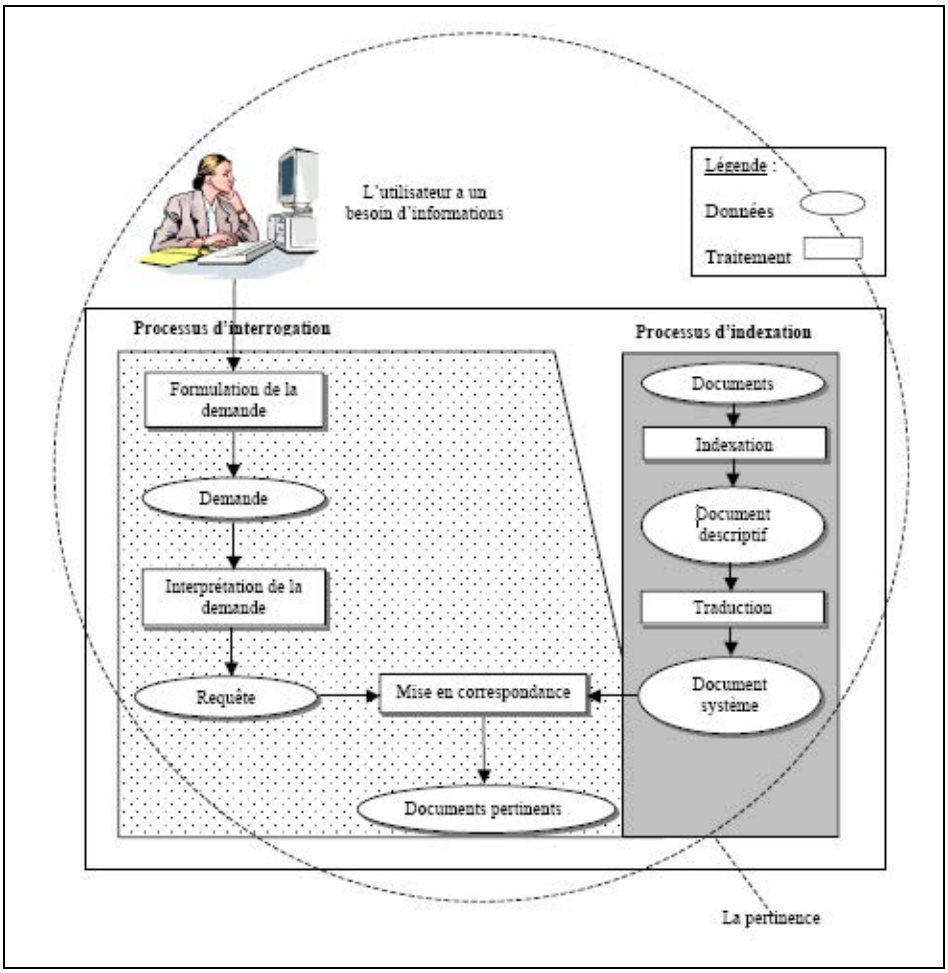


Figure 12 : Le processus mis en œuvre dans la recherche d'informations [Nakapan, 2003, p43].

Voici la définition de chacun des éléments qui constituent le processus mis en oeuvre dans la recherche d'informations :

− *Document* : Le document est ce que l'utilisateur souhaite obtenir en résultat de sa recherche. Ce peut être un texte, une image, un son, une vidéo, ou un document hypermédia tel qu'une page Web,

− *Demande* : la demande est ce que l'utilisateur exprime pour décrire son besoin. Elle doit respecter une forme proposée par le système et elle doit être adaptée au niveau de connaissance qu'a l'utilisateur du système,

− *Interprétation de la demande* : c'est le traitement qui transforme la demande de l'utilisateur sous la forme d'une requête qui permettra la sélection des documents,

− *Requête* : une requête est l'interprétation de la demande de l'utilisateur par le système, elle respecte un modèle, appelé " modèle de requête ",

− *Document descriptif* : il représente le résultat de l'analyse du contenu d'un document effectué lors de l'indexation [Remy et Viron, 1999],

− *Traduction* : c'est le traitement qui transforme un document descriptif en un document système,

− *Document système* : c'est le document qui est utilisé par le système pour retrouver le document original qu'il représente,

− *Processus d'indexation* : un processus d'indexation consiste à extraire le contenu d'un document afin d'en construire un document descriptif correspondant. La construction d'un document descriptif est guidée par un modèle appelé " modèle de document ",

− *Processus d'interrogation* : un processus d'interrogation consiste à mettre en correspondance la requête et le document descriptif afin de sélectionner les documents pertinents. Cette mise en correspondance doit respecter un modèle appelé " modèle de mise en correspondance ",

− *Mise en correspondance* : la mise en correspondance mesure la pertinence des documents descriptifs par rapport à une requête,

− *Document pertinent* : un document pertinent est un document qui répond à une requête. En général, c'est un ensemble de documents pertinents qui est proposé à l'utilisateur comme résultat d'une recherche,

− *Pertinence* : La pertinence d'un système est une notion associée à l'évaluation de ses performances en rapport avec sa capacité à répondre aux besoins des utilisateurs (qualité, quantité, temps...). Dans les paragraphes suivants, nous allons décrire les deux parties fondamentales d'une méthode de recherche d'informations, à savoir l'indexation et l'interrogation :

Ces deux méthodes – navigation et recherche par formulation d'un besoin - font partie d'une méthode plus globale qui vise la mise en oeuvre d'un processus de recherche d'informations.

2.2 METHODE DE RECHERCHE D'INFORMATIONS

Les domaines de la documentation et de la recherche documentaire ont été les premiers à proposer des méthodes pour archiver et retrouver des documents. Les notions présentées dans la suite proviennent essentiellement d'ouvrages traitant de ces domaines [Web Inist].

2.2.1 L'indexation

Une vue simplifiée des composants d'une méthode d'indexation est présentée par le schéma suivant (Figure 13).

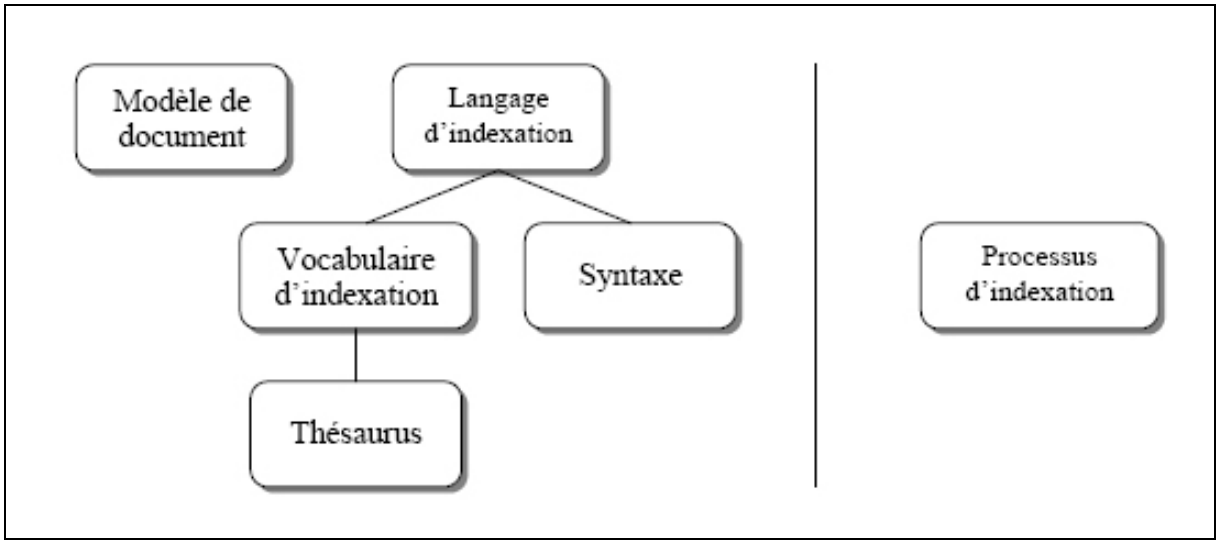


Figure 13 : Vue simplifiée d'une méthode d'indexation [Nakapan, 2003, p45].

L'indexation est un processus qui transforme les documents à mémoriser sous une forme adaptée à la rétrospection, tout en respectant un modèle déterminé, appelé un « **modèle de document** ».

2.2.1.1 Les modèles de documents

Une indexation donne comme résultat un ensemble de données, appelé « **documents descriptifs »**, qui décrit chaque document à archiver dans une base d'informations. Ces données sont regroupées en rubriques de nature différente. Ces rubriques sont, par exemple : la date de parution, l'auteur, le lieu, etc. Ce découpage en rubriques représente un modèle qui détermine la manière d'indexer les documents dans la base. Nous appelons ce modèle un " modèle de document ".

Chaque rubrique est associée à un type. Par exemple, la rubrique " la date de parution " a pour type " date " ; " l'auteur " a pour type " mots clés ", " le lieu " a pour type " texte ". Ces types de données sont les types classiques utilisés dans la recherche documentaire, ils définissent la forme des valeurs que peut prendre chacune des rubriques.

Voici un exemple d'un document descriptif :

Auteur : Flaubert, Gustave (type mots clés)

Titre : L'Education Sentimentale (type texte)

Type d'ouvrage : Littérature française (type mots clés)

Date de parution : 1845 (type date)

Résumé : 1840. Frédéric Moreau, un bachelier de 18 ans, aperçoit sur le bateau, qui le mène à sa ville natale de Nogent-sur-Marne, Mme Arnoux. Elle est la femme de Jacques Arnoux, un spéculateur débonnaire. Il échange avec elle quelques mots et un regard : c'est le coup de foudre. Cet instant le marquera à jamais… (type texte)

2.2.1.2 Les langages d'indexation

Un langage d'indexation est ce qui définit la syntaxe à l'intérieur des rubriques d'un modèle de document et les vocabulaires pouvant être utilisés pour décrire le contenu du document lors d'un processus d'indexation.

Deux grands types de langages d'indexation ont été définis [Van Slype, 1976] :

− les langages libres où le vocabulaire est construit " a posteriori ", de manière automatique ou manuelle, à partir d'expressions en langage naturel des contenus des documents. Les langages libres sont souvent utilisés parce qu'ils n'ont pas besoin d'une définition préalable. Cependant, ceux-ci génèrent de nombreuses ambiguïtés sémantiques qui rendent la recherche moins efficace.

− les langages contrôlés où le vocabulaire est construit " a priori ", c'est-à-dire avant la phase de description du contenu des documents. Ce type de langage n'autorise que les termes existants dans une liste. Cette liste est représentée par un dictionnaire ou un thésaurus.

Dans la mesure où notre recherche pose la question de l'indexation d'images, nous allons développer cette thématique de manière plus approfondie.

3. LANGAGE D'INDEXATION

Dans le paragraphe précédent nous avons rapidement présenté les deux principaux types de langages appliqués à la description de documents que sont les langages libres et les langages contrôlés.

Comme nous l'avons esquissé, un langage d'indexation est composé de deux parties distinctes : il comporte d'une part une syntaxe et d'autre part un vocabulaire.

3.1 LA SYNTAXE

Une syntaxe d'indexation indique comment mettre en forme les vocabulaires à l'intérieur des rubriques d'un document descriptif ; ils complètent l'information apportée par les types. Il existe deux grandes formes de syntaxe :

− L'indexation par juxtaposition : les termes sont placés les uns après les autres, séparés par un caractère prédéfini.

− L'indexation par pondération : un document peut illustrer plus fortement certains concepts que d'autres. L'importance relative d'un concept peut être mise en évidence par une pondération associée aux termes le présentant. L'objectif de la pondération est de favoriser une discrimination entre les descriptions des documents pour une recherche plus efficace [Nakapan, 2003].

3.2 LES VOCABULAIRES D'INDEXATION

La forme des vocabulaires d'indexation diffère suivant le langage d'indexation choisi :

- **Les vocabulaires des langages libres :** ils peuvent avoir deux formes

  - une liste de mots clés : elle est constituée de mots simples ou de termes reconnus automatiquement par le système. Cette liste comprend des descripteurs libres qui sont des termes, ensemble de mots représentatifs des documents.

  - une liste prédéfinie de mots vides : (l'anti-dictionnaire) afin d'éliminer les mots dépourvus de sens.

Plusieurs techniques de construction de ces listes de termes ont été répertoriées [Leloup, 1997] : on trouve entre autres,

− la normalisation (elle transforme en infinitif les verbes, en masculin singulier les noms),
− la liste de mots vides (elle permet d'éliminer les articles, les prépositions, …),

− la tokénisation (elle identifie des noms afin d'enlever les verbes, adjectifs, et adverbes,)
− etc.

- **Les vocabulaires des langages contrôlés** : proposent une normalisation des termes à utiliser dans un processus d'indexation, ce qui apporte un meilleur contrôle des ambiguïtés sémantiques. Parmi ces vocabulaires, distinguons plus spécialement la liste d'autorité qui contient des descripteurs normalisés, un descripteur n'évoquant qu'un seul concept[8]. Et le thésaurus, un recueil de termes, qui ne prend pas la forme d'un dictionnaire, ni d'un lexique. Il ne vise donc pas à donner des définitions aux termes utilisés dans une discipline d'une manière exhaustive. Organisé autour des concepts qu'il représente, il explicite les relations existant a priori entre les termes (par exemple relation générique-spécifique).

Pour décrire des domaines techniques, il existe trois grands types de langage que nous allons présenter : les lexiques, les thésaurus et les ontologies. Nous allons introduire notre propos par des considérations sur la construction des langages eux-mêmes.

L'étude menée sur ces deux types de langage nous permettra d'effectuer un choix sur le type de langage à construire afin de décrire notre base d'images [Kattnig, 2002].

3.2.1 Combinatoire et classificatoire

Dans le domaine des sciences documentaires un thésaurus est appelé langage « combinatoire » et non pas « classificatoire », cas du lexique [Dégez et Ménillet, 2001]. Mais que signifie le terme « combinatoire » et comment différencier le combinatoire du classificatoire ?

La différenciation du combinatoire et du classificatoire repose sur la "coordination des termes" :

- Combinatoire [dictionnaire Larousse[9]] ; méthode qui consisterait à combiner les idées humaines de façon à résoudre toutes les questions possibles. Plus précisément Aitchison dit que la particularité du langage combinatoire est qu'il induit la **post-coordination** des termes au cours de l'indexation. Ce type de coordination des termes est spécifique au thésaurus [Aitchison, et al, 1992]. Par exemple pour décrire une table de couleur blanche les termes contrôlés et combinés seront « table » et « blanche » car ces deux termes sont censés appartenir à deux catégories différentes.

8 Ainsi, les cas de synonymie (plusieurs termes ayant le même sens) et de polysémie (un terme ayant plusieurs sens) sont écartés.

9 Petit Larousse en couleurs : dictionnaire encyclopédique pour tous, Paris, 1973.

- Classificatoire [dictionnaire Larousse] : classer est l'action de distribuer par classes, par catégorie. Cela permet de répartir les espèces vivantes en catégories hiérarchisées, selon leurs caractères communs aisés à discerner, les plus significatifs de leur ressemblance profonde et pour certains de leur parenté. Le langage classificatoire repose sur le principe de hiérarchisation du général au particulier et comprend de nombreux termes **pré-coordonnés.** Pour reprendre l'exemple de la table dans le cas du langage classificatoire, dans le thésaurus elle sera décrite par l'expression « table blanche ». Ce qui induit que les deux termes formant l'expression appartiennent à une seule et même catégorie.

La coordination des termes consiste à associer des termes entre eux afin de définir une expression qui sera utilisée pour décrire un document. Cette association de termes peut être prévue ou non à l'avance selon que le langage défini repose sur les principes de la pré-coordination (classificatoire) ou de la post-coordination (combinatoire) des termes.

- La pré-coordination des termes [Dégez et Ménillet, 2001]: Pré-coordonner (Figure 14) des termes signifie pré-lier les termes entre eux afin de constituer un seul terme composé portant une information lors de l'élaboration du langage de description. Ex : si dans un langage une image illustre un escalier balancé ayant été réalisé avec une essence de bois particulière, dans un mode classificatoire pour décrire l'image il faut que l'expression (escalier balancé en sapin) existe dans le langage construit pour décrire ce qui figure sur l'image.

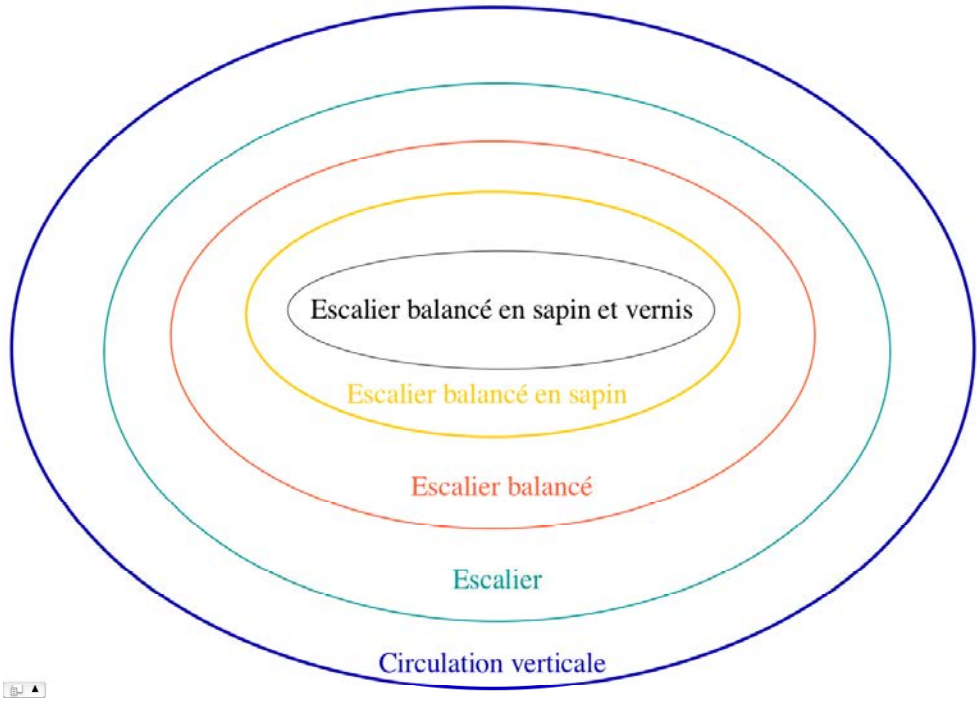


Figure 14 : Langage classificatoire

- La post-coordination des termes [Aitchison, 1992] : Post-coordonner (Figure 15) des termes signifie la possibilité de combiner des termes ou des notions indépendants les uns des autres dans le langage de description dont la combinaison n'était pas prévue à l'avance. Ex : pour reprendre le même exemple, dans un langage combinatoire les notions « escalier balancé » et « sapin » existeront séparément et seront associées pour décrire ce qui figure sur l'image.

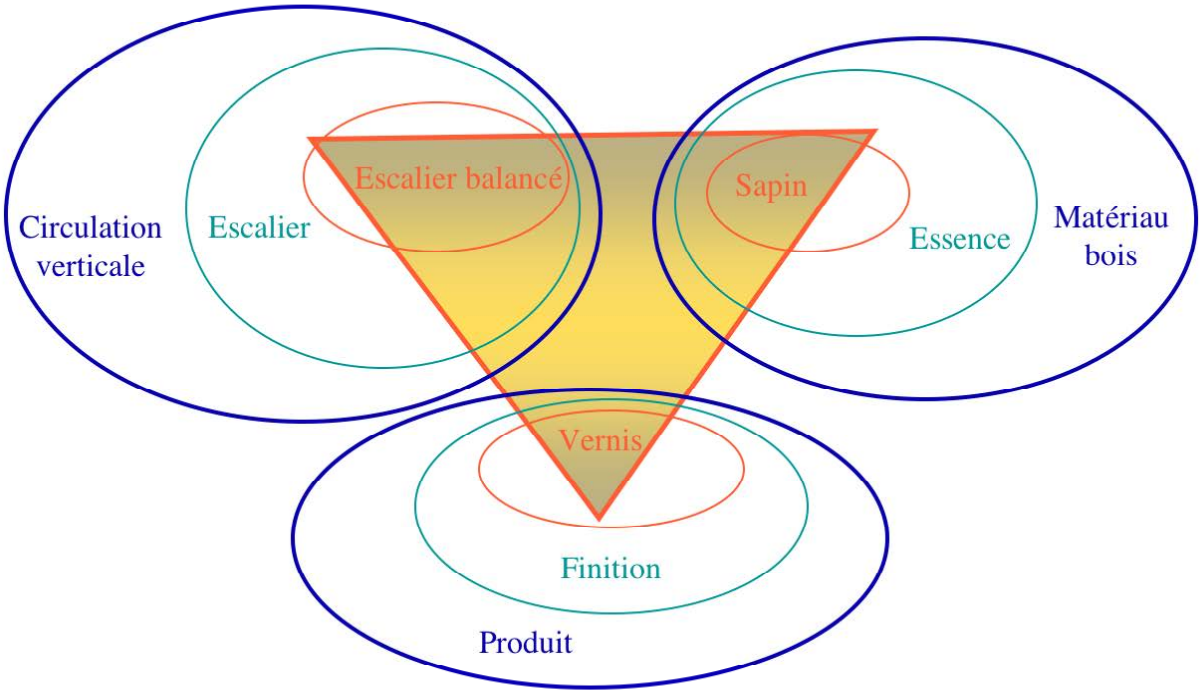


Figure 15 : Langage combinatoire

Dans le langage classificatoire toutes les notions à décrire doivent être définies au préalable, alors que le langage combinatoire permet d'obtenir une expression qui n'était pas définie au préalable.

3.2.2 Les lexiques (classificatoire)

Les lexiques sont des listes de termes représentant un domaine de la connaissance [Dégez et Ménillet, 2001, p29] classés par ordre alphabétique, par exemple les dictionnaires[10]. Le lexique est une organisation particulière de termes car ces derniers ne sont organisés que selon un seul type de relation.

[10] Comme dictionnaire techniques appliqués au domaine du bâtiment citons par exemple : le Dicobat [Dicobat, 1996], dictionnaire des professionnels du bâtiment (ref)…..

Vu le caractère limité du lexique, il nous faut aborder un langage plus complexe qui est un des langages les plus souvent utilisés dans le domaine des sciences documentaires le « thésaurus ».

3.2.3 Le thésaurus (combinatoire)

Le thésaurus représente une structure d'un langage d'indexation contrôlé permettant de rendre une recherche efficace. Il convient donc de l'examiner plus particulièrement.

Un thésaurus est une liste de termes classés selon des règles de hiérarchisation et spécialisation bien précises. Règles utilisées pour passer d'un niveau hiérarchique à un autre. Un thésaurus comprend également des listes de termes organisés sous la forme d'un lexique.

Il existe plusieurs définitions de ce qu'est un thésaurus. Suivant la définition simple d'un dictionnaire généraliste comme le TLFI [Web TLFI], le thésaurus est un « Langage documentaire fondé sur une structuration hiérarchisée d'un ou plusieurs domaines de la connaissance et dans lequel les notions sont représentées par des termes d'une ou plusieurs langues naturelles et les relations entre notions par des signes conventionnels ». En d'autres termes, si l'on résume la définition d'un thésaurus à celle-ci nous pouvons dire qu'un thésaurus est un ensemble de termes hiérarchisés reliés entre eux par des relations conventionnées. Une définition plus précise et plus orientée vers le domaine de la documentation et de la description de documents définit le thésaurus [metamodel.com] comme étant « un vocabulaire de termes contrôlés sous la forme d'un réseau ». Cela signifie qu'un thésaurus utilise ou inclut des relations « associatives » en plus des relations « parent-enfant ». L'expressivité des relations associatives au sein d'un thésaurus varie et peut être aussi simple que « relié au terme » comme « le terme A est relié au terme B ». Ce que l'on peut déduire de cette définition, est qu'un thésaurus est une taxonomie (liste hiérarchisée de termes) à laquelle on ajoute un type de relation entre les termes qui est la relation associative. La définition donnée par Michèle Hudon [Hudon, 1994, p17] semble être la plus claire « le thésaurus est une liste de mots simples ou d'expressions ayant valeur de termes dans un domaine limité de la connaissance, le terme étant défini ici comme la « représentation linguistique (symbolique) d'un concept unique » .

Dans un domaine aussi vaste et technique que celui de l'architecture le type de thésaurus utilisé pour décrire et indexer des documents est le thésaurus à facettes. Le principe des facettes correspond au principe du combinatoire. Comme chaque facette représente un sous-domaine et que la somme de chacun de ces sous-domaines constitue la globalité du domaine, la description optimale du domaine ne se fait que par le biais de la combinaison des notions le décrivant.

3.2.3.1 Les facettes

Dans un thésaurus à facette une liste de termes normalisés, contrôlés, hiérarchisés est organisée dans des rubriques appelées « facettes ». Selon Hudon [Hudon, 1994] une facette est le plus souvent indépendante de toute discipline ou application. L'auteure donne l'exemple de la « lecture » qui est toujours un processus indépendant du contexte d'utilisation du terme : lecture d'un livre, lecture d'une carte, …

Aitchison, quant à lui, en donne une définition plus spécifique et présente ainsi la classification par facette [Aitchinson et al, 1992] « c'est un type de classification systématique faisant appel à des techniques « analytico-synthétique » » :

- Analytique, parce qu'une facette est structurée de manière à regrouper des concepts simples organisés en catégories clairement définies à l'aide d'une méthode rigoureuse appelée analyse par facettes. Basés essentiellement sur des relations genre-espèce, ils sont plus appropriés à des thésaurus techniques. Les facettes sont complémentaires entre elles et sont équivalentes les unes par rapport aux autres. Par exemple dans un thésaurus répertoriant des fruits, nous pouvons trouver la facette « couleur » et la facette « forme » qui constituent dans l'univers des « fruits » deux catégories regroupant des concepts différents mais complémentaires dans leurs propriétés.

- Synthétique, parce que la facette inclut des concepts du plus génériques au plus spécifiques pour représenter des sujets qui ne sont pas énumérés. Pour reprendre l'exemple de la « forme » et de la « couleur », aucune de ces catégories n'est plus générique ou plus spécifique que l'autre.

La structure de chaque facette d'un thésaurus est composée de deux éléments essentiels : les unités lexicales (des termes) et les relations sémantiques entre ces mêmes unités.

3.2.3.2 Les unités lexicales

Afin de réduire toute ambiguïté d'interprétation les unités lexicales se trouvent à l'intérieur de «champs sémantiques» représentés par les facettes qui précisent le sens du terme, Par exemple, le terme «pompe», peut avoir deux sens, soit «appareil» (Appareil destiné à déplacer, et le plus souvent à élever un fluide en l'aspirant ou en le refoulant, au moyen d'un mécanisme), soit «chaussure» dans le langage populaire. Si ce terme se trouve à l'intérieure de la facette «habillement», nous pouvons l'assimiler plus facilement au concept de chaussure.

La liste des unités lexicales ou termes décrivent un domaine : ces termes peuvent être des descripteurs et des non descripteurs. Le descripteur est utilisé pour décrire et indexer les documents. Il est normalisé et contrôlé, représentent ainsi un concept sans ambiguïté. Quant au non descripteur, il renvoie à un ou plusieurs termes descripteurs auxquels il est lié par une relation d'équivalence. Les non descripteurs sont souvent des synonymes de descripteurs et permettent à la personne qui indexe ou qui est à la recherche d'un document de trouver le descripteur adéquat par l'expression d'un terme proche sémantiquement.

Plusieurs autres types de la relation sémantique peuvent être présentes à l'intérieur d'un thesaurus (cf liste des annexes, p 233).

3.2.3.3 Les relations entre les unités lexicales

Dans un domaine, chaque élément est en relation avec les autres éléments. Le vocabulaire construit est composé de termes qui, mis en relation avec les autres, constituent un champ notionnel et conceptuel représentant un domaine de connaissance. De nombreux travaux de recherche [Jolion, 2000] ont montré que les différents concepts, ressortissant à une même catégorie ou facette, sont liés par deux grands types de relations : les relations logiques (ou hiérarchiques) et les relations ontologiques (non hiérarchiques ou transversales).

Un thésaurus comprend en général tout ou une partie des relations suivantes :

- La relation générique-spécifique (sorte-de) : une «Montre de poche» est une sorte spécifique de « Montre »,
- La relation partitive : une « Poignée » est une partie de « Porte »,
- La relation instance : « Mont Blanc » est une instance de « Massif des Alpes ».
- La relation équivalence : « Vitamine C » est une équivalence de « Acide Ascorbique ».

- Les relations hiérarchiques :

Ce type de relation est basé essentiellement sur la comparaison entre deux concepts. Cette relation logique repose sur la similarité entre les propriétés partagées par les deux concepts. Cette similarité apparaît lorsque l'on compare les deux concepts ou lorsqu'on les combine pour décrire une notion complète. Deux types de relations apparaissent dans cette comparaison :

- Générique à spécifique : Le premier type de relation concerne le cas où un concept est plus générique que l'autre. Cela signifie que le concept dit "générique " transmet ses caractéristiques au spécifique, mais l'inverse n'est pas vrai. Le concept spécifique, en plus des caractéristiques transmises par le générique, possède ses propres particularités. Ce type de relation est appelé "hyponymie logique". Ex : cloison → cloison placard [Jolion, 2000].

- Spécifique à spécifique : Le second type de relation concerne le cas où deux concepts sont les spécifiques d'un même générique. Dans ce cas les deux concepts partagent les caractères d'un même concept générique mais chacun d'entre eux possède ses propres particularités. Ce type de relation est appelé "coordination logique". Ex : mât, pilotis → poteau [Jolion, 2000].

    - Les relations non hiérarchiques :

Ce type de relation est appelé « ontologique » [Holzem, 1999], car il ne part pas comme dans le cas précédent de la logique de ressemblance entre deux notions mais de leur situation dans la réalité. Ce sont des relations diagonales, différentes des relations hiérarchiques existantes entre les termes. Par exemple il n'y a pas de relation hiérarchique dans le cas d'un balcon qui prolonge un plancher, il est pourtant nécessaire de décrire la manière dont ils sont ordonnés dans la réalité et les relations qui s'établissent entre eux.

On distinguera trois types de relations ontologiques [Jolion, 2000].

- Relation de coordination : cette relation décrit les liens existants entre un tout et ses parties et ceux entre les différentes parties et le tout. Elle se base sur la contiguïté des objets dans l'espace et décrit par conséquent (balcon-plancher) des relations qui se produisent simultanément. Ex : Poteau→pied de poteau.

- Relation d'enchaînement : cette relation repose sur une succession d'événements dans le temps (relation de cause à effet), qui sont par conséquent séquentiels. Diverses études ont montré quatre critères de distinction dans les relations d'enchaînement : fonctionnel, homéomère, séparable et simultané.

    - Une relation d'enchaînement fonctionnel se manifeste lorsque la partie a une fonction particulière par rapport au tout. Ainsi le rail est une partie fonctionnelle du tout "porte coulissante". Pour qu'une porte soit coulissante, le rail doit d'abord exister au préalable.

    - L'enchaînement homéomère se manifeste lorsque les parties sont matériellement identiques au tout (et entre elles). Ainsi un "poteau" est une partie du tout "colonnade".

    - Une relation d'enchaînement séparable se manifeste lorsque la partie peut se séparer du tout. Ainsi une "maison" sans "toiture" reste toujours une maison.

- L'enchaînement simultané se manifeste lorsque les parties sont présentes en même temps dans le tout. Ainsi la "couverture" est une partie simultanée de "toiture".

Ces différents caractères peuvent se combiner pour donner différents types de relations :

- Composant –objet : charpente→toiture
- Membre-collection : sapin →essence
- Portion-masse : poteau → colonnade
- Matière-objet : lamellé-collé →charpente
- Lieu-région : tête de poteau → poteau
- Phase-processus : poteau → maison
- Caractéristique-événement : stand → bâtiment d'exposition

- La relation d'inclusion : la relation ontologique « tout-partie » permet également de clarifier la notion d'inclusion. Dans cette relation, on soulignera simplement le fait décisif que la notion qui inclut n'est pas une classe, c'est-à-dire une entité qui regroupe des occurrences du même type que l'entité incluse. Ex nez/ visage ou encore baie / cloison.

3.2.4 Les ontologies

Le dernier type de langage utilisé pour décrire des domaines techniques est l'ontologie [Noy et Mc Guiness, 2001]. Sa définition [metamodel.com] trouvée dans le domaine de la gestion des connaissances est : « une ontologie est un langage structuré selon des règles de grammaire appliquées aux termes du vocabulaire afin d'exprimer quelque chose qui a un sens bien particulier pour un domaine bien spécifique. Cette grammaire contient des contraintes formelles (ex : spécifié ce qu'il signifie afin d'être un état formalisé au mieux, assertion, requête, …) sur comment les termes contrôlés de l'ontologie peuvent êtres utilisés ensembles » [Terence, 2000]. Selon cette définition, une ontologie [Savonnet et al, 2002] est une liste de termes contrôlée organisée selon des règles de grammaire spécifiques. Une définition de l'ontologie [Web Chin] beaucoup plus précise la présente comme étant un « Modèle conceptuel spécifique élaboré dans le domaine de la gestion du savoir. Une ontologie peut représenter des relations complexes entre des objets et inclure les règles et axiomes manquants dans un réseau sémantique. Une ontologie qui décrit le savoir dans un domaine précis est souvent reliée à des systèmes de prospection de données et de gestion des connaissances. » . Si nous prenons en compte cette dernière définition il est clair qu'un thesaurus ne serait qu'une sorte d'ontologie.

3.2.5 Bilan sur les types de langages

Nous venons de présenter ce qu'est un thesaurus de manière détaillée. Fréquemment utilisé dans les sciences documentaires pour décrire un domaine. Le domaine, que nous voulons décrire, est un domaine technique particulier de l'architecture en constante évolution. Il nous est donc clairement apparu qu'un thésaurus était adapté pour décrire un domaine aussi complexe, vaste et surtout dynamique. Cette particularité à s'adapter à la complexité d'un domaine est due au caractère combinatoire du thésaurus. Toutefois il est important de noter qu'un thesaurus peut être assimilé, dans le domaine de la représentation des connaissances, à une ontologie restreinte aux relations sémantiques que nous venons d'énumérer.

Dans la partie précédente, nous avons présenté la différence essentielle existant entre un simple lexique et un thésaurus. Le domaine que nous voulons décrire est en constante évolution. Notre besoin s'oriente donc vers l'utilisation d'un langage flexible qui permet l'intégration de relations complexes. C'est pour cette raison que nous avons choisi une forme d'ontologie, que représente le thesaurus, pour décrire le domaine de l'architecture d'un point de vue constructif.

L'ontologie gère des concepts exprimés par des termes et des relations entre ces concepts. Nous proposons de construire cette ontologie en reprenant les règles de construction des thésaurus et des lexiques mais en incluant l'ensemble des relations transversales régissant le domaine à décrire pas toujours présentes dans les relations couramment utilisées dans la construction d'un thesaurus classique.

Le domaine que nous souhaitons décrire est technique. Avant de définir les règles de construction que nous préconisons, il nous semble important d'explorer l'existant des langages déjà utilisés et qui décrivent un domaine technique ou général.

4. QUELQUES LANGAGES DE DESCRIPTION

La description d'un domaine recourt à des savoirs relevant de différents champs particuliers. Nous les présenterons en deux catégories : d'une part ceux appliqués à décrire des domaines autres que le domaine architectural, d'autre part ceux appliqués à la description du domaine architectural [Ivaiw et De Massary, 1999].

4.1 LANGAGES APPLIQUES A DES DOMAINES AUTRES QUE CEUX DE L'ARCHITECTURE

Nous présenterons deux langages destinés à décrire des domaines de connaissances selon des approches différentes. Le premier est un thésaurus appliqué à décrire le domaine industriel et agricole et le second est une ontologie qui se veut généraliste.

4.1.1 Thesaurus international technique (thesaurus de l'AFNOR)

Ce thesaurus est en français ; il a été établi par l'AFNOR [Afnor, 1993] (Agence Française de NORmalisation), et préparé en liaison avec le secrétariat Central ISO et les instituts de normalisation membres du réseau d'information ISONET, à partir des données contenues dans la première édition du thésaurus ISO (1976), des additifs publiés entre 1976 et 1990 et de diverses listes de descripteurs.

Ce thesaurus a été réalisé pour indexer des documents techniques. Les termes décrivent la plupart des activités « industrielles et agricoles ». Seule une partie de ce thésaurus est dédiée à la description de bâtiments appartenant au domaine agricole. Le reste renvoie aux machines et outils, ou autres produits chimiques utilisés dans le domaine agricole.

Il comporte 14 000 termes descripteurs et synonymes (non descripteurs). Les termes composant ce thésaurus proviennent essentiellement de documents normatifs indexés par les divers instituts de normalisation qui l'ont adopté. Un certain nombre de ces termes a été aussi sélectionné à partir de thésaurus techniques spécialisés de façon à assurer une compatibilité, au moins partielle, et à tenir compte des usages dans les diverses professions.

Il se présente sous trois formes, chacune d'entre elles présente la même liste de termes organisés différemment :

- La liste alphabétique structurée décrit chaque unité lexicale par ses relations d'équivalence, ses relations hiérarchiques, ses relations associatives, ainsi que les correspondances entre les langues (équivalent linguistique).

    - Une liste permutée où chaque terme du thésaurus apparaît sous la forme d'un mot "vedette" (uni-terme ou terme composé d'un seul mot) correspondant à chacun des mots le constituant (ex : bois, bois lamellé-collé).

- La liste par domaines ou facettes dans laquelle le corpus est réparti en une centaine de domaines se rapportant aux domaines industriel et agricole.

Une notion peut aini être classée dans plusieurs domaines. Le classement s'effectue à deux niveaux, un classement par ordre numérique et un classement par ordre alphabétique (des termes génériques de plus haut niveau). Ex : "033" bâtiment (hangar, immeuble de bureau, toiture inclinée, solive, …). "003" matériaux (alliage de platine, bois brut, bois de pin, fonte, …).

Ce thesaurus possède une forme assez classique. Il est assez représentatif de ce que doit être un thesaurus utilisable pour l'indexation de document. Il demeure assez exhaustif relativement à son domaine d'application. Sa partie sur la description des matériaux de construction est très pertinente même si le domaine d'application n'est pas celui de l'architecture et du bâtiment.

4.1.2 WORDNet

WordNet (Figure 16) peut être assimilée à une base lexicographique généraliste en anglais développée par "le Cognitive Science Laboratory" à Princeton University sous la direction du Professeur George A. Miller. WordNet n'est pas appliqué à la description d'un domaine particulier. Cette base se veut généraliste, elle comprend des noms d'utilisation courante et compte environ 95 600 termes, dont 51 500 termes simples et 44 100 termes composés. La principale différence entre WordNet et un dictionnaire généraliste standard est qu'il est divisé en cinq catégories lexicales ; noms, verbes, adjectifs, adverbes et les "mots fonctions" [Web WordNet].

La base WordNET se démarque quelque peu du concept de dictionnaire dans la mesure où ce qui importe n'est pas de donner une définition du mot mais de le situer dans un réseau sémantique ou lexical de mots. A cause de cette particularité on peut aussi assimiler WordNet à une ontologie généraliste.



Figure 16 : Interface WordNet et résultats pour le terme « poutre » (beam)

Ce lexique quoique très général, demeure intéressant dans son approche à la fois de description d'un terme, mais aussi de localisation d'un concept dans le réseau sémantique auquel il appartient.

4.2 LES LANGAGES APPLIQUES A DECRIRE LE DOMAINE ARCHITECTURAL

Nous présentons ici deux langages appliqués à décrire le domaine de l'architecture [Paulin, 2001]. Le premier est très exhaustif et a été créé pour décrire tous types de documents architecturaux. Le second est appliqué à décrire des produits du bâtiment.

4.2.1 L'"AAT" (Art & Architecture Thesaurus)

Créé par le J. Paul Getty Trust, l'AAT (thésaurus des arts et de l'architecture) est un thésaurus de termes employés pour le catalogage et l'indexation dans les domaines des arts, de l'architecture et des archives appartenant au domaine de la construction. Outre des termes génériques, spécifiques et équivalents, il contient des renvois à d'autres termes possibles, à des équivalents américains et britanniques, à des données sur les sources ainsi qu'à des notes sur l'historique et la portée des termes. L'AAT a été élaboré à partir de nombreuses terminologies existantes comme le « TAU : Thesaurus Artis Universalis » du Comité International pour l'Histoire de l'Art (CIHA). Ce thésaurus n'est actuellement disponible qu'en anglais.

Il se compose de 125 000 termes. C’est le premier thésaurus exhaustif du domaine des arts et de l'architecture. L’AAT contient notamment la terminologie du catalogage et de l'indexation d'objets et d'archives, ainsi que le vocabulaire tiré de « Revised Nomenclature for Museum Cataloging ». Son point fort se situe dans ses "relations hiérarchiques" ; L’AAT (Figure 17) est organisé en 7 catégories ou facettes qui sont subdivisées en 33 niveaux hiérarchiques [Dauzats, 1994]. Les facettes contiennent une classe homogène de concepts dont les membres partagent des caractéristiques distinctes des autres classes.

Les 7 facettes du AAT sont :

- **La facette des concepts associés** comprend les concepts abstraits ainsi que les phénomènes relatifs à l'étude et à l'exécution de la pensée et de l'activité humaine. (ex: beauté, équilibre, connaissance, métaphore, liberté, socialisme…)

- **La facette des attributs physiques** concerne les caractéristiques perceptibles ou mesurables des éléments et des artefacts. Sont incluses des caractéristiques comme la taille et la forme, les propriétés chimiques des matériaux, les qualités de texture, la dureté et des particularités comme l'ornement superficiel et la couleur (ex : le type de finition, l’aspect de surface, …).

- **La facette des styles et périodes** fournit des termes généralement acceptés pour des groupements stylistiques et les périodes chronologiques distinctes appropriées à l'art, l'architecture et les arts décoratifs (par exemple, le style Louis XIV, l’expressionnisme abstrait).

- **La facette des agents** contient des termes pour les désignations des personnes, des groupes de personnes ou des organisations identifiées par leur occupation ou leur activité, selon des caractéristiques physiques ou selon le rôle ou la condition sociale (par exemple, graveur, architecte paysagiste, ordre religieux).

- **La facette des activités et des caractéristiques mécaniques** englobe le secteur de transmission d'effort et des actions physiques. Elle regroupe le nom des outils « matériels », ainsi que celui des actions physiques simples ou complexes (par exemple, l'archéologie, l'ingénierie, l'analyse des contours, le sens de transmission des charges, le dessin, la synthèse d'image, la corrosion).

- **La facette des matériaux** traite des substances physiques, naturelles ou synthétiques, comme les colorants ou les matières premières qui ont été formées ou traitées dans les produits et qui sont employées dans la fabrication de structures ou d'objets (par exemple, fer, argile, adhésif, émulsifiant,…).

- **La facette des objets** est la plus importante par la taille de toutes les autres facettes de l'AAT. Elle conjoint les choses produites par l'effort humain et des images et des documents écrits décrivant des ouvrages construits du point de vue de leur utilité et de leur esthétique. Sont incluses également les particularités de paysage qui fournissent le contexte pour l'environnement construit. Ces particularités concernent plus spécifiquement :

    - L'environnement du bâtiment.
    - L'équipement et mobilier.
    - Les documents traces de communication visuelle et verbale.



Figure 17 : Les facettes de l'AAT. Exemple du niveau hiérarchique de l'objet « poutre » (beam).

En conclusion, l'analyse de l'AAT met en évidence que son point fort est certainement son exhaustivité qui génère, cependant, une hiérarchisation profonde : ce qui peut être son principal inconvénient, le terme « poutre » par exemple est présent au 12ème niveau hiérarchique de la facette

« objet ». Cette profondeur dans la hiérarchie constitue la difficulté majeure d'une indexation manuelle, notamment lorsqu'il s'agit d'indexer des images. L'indexeur mettra beaucoup de temps à retrouver le terme « poutre », peut être privilégiera-t-il alors un terme plus générique comme celui de « composant » du 3° niveau hiérarchique. Un autre inconvénient de cette exhaustivité est paradoxalement la trop grande précision des termes. En effet, il existe par exemple une distinction entre « encastrement de la poutre » et « poutre préfabriquée », … précision certes pertinente pour la description d'une œuvre, mais la distinction de ces principes constructifs renvoyant à « forme » est difficile sur une image illustrant une réalisation à l'état fini.

Aujourd'hui, l'AAT est majoritairement disponible en anglais. Seuls 2 600 termes ont été traduits en langue française et la traduction du reste des termes est toujours en cours. S'il permet de décrire de manière exhaustive le domaine de l'architecture, il n'est absolument pas adapté à la description de documents de type image.

4.2.2 LE COBOSYSTEMS

Le COBOSYSTEMS [Cobosystems, 1994] est un système composé de plusieurs parties, dont l'objectif est de classer la documentation technique des fabricants de produits du bâtiment. Il comprend trois parties : d'une part une liste relativement exhaustive des firmes relevant du secteur de la construction, d'autre part des pages reprenant les informations relatives aux entreprises, et enfin, des "pages-data" rassemblant des données techniques relatives à un certain nombre de produits de construction.

La classification du COBOSYSTEMS repose sur la norme Suédoise « SfB[11] ». Cette norme a été reprise dans plusieurs pays et est appliquée en Belgique sous le nom de « BB/SFB ». Utilisée dans plusieurs pays comme la Belgique, l'Angleterre, la Suède, elle propose un classement des produits spécifiques au domaine du bâtiment. Le langage du COBOSYSTEMS se décompose en 5 facettes (ou tables) qui permettent la description d'une sorte de "cartouche" associé au produit à décrire (Figure 18):

- **Table 0 : programme** : la facette « programme » du langage du COBOSYSTEMS décrit le type de programme à laquelle appartient le bâtiment. Par exemple nous retrouvons : hôpital, école, habitation,… Cette facette comprend également le nom de la fonction des espaces communs à plusieurs de ces bâtiments : cuisine, hall, espace sanitaire…

- **Table 1 : fonction :** la seconde facette du langage du COBOSYSTEME recouvre la fonction remplie par les parties du bâtiment appelées dans ce cas "éléments" ou ouvrages. Par exemple nous trouvons mur extérieur, plancher, par exemple.

- **Table 2 : forme :** cette troisième facette reprend les noms de la forme de l'élément employé, ainsi les blocs, les carreaux, …

- **Table 3 : matière :** cette facette regroupe les noms de la matière dans laquelle est réalisé l'ouvrage construit ; on trouve par exemple ; terre cuite, acier, bois, …

- **Table 4 : autre :** cette dernière facette englobe caractéristiques, ainsi que les performances des parties du bâtiment. Sont inclus par exemple les mots ; couleur, dimension, isolation thermique, réaction au feu. En outre, la table N°4 permet également de décrire certains aspects "relatifs au bâtiment" comme les activités de la construction : par exemple : conception, contrôle de chantier, réception … ainsi que les moyens de construction, contraintes économiques, facilité de stockage, etc.

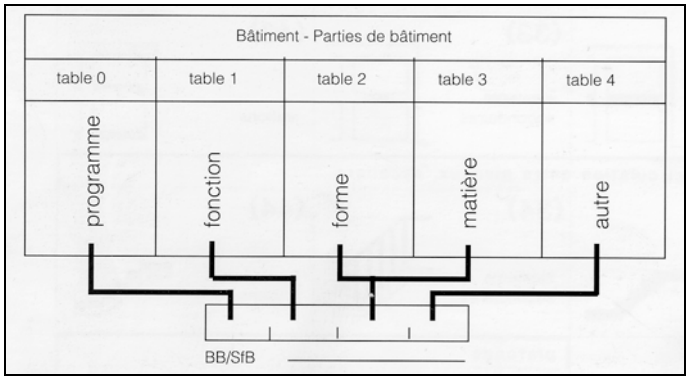


Figure 18 : Les tables du COBOSYSTEME BB/Sfb

Dans le tableau ci-dessous (Tableau 1) nous présentons un exemple de produit classé selon la norme du cobosystems :

Plaques à recouvrement en aluminium				
Table 0	Table 1	Table 2	Table 3	Table 4
	2	(41)	Nh4	(W)
	Eléments primaires de la superstructure	Finitions extérieures	Plaques rigides à recouvrement / profilés	Maintenance transformation.

Tableau 1 : exemple d'un produit classé dans le catalogue du COBOSYSTEME.

Le COBOSYSTEMS est une norme de classification comprenant plusieurs parties dont un langage de description (Figure 18) adapté aux produits du bâtiment. Cette norme est une expérience intéressante pour la description technique de produits. Elle n'est cependant répandue que dans quelques pays Européens dont la France ne fait pas partie. Elle propose une organisation en facettes qui couvre un certains nombre d'aspects importants de la description de produits. En revanche sa structuration sémantique en termes de relation reste pauvre.

4.3 UN LANGAGE A BASE D'ICONES

Nous souhaitons présenter ici un langage de description dédié aux images qui n'utilisent pas des mots mais des icônes. L'information extraite est traduite par une icône [Eco, 1999] représentant un concept figurant sur l'image. En général la présentation d'une icône est composée de deux parties, une forme dite synthétique et un texte succinct décrivant cette forme. L'indexation effectuée avec ce type de descripteurs repose sur une première sélection au sein d'une base principalement formelle ou symbolique du concept à décrire. Divers travaux de recherches telles que ceux de Köhler [Köhler, 1964] ou encore de Pierce [Pierce, 1978] utilisant comme descripteurs des icônes ont été menés sur l'utilisation des langages iconiques[12] dans le cadre de l'architecture [Scaletsky, 2003]. Ces langages de description sont ceux de Raynaud [Raynaud, 2002] et de Ching [Ching , 1996]. Tous deux ont défini un vocabulaire sous la forme d'une liste hiérarchisée de concepts ayant pour objectif la définition d'un langage décrivant les œuvres architecturales.

Le principal inconvénient de ce type d'indexation est que l'icône choisie peut être interprétée de différentes façons selon la personne qui indexe. Cela provient du fait qu'une icône représente de façon très synthétique une information et que cette information peut être de nature symbolique. Ainsi une icône même si elle s'applique à un domaine bien précis pourra avoir plusieurs sens. En effet une barre horizontale peut représenter un sens interdit ou encore la linéarité d'une forme [Scaletsky, 2003] [Web symbols].

4.4 BILAN SUR LES LANGAGES DE DESCRIPTION

Les langages de description que nous venons de présenter ont illustré la variété des formes qu'ils peuvent prendre. Certains possèdent de nombreuses facettes afin de couvrir le maximum de champs sémantiques. D'autres sont caractérisés par une haute précision qui engendre des niveaux hiérarchiques très profonds. La présence de relations sémantiques est variable, elle aussi, et dépend de l'utilisation faite du langage. Lorsque l'indexation n'est pas guidée (comme dans WordNet), la localisation sémantique est importante car le choix du bon concept est une phase critique. Par contre lorsque

[12] http://www.symbols.com/graphicsearch.html

l'indexation est guidée (comme dans le COBOSYSTEMs), chaque rubrique à indexer est associée à une facette afin de faciliter le choix du bon concept.

La description des images par des icônes a posé deux problèmes. D'une part, l'interprétation du pictogramme engendre beaucoup d'avis différents quant au sens associé à la forme représentée. Seul le sens véhiculé par le texte permet une interprétation cohérente. D'autre part, elle prend autant de temps lors de l'indexation des images que si celle-ci avait été faite par du texte.

La particularité de l'image dans l'utilisation d'un langage d'indexation va, elle aussi agir sur sa forme et sa structuration, nous étudierons ce point dans un prochain paragraphe (cf 4.5).

4.5 UTILISATION D'UN LANGAGE : LE PROCESSUS D'INDEXATION

Un processus d'indexation consiste à mettre en oeuvre un modèle de document, et un langage d'indexation. Trois types de processus sont pratiqués : l'indexation manuelle, l'indexation automatique, et l'indexation semi-automatique.

- **L'indexation manuelle** nécessite une intervention humaine. Elle demande beaucoup de personnels et de temps. Afin de la rendre plus cohérent le processus d'indexation manuel, les indexeurs doivent respecter des règles d'indexation strictes. L'indexation manuelle a d'abord été pratiquée pour les systèmes de recherche documentaire. Un des exemples de ce genre d'indexation est celui utilisés pour des livres dans une bibliothèque ou des articles dans un centre de recherche (i.e. les fonds d'articles et de monographies de l'INIST).

- **L'indexation automatique** permet de gagner de temps. Cependant, elle ne peut mettre en oeuvre que des principes d'indexation automatisables (statistiques, linguistiques, propabilistes,..). [Halin, 1989] [Lamirel, 2003].

- **L'indexation semi-automatique** est un compromis entre les deux modes précédents. Souvent, le système d'indexation applique d'abord une indexation automatique qui donne les premiers éléments d'indexation. Puis l'indexation manuelle complète et corrige les informations obtenues par l'indexation automatique.

Lorsque tous les documents d'une base possèdent leur représentation interne sous la forme d'un document descriptif, ils deviennent potentiellement candidats à la rétrospection via le processus d'interrogation.

4.6 L'INTERROGATION

Une vue simplifiée des composants d'une méthode d'interrogation est présentée par le schéma suivant (Figure 19) [Nakapan, 2003] :

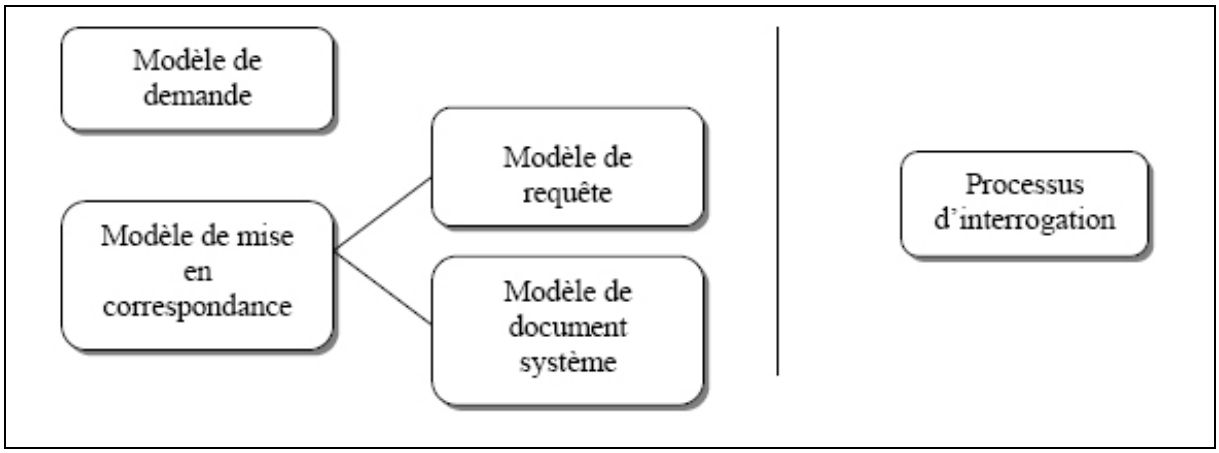


Figure 19 : Vue simplifiée d'une méthode d'interrogation

L'interrogation d'une base de documents est le processus principal d'un système de recherche d'informations. Elle offre à l'utilisateur le moyen d'exprimer son besoin, tout en respectant un modèle déterminé, appelé «modèle de demande».

4.6.1 Les modèles de demande

Un modèle de demande permet au système de recherche de contrôler et de guider l'utilisateur lorsqu'il formule sa demande. L'utilisateur doit s'adapter au langage proposé pour exprimer correctement son besoin. Les modèles utilisés sont :

- **La formulation en langage naturel :** ce modèle permet à l'utilisateur de formuler sa demande en utilisant des expressions ou des phrases. Il peut également poser une question. L'utilisateur peut demander par exemple, « Quel est l'impact de l'Euro sur la communauté européenne ? ». Une technique d'analyse linguistique est ensuite nécessaire pour interpréter la demande,

- **La formulation booléenne :** ce modèle est couramment utilisé. Il s'est fondé sur l'utilisation d'expressions pour la recherche mise en relation avec des opérateurs booléens (ET, OU, SAUF,...). Une demande booléenne peut par exemple être : (« impact » ET « euro » ET (« communauté européenne » OU « commerce »)),

- **La formulation en texte libre :** l'utilisateur doit résumer son thème de recherche en quelques mots (pas de phrase ni de question) comme par exemple « impact, Euro, communauté européenne ».

- **La formulation en texte contrôlé :** l'utilisateur doit choisir des thèmes de recherche dans la liste des termes proposée par le système. La liste des termes peut être obtenue par l'utilisation d'un thésaurus ou d'une liste contrôlée.

Une fois la demande formulée, elle est interprétée sous la forme d'une requête en respectant un modèle prédéterminé, appelé « modèle de requête » qui définit la syntaxe et les éléments composant une requête.

Une autre étape préparatoire consiste à transformer les documents descriptifs de la base sous forme de « document système ». Cette transformation respecte un « modèle de document système ». La requête respectant le modèle de requête sera alors "mise en correspondance" avec l'ensemble des documents systèmes en utilisant un modèle de mise en correspondance (booléen, vectoriel, probabiliste ou logique [Lamirel et al, 2000]). Le résultat est alors un ensemble de documents dits "pertinents" qui sont présentés à l'utilisateur.

4.6.2 La pertinence

La notion de pertinence peut être définie à plusieurs niveaux [Halin, 1989] :

- **La pertinence système :** lorsqu'un document est jugé pertinent par le système par rapport à la requête,

- **La pertinence utilisateur :** lorsque l'utilisateur émet un jugement sur les documents que le système lui propose,

- **La pertinence globale d'un système** : son évaluation permet de mesurer l'efficacité du système sur une ou plusieurs collections.

La préoccupation principale d'un système de recherche d'informations est de répondre efficacement aux besoins d'un utilisateur. Pour évaluer si tel est le cas, nous devons évaluer la pertinence globale d'un système. Pour cette évaluation, des mesures classiques qui sont « le rappel » et « la précision » sont utilisées :

− Le taux de rappel est la proportion des documents pertinents retrouvés par une requête par rapport à l'ensemble des documents pertinents existant dans la base,

− Le taux de précision est la proportion des documents pertinents parmi les documents retrouvés par le système.

Voici les formules permettant le calcul de taux de pertinence (Figure 20 et Figure 21) :

$$\text{Le taux de rappel } (R) = \frac{\text{Le nombre de documents jugés pertinents par l'utilisateur retrouvés}}{\text{Le nombre de documents pertinents dans la base jugé par l'expert}}$$

Figure 20 : Formule pour le calcul du taux de rappel

Le taux de rappel général d'un système de recherche d'informations classique se trouve entre 0.6 et 0.8. [Van Slype, 1986].

$$\text{Le taux de précision } (P) = \frac{\text{Le nombre de documents jugés pertinents par l'utilisateur retrouvés}}{\text{Le nombre de documents récupérés par le système}}$$

Figure 21: Formule pour le calcul du taux de précision

Le taux de précision général d'un système de recherche d'informations classique se trouve entre 0.2 et 0.8 [Halin, 1989].

4.7 CONCLUSION

Afin de proposer une méthode de recherche d'informations, il faut définir une méthode d'indexation et une méthode d'interrogation qui prennent en compte :

- les caractéristiques (profil) de l'utilisateur,
- le type de document recherché,
- la quantité de documents manipulés,
- les ressources disponibles (temps, homme, machine),
- et le domaine d'application de la recherche.

Le domaine d'application de la recherche d'informations représente la connaissance de base qu'il faut étudier, décrire et représenter. Ce travail est nécessairement présent dans les deux autres formes de recherche d'informations qui nous intéressent, à savoir la recherche d'images et plus particulièrement la recherche de références imagées d'ouvrages.

5. RECHERCHE D'INFORMATIONS UTILISANT L'IMAGE

Au début du développement des systèmes de recherche d'informations, les spécialistes ne s'intéressaient qu'à l'information représentée par du texte, seule information traduisible en fichier numérique. Mais de nos jours, avec l'émergence du multimédia, les documents numérisés peuvent être du texte, une image, un son, ou une vidéo. L'utilisation de l'image a connu une forte croissance notamment par l'augmentation des grandes banques d'images. L'arrivée d'Internet n'a fait qu'amplifier le phénomène ; la quantité d'informations imagières devient pléthorique. Le développement de méthodes de Recherche d'Images (RI) est alors une priorité et de nombreuses recherches visent à développer ces systèmes [Del Bimbo, 1999]. Les applications qui en découlent sont nombreuses : l'archive de photo-journalisme, les empreintes digitales pour l'investigation criminelle, les bases d'images médicales, les informations géographiques, etc.

La recherche d'informations utilisant l'image est bien un cas particulier de recherche d'informations. Dans ce paragraphe, nous présentons deux formes de ce type de recherche :

− la recherche qui utilise l'image pour retrouver d'autres formes d'informations (le résultat peut être une personne, un lieu, un ouvrage ...).

− la recherche d'images (le résultat d'une recherche est l'image),

5.1 LA RECHERCHE D'IMAGES (DONT LE RESULTAT D'UNE RECHERCHE EST L'IMAGE)

Toute recherche d'images repose sur une méthode de recherche d'informations. Pour décrire une méthode de recherche d'images, nous devons alors nous intéresser aux deux fonctions principales d'un Système de Recherche d'Informations (SRI), i.e. l'indexation et l'interrogation.

Nous distinguons deux grandes méthodes de recherche d'images :

− la recherche d'images fondée sur la sémantique,
− la recherche d'images fondée sur la similarité

Intéressons-nous d'abord à la recherche d'images fondée sur la sémantique.

5.1.1 La recherche d'images fondée sur la sémantique

Bien longtemps avant que l'image ne soit numérisée, l'accès à l'image était géré par les bibliothécaires ou les archivistes, en associant à l'image des termes descriptifs et une référence. Lorsque la gestion informatique d'une base d'images apparaît, c'est la recherche d'images fondée sur la sémantique qui est une des premières méthodes développées.

5.1.1.1 L'indexation d'images fondée sur la sémantique

Nombreuses sont les recherches qui ont caractérisé plusieurs aspects de l'image liés à son sens, visant à indexer, et donc à la décrire par des mots. Le travail de Panofsky [Panofsky 1970] a largement influencé le développement de méthodes d'indexation d'images fondées sur la sémantique. Panofsky propose trois niveaux d'objets sur les images artistiques : la pré-iconographie (les objets primaires ou les événement qui constituent le monde de l'artiste), l'iconographie (les objets secondaires qui constituent le monde de l'image), et l'iconologie (les contenus intrinsèques qui constituent la valeur symbolique de l'image).

Plus tard, Shatford [Shatford, 1986] a proposé une classification des images par facette. Selon Shatford, l'image est décomposable en quatre facettes : les objets (Qui), les activités et les événements (Quoi), le lieu (Où), le temps et l'espace (Quand). Ce travail a mis en évidence de nombreux attributs de l'image qui conviennent d'être indexés pour en décrire le sens.

Ces attributs de l'image peuvent être regroupés en deux ensembles d'entités :
− les entités concrètes et objectives (i.e. l'objet, le lieu, l'action, …),
− les entités abstraites et subjectives (i.e. l'émotion, l'ambiance, l'impression, …).
Chaque entité correspondra opportunément à une rubrique du modèle d'indexation.
Une fois le modèle d'indexation défini, il s'agit de formuler des consignes d'indexation. Un certain nombre de questions doit être posé lors de l'énonciation des consignes, comme par exemple :

− quel sera le centre d'intérêt de l'utilisateur recherchant une image dans la collection (i.e. le monument historique, l'architecture, l'ingénierie, etc.) ?,
− faut-il indexer l'image avec un terme générique (i.e. une tour), ou un terme spécifique (i.e. la tour Eiffel) ?,
− est-ce que une indexation précise est-elle nécessaire ? (i.e. la tour Eiffel, 10 jours avant l'an 2000),
− …
Considérant maintenant le processus d'indexation, les termes d'indexation peuvent être fournis par un indexeur humain. Ce processus d'indexation a été pratiqué notamment dans le début de la gestion des bases d'images. Dans ce genre d'indexation, l'indexeur doit suivre une consigne d'indexation.

Les termes d'indexation peuvent être aussi extraits automatiquement [Brilakis et Soibelman, 2005] lorsque l'image est accompagnée d'un texte qui la décrit (appelé " texte collatéral ", i.e. légende, titre, sous titrage). Dans ce cas, l'interprétation de l'image reste humaine, car ce texte a été construit par une personne, tout comme les termes récupérés.

Cependant, les termes d'indexation extraits des textes collatéraux ne sont jamais aussi pertinents sémantiquement que ceux fournis manuellement ; c'est pourquoi un processus d'indexation semi-automatique d'images est souvent préconisé [Dzeng et Shih-Yu, 2005].

5.1.1.2 L'interrogation d'une base d'images fondée sur la sémantique

Dans une recherche d'image fondée sur la sémantique, nous pouvons identifier deux formes de modèle de demande.

La première forme est similaire à la formulation libre de la recherche textuelle de document. L'utilisateur interroge le système en fournissant des termes qui reflètent son besoin. Pour cela, il doit s'adapter à l'interface du système et projeter son besoin en mots.

La deuxième forme d'interrogation consiste à demander à l'utilisateur de choisir des images qui représentent son besoin. Ces images étant indexées par des termes, lorsque l'utilisateur choisit ou rejette des images, c'est comme s'il choisissait ou rejetait des termes présents dans l'indexation des images.

Dans les deux méthodes, la demande sera transformée en requête, tout en respectant un modèle de requête. Cette requête est alors mise en correspondance avec les autres images de la base. Le résultat est un ensemble d'images qui correspondent à la demande.

Dans l'interrogation fondée sur la sémantique, la requête est construite à partir d'une liste des termes. Aussi, la similarité des images repose sur la similarité des termes qui les indexent.

5.1.1.3 Les exemples de systèmes sémantiques de recherche d'images

Les moteurs de recherche d'images suivants sont fondés sur la sémantique :

− Reposant sur cette méthode, plusieurs moteurs de recherche sur Internet permettent de retrouver les images, comme par exemple, Altavista10, Google11, Yahoo!12. La plupart du temps, les termes sont extraits automatiquement du contenu des pages Web référencées (i.e. Altavista, Google), à l'exception des pages référencées sur Yahoo où les termes sont ceux des catégories de Yahoo. Dans ces moteurs de recherche, l'utilisateur doit saisir les mots qui décrivent le contenu de l'image recherchée.

− Les bases photographiques que l'on trouve sur Internet comme Corbis13, Getty's14 reposent également sur cette méthode. Dans le système de Getty's [Bjarnestam, 1998], les images sont indexées par des mots-clés extraits d'un thésaurus spécialisé. Plus de 12.000 mots clés sont classés dans neuf champs sémantiques hiérarchisés : Géographie, Nature (qui se décline en Animaux, Phénomène naturel, et Flore), Invention humaine, Emotions, Image, Concepts et sujets, Peuple, Activité, et Description. L'interrogation de la base photographique utilise une formulation booléenne.

− La Base Iconographique « mémoire » du ministère de la culture et de la communication[13], propose des illustrations qui ont été réalisées à partir de documents très divers : photographies, gravures, plans, dessins et autres documents graphiques. Ces documents illustrent des thèmes variés : architecture civile et religieuse (France et anciennes colonies), patrimoine mobilier, expositions universelles, événements historiques (autochromes de la première guerre mondiale), reportages (voyage de Paul Nadar au Turkestan), portraits de célébrités et d'anonymes (Sarah Bernhardt par Félix Nadar). Ces illustrations sont indexées par le thésaurus de l'architecture qui comprend 1135 termes et s'organise huit rubriques d'architecture (religieuse, militaire, de l'administration, génie civil, industrielle, domestique, funéraire et urbanisme) (cf 6.1.2).

Ces méthodes de recherche s'appuient sur le sens de l'image. Pour cela, il est nécessaire d'interpréter l'image lors de l'interrogation. En revanche lors de l'indexation, cette interprétation n'est possible que si elle est humaine. En conséquence, les concepts associés à l'image sont proches de la façon de penser des êtres humains, i.e. l'objet, l'endroit, le nom d'une personne.

De nombreux inconvénients se présentent cependant. L'indexation manuelle est fastidieuse. Une image peut être indexée de plusieurs manières, selon le point de vue adopté par la personne qui l'indexe, et il est presque impossible de décrire certaines caractéristiques de l'image en mots. Afin d'améliorer les performances des systèmes de recherche d'images, les chercheurs s'intéressent de plus en plus à une autre approche, qui est la recherche d'images par similarité.

5.1.2 La recherche d'images par similarité

Cette méthode de recherche repose sur l'utilisation des caractéristiques physiques de l'image, i.e. forme, couleur, texture, répartition spatiale, etc. Elle s'est largement développée ces dernières années [Levy, 1977].

5.1.2.1 L'indexation d'images par les caractéristiques physiques

Cette méthode d'indexation est adaptée aux grandes bases où l'indexation manuelle ou semi-automatique serait fastidieuse. Elle consiste à extraire une ou plusieurs caractéristiques physiques des images de la base :

− Couleur : la couleur est une des caractéristiques physiques couramment utilisée dans la recherche d'images. Elle est relativement robuste face à une scène complexe et elle est indépendante de la taille de l'image. Nous pouvons représenter la répartition de couleurs d'une image entière (couleur globale)

[13] www.culture.gouv.fr

ou la couleur d'une zone découpée (couleur locale). L'histogramme des couleurs [Duffing, 2001] est un exemple de technique utilisée pour représenter la répartition des couleurs dans une image.

− Texture : la texture se réfère à une disposition des parties d'une surface possédant une certaine homogénéité. Cette dernière résulte de la présence de plusieurs couleurs ou de plusieurs intensités de pixels qui composent une surface dans l'image. La texture est une propriété interne à toutes les surfaces : nuages, arbres, brique, verrière, etc. Cette propriété est importante dans la mesure où elle indique une relation entre la surface et l'objet, une surface lisse et transparente renvoie à du vitrage. Par exemple, une des techniques utilisées pour l'extraction de texture est l'indice Haralick [Haralick et al, 1973]. Ce dernier a défini 14 indices qui correspondent à des caractères descriptifs des textures. Ces indices peuvent être calculés à partir de matrice de cooccurrence de pixels en niveaux de gris dans une région.

− Forme : La forme permet de détecter un objet sur une image. Deux techniques d'extraction de formes ont été identifiées : l'extraction par frontière et l'extraction par région. La première s'intéresse au profil d'une forme alors que la seconde extrait la quasi-totalité de la surface d'une forme. Une technique courante pour l'extraction de forme est la transformation de Fourier. Ces caractéristiques extraites sont présentées sous formes de données numériques, que l'on appelle la signature, et qui sont généralement représentées sous la forme d'un vecteur de dimension très élevée. De nombreux travaux sur l'extraction de signatures sont réalisés au sein de l'équipe IMEDIA de l'INRIA Rocquencourt [Vertan et Boujemaa, 2000] [Boujemaa et al, 2001]. L'objectif premier de l'équipe IMEDIA est de développer dans un contexte multimédia, des méthodes d'indexation par le contenu, de recherche interactive, et de navigation dans des bases d'images. Depuis la création de l'équipe, de nombreuses signatures d'images ont été développées pour traduire des caractéristiques physiques d'images.

5.1.2.2 L'interrogation de la base d'images par similarité

On recense plusieurs formes d'interrogation d'une base d'images par similarité visuelle, consistant à retrouver une image qui ressemble à une autre, ce genre d'interrogation est également appelé « l'interrogation par image exemplaire ». Une forme d'interrogation courante est de choisir une ou plusieurs images que propose le système. Grâce à une navigation l'utilisateur est amenée à visualiser un ensemble d'images avant d'en choisir une ou plusieurs qui l'intéressent. Celles qu'il sélectionnera seront utilisées pour retrouver des images similaires. Une autre forme d'interrogation consiste à demander à l'utilisateur un exemple de l'image recherchée provenant de l'extérieur du système. Cette image exemplaire peut être fournie au système par un croquis par un fichier, etc. Une fois l'image exemplaire fournie au système, celui-ci met en correspondance les caractéristiques physiques de l'image exemplaire avec les images dans la base. Plusieurs techniques de mise en correspondance ont

été proposées, comme par exemple, l'évaluation de la similarité des histogrammes de couleur [Del Bimbo, 1999].

5.1.2.3 Les exemples de systèmes de recherche d'images par similarité

Un des premiers systèmes reposant sur cette méthode par similarité est le système « ART MUSEUM » [Hirata et Kato, 1992], qui propose une interrogation par croquis. L'interrogation de la base d'images repose sur l'utilisation de la forme. Malgré beaucoup d'investissement en terme de recherche sur ce genre de système, peu sont commercialisés. Un des premiers outils sur le marché est QBIC de IBM. Les images sont indexées par la couleur et la texture. Ce système utilise la formulation par l'image exemplaire proposée par le système. L'utilisateur a aussi une possibilité de fournir au système une image par croquis. Un autre système commercialisé est « Excalibur Visual Retrieval Ware ». Ce logiciel est en fait une boîte à outil destinée au développement d'application de recherche d'images. La recherche d'images d'Excalibur met conjointement histogrammes de couleur, orientation relative des formes, sinuosité et contraste des traits de l'image, et texture. Excalibur Visual Retrieval Ware est exploité par le système " Image Surfer ", qui se trouve sur les moteurs de recherche Yahoo! et Infoseek.

Un autre système plus récent est « Look That Up ». Cette technologie est la version commercialisée de Surfimage de l'équipe IMEDIA de l'INRIA Rocquencourt [Boujemaa et al, 2001]. (cf 5.1.2.2. forme). La sélection de la méthode de calcul des signatures dépend du type de la base d'images utilisée. Si la base est générique (ou hétérogène, les images illustrent des sujets très différents, i.e. les images du Web, d'actualités), la méthode de calcul ne peut être que générique, comme par exemple l'histogramme des couleurs ou la transformation de Fourier. Dans le cas contraire, pour une base spécifique (ou homogène, les images illustrent un même sujet, i.e. les images de satellite, d'empreintes digitales, …) la méthode de calcul utilisée devra alors être conçue spécialement. La stratégie de recherche par une image exemplaire intègre des fonctionnalités complexes telles que la combinaison de signatures, la classification, les requêtes multiples ou encore l'affinement de requête.

L'avantage de la recherche d'images par similarité est l'automatisation de l'extraction de l'information sur le contenu de l'image. L'indexation est donc plus économique en terme de temps et de personnels. La recherche d'images par similarité présente aussi des inconvénients ; elle ne peut trouver en effet que des images similaires « visuellement ». Le sens du caractère visuel représenté est difficile à définir. C'est pourquoi un système de recherche d'images basé sur cette méthode demande à l'utilisateur de fournir une image similaire à celle qu'il souhaite obtenir.

Afin de combler cette lacune dans l'interprétation de l'image, une base de connaissance sémantique est utilisée en association avec la recherche par similarité. Le besoin d'exprimer le sens de l'image recherchée dans une recherche par similarité a donné naissance aux méthodes mixtes (sémantique – visuelle).

5.1.3 La recherche d'images mixte

Il existe donc des méthodes de recherche d'images qui utilisent les deux méthodes de recherche présentées précédemment, c'est-à-dire la recherche d'images fondée sur la sémantique et celle par similarité. Plusieurs systèmes reposent sur une telle association.

La recherche thématico-visuelle [Duffing, 1999] s'appuie comme son nom l'indique, sur une double description des images (thématique et visuelle). Ce système part du principe que les images représentant une même thématique possèdent des caractéristiques visuelles similaires. Dans le cas de corpus partiellement indexés de manière thématique, l'indexation par des critères visuels peut apporter une contribution originale à la problématique de la recherche d'images.

Une partie des images corpus est indexée par les termes du thésaurus WordNet, système structuré de références lexicales en anglais (cf 4.1.2). Des ensembles d'images similaires du point de vue thématique sont créés. Le système extrait ensuite la signature de toutes les images du corpus pour constituer des ensembles d'images similaires du point de vue visuel grâce aux critères : couleur globale, locale et texture.

Un mécanisme de bouclage de pertinence mis en place permet à l'utilisateur, lors d'une recherche, de juger la pertinence de l'image sur les critères des thèmes, de la couleur, et de la texture. Ce mécanisme conduit à une identification rapide du besoin de l'utilisateur, qu'il soit thématique ou visuel. L'image choisie entraîne dès lors une recherche respectant le point de vue identifié. Il peut arriver cependant, que l'utilisateur sélectionne une image qui n'est pas indexée par des critères thématiques pour faire une recherche sémantique. Dans ce cas, les ensembles thématiques des images appartenant au même ensemble visuel que l'image sélectionnée, seront présentés comme résultat.

Un prototype concrétise la majeure partie de ces propositions et a permis leur évaluation sur deux corpus de plus de deux mille images. Des résultats très encourageants ont été obtenus malgré un très faible taux d'indexation thématique (seulement de 5 à 20 % d'images). Cela montre que son fonctionnement nécessite de n'indexer qu'une partie du corpus, avantage du système.

Un autre système reposant sur cette méthode est Webseer de Intelligent Information Laboratory, Université de Chicago [Nakapan, 2003]. Ce système indexe les images par la sémantique et par les

caractéristiques physiques. L’extraction d’images par caractéristique physique intègre un algorithme de détection de visage.

La recherche d'images se fait par une formulation textuelle, mais aussi en choisissant des critères prédéfinis. Les critères proposés sont : la taille du fichier de l'image, la dimension (petite, moyenne, grande), la couleur (couleur, niveaux de gris, noir et blanc), le type d’images (photographique, dessin). Dans le cas où l’utilisateur recherche une personne, il peut préciser le nombre de visages que contient l’image et quelle est la vue souhaitée du portrait (vue rapprochée, vue moyenne ou vue de loin).

La mixité des deux méthodes est très intéressante. Mais ce système risque de souffrir de la même difficulté que le système de recherche d’image fondée sur la sémantique. Cette difficulté apparaît au niveau de l’indexation, qui ne peut être que manuelle et donc fastidieuse. L’indexation automatique par signature peut être appliquée, mais cela conduit à une perte du sens de l’image.

5.2 LA RECHERCHE D'INFORMATIONS PAR L'IMAGE

Il existe d'autres méthodes de recherche d’images où l'information recherchée finale n'est pas l’image mais une autre forme d'information ; l'image n'est alors qu'un support à la recherche.

5.2.1 Le principe de la recherche d'information par l'image

Voici un schéma qui représente cette méthode de recherche (Figure 22) :

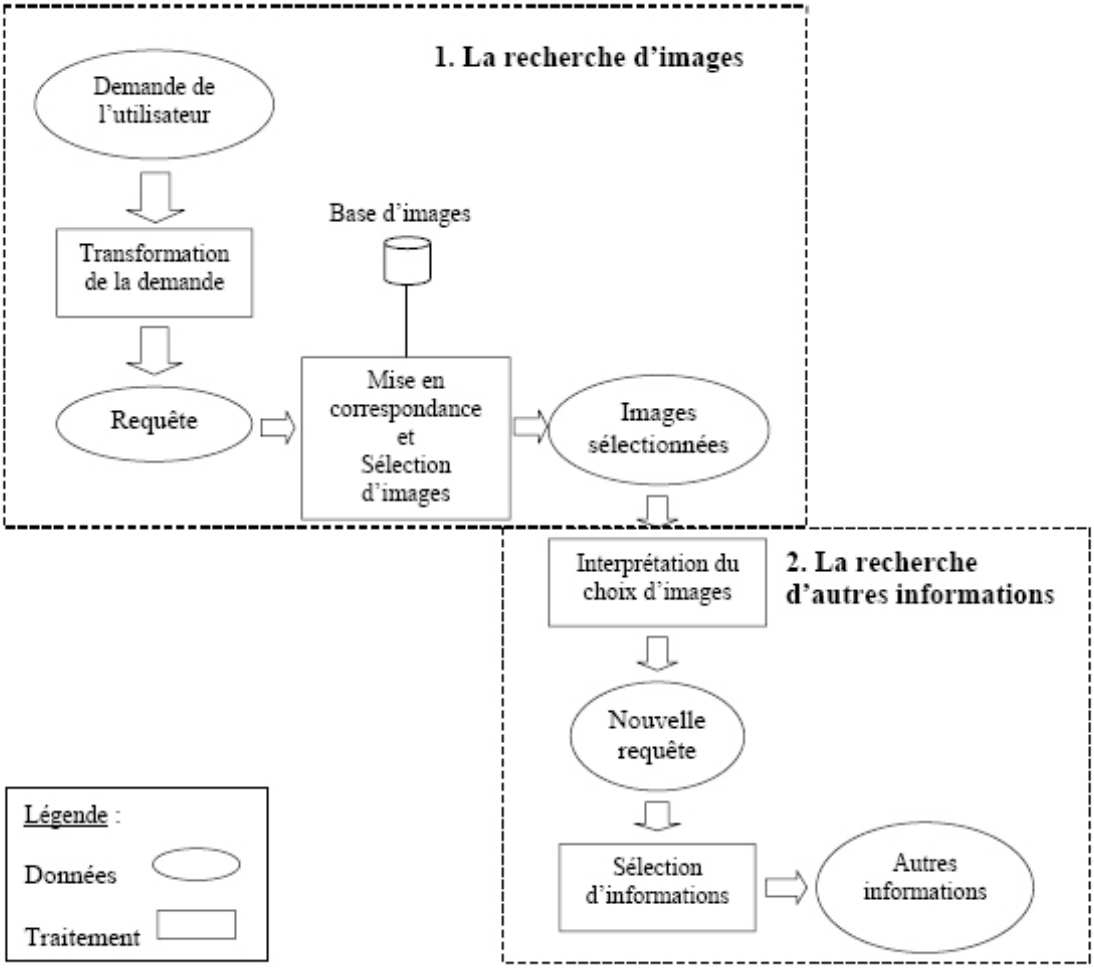


Figure 22 : Principe de la recherche par l'image.

Ce schéma est divisé en deux parties principales : la recherche d'images et la recherche d'autres informations. Nous pouvons faire les remarques suivantes :

- **La recherche d'images :** cette première partie peut utiliser une méthode de recherche d'images classique, i.e. la recherche d'images fondée sur la sémantique, la recherche d'images par similarité, ou la mixité des deux.

  − Pour commencer, l'utilisateur fait une demande. Cette dernière est ensuite transformée en requête,

  − La requête est mise en correspondance avec les images dans la base. Les images correspondant à la requête sont sélectionnées. Ces images sont normalement celles qui reflètent les besoins d'informations de l'utilisateur.

- **La recherche d'autres informations :** cette seconde partie permet à retrouver les autres informations en utilisant le choix d'images de la partie précédente.

  − Le choix d'images de la partie précédente est interprété puis transformé en une nouvelle requête,

  − Cette nouvelle requête est utilisée pour sélectionner les autres informations.

  − Les autres informations sont présentées à l'utilisateur comme résultat.

5.2.2 Les exemples de systèmes de recherche par l'image

Peu nombreuses sont les applications utilisant cette méthode. Un exemple courant est donné par les moteurs de recherche d'images sur le Web qui permettent de retrouver la page d'origine d'une image (i.e. Google, Yahoo !, Altavista).

La médecine est un domaine où l'on trouve une utilisation intensive de l'image. Plusieurs disciplines font appel à l'image médicale numérisée comme par exemple la pathologie, la cardiologie, et la dermatologie. La recherche d'images médicale a radicalement changé la façon dont les médecins diagnostiquent et guérissent une maladie [Lowe et al, 1998]. Ce domaine présente également un exemple de la recherche d'informations par l'image. Les images retrouvées renvoient aux fichiers médicaux des patients, qui aident le médecin dans ses décisions.

Un autre exemple est la réalisation d'un « système de gestion de portraits robots» par l'Atelier B du LSR-IMAG à Grenoble. Le gestionnaire comporte une base de connaissance sur les portraits robots, i.e. les informations sur les individus fichés, décrits par leur état civil et leur portrait robot. Celle-ci est située dans un site central, auquel peuvent accéder différents autres sites.

Les portraits robots sont indexés par les termes liés aux caractéristiques descriptives du visage (i.e. yeux : bleus, front : bombé, blessures : balafres, joue : gauche, etc.). Le système permet de rechercher le portrait robot de l'individu suspect. La formulation de la demande se fait via un langage de codification, détaillant un contenu « sémantique » descriptif, puis le système recherche les individus correspondant à la demande en utilisant un modèle vectoriel. Cela permet de connaître les identités des individus qui résultent d'une recherche.

Regardons quelques applications de ces techniques dans le catalogage d'images afin de mieux comprendre vers quel type de méthode et de système nous souhaitons nous orienter.

6. APPLICATION : LES CATALOGUES D'IMAGES

Aujourd'hui de plus en plus d'organismes manipulent les bases d'images qu'ils proposent sous la forme de catalogues accessibles sur Internet, sur Cdrom ou sur DVD. Nous présentons ces catalogues en faisant la distinction en ceux alimentés par une indexation manuelle ou mixte (manuelle et automatique) et ceux n'utilisant que des techniques automatiques d'indexation.

6.1 CATALOGAGE MANUEL OU MIXTE D'IMAGES

Les sites suivants cataloguent des volumes importants d'images où l'architecture est présente.

6.1.1 « EMPORIS»

« EMPORIS» est un fournisseur de données sur les bâtiments dont l'objectif est de publier et analyser des informations sur les marchés de l'immobilier et de la construction. Cette base est gérée par la société Allemande « EMPORIS GMBH » et couvre environ, 91000 bâtiments, 22500 sociétés et 7000 villes dans 206 pays et territoires. [Web Emporis]. Les images sont décrites par deux types d'informations. Le premier type concerne le nom du bâtiment et le second concerne le nom de la ville dans laquelle se trouve ce bâtiment. L'accès aux images n'est possible que par l'introduction de mots dans les champs prévus à cet effet. Une fois le choix effectué et la requête lancée, le résultat en images correspondant à la requête formulée est affiché.

L'interface de recherche ainsi que la mosaïque de la présentation des résultats d'une recherche sous la forme d'une mosaïque d'images sont présentées (Figure 23). En cliquant sur chaque image de la mosaïque il est possible d'avoir des informations complémentaires sur celle-ci comme la ville, le nom du photographe, la date de la prise de vue, et le numéro de la photo dans la base Emporis. Cette dernière information est liée à la vocation commerciale du site.

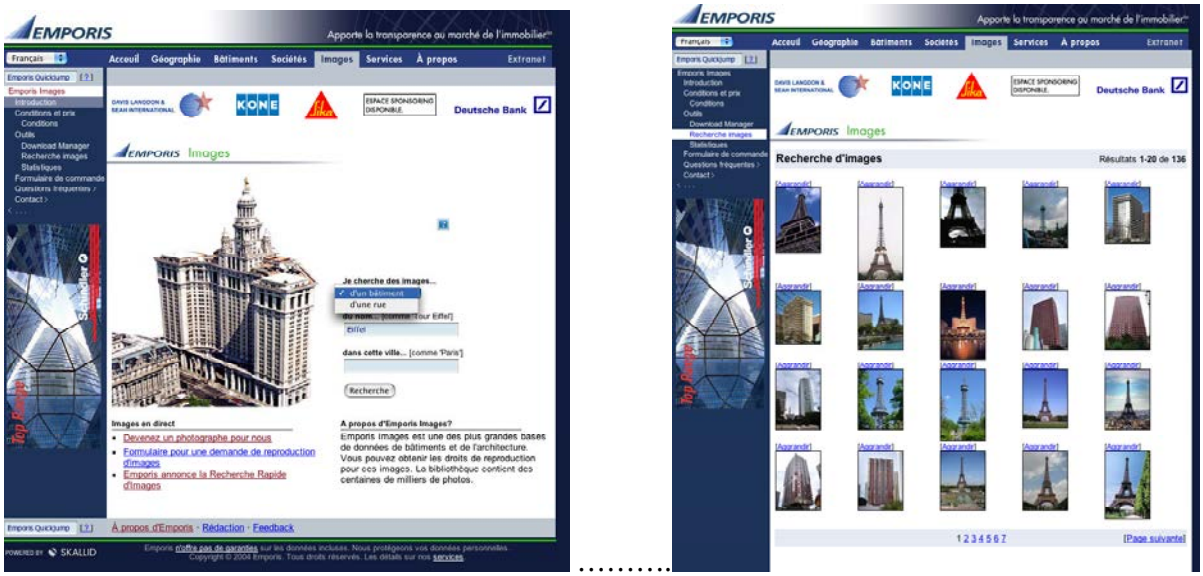


Figure 23 : Interface de recherche et mosaïque des résultats du site « Emporis ».

Cette application utilise un principe de catalogage classique qui consiste à décrire les images en privilégiant le contexte d'émission (information non lisible sur l'image) par rapport au contenu de l'image.

6.1.2 « Mérimée »

La base « Mérimée » développée en 2000 recense le patrimoine monumental français (ministère de la culture et de la communication) dans toute sa diversité : architecture religieuse, domestique, agricole, scolaire, militaire et industrielle. Elle est mise à jour périodiquement. Elle comprend 160000 notices.

La base d'images est indexée par une liste de 1 135 termes normalisés et organisés selon des règles bien définies dans un « thésaurus » [Web Culture].

L'accès à la base d'images se fait soit par l'introduction d'un texte libre que l'on saisit dans un champ, soit en cliquant dans des menus déroulants, soit en cliquant sur la zone géographique dans laquelle les réalisations se situent. Les résultats (Figure 24) sont présentés sous la forme d'une mosaïque. Pour chaque image de la mosaïque il est possible soit de l'agrandir en cliquant sur l'image elle même zone (A) de la mosaïque ou alors d'obtenir des information détaillées liées à l'édifice représenté en cliquant sur l'icône située sous l'image zone (B) de la mosaïque.



Figure 24 : Interface de recherche de la base « Mérimée ».

Le principe d'organisation de cette base de données est similaire à celle proposée par le « patrimoine photographique ». Il possède toutefois une légère différence qui réside dans le niveau de précision de la description ou plus exactement dans la structuration du langage de description. Le niveau de technicité et de précision dans les termes du langage est plus important que dans le précédent. Le langage est un thésaurus appliqué à la description d'édifices historiques autorisant une classification très précise par architecte, lieu, date, …

6.1.3 « Corbis »

La base « Corbis » gère près de 65 millions d'images dont 2,1 millions en ligne. Ce site a été créé en 1989 par Bill Gates [Web Corbis] ; il répertorie des images généralistes issues de plusieurs domaines (arts, architecture, cinéma, …).

La description des images s'effectue à partir d'une liste de mots classés par ordre hiérarchique, associée à une description automatique des images à partir de leur histogramme de couleurs. Il existe 7 thèmes de recherche, comme image créative, beaux-arts, histoire, news, sport, célébrités et portraits. L'accès aux images se fait en choisissant un des thèmes proposés ; ce choix peut être affiné en sélectionnant les caractéristiques graphiques des images.

La présentation des résultats (Figure 25) est sous la forme d'une mosaïque. Pour chaque image retrouvée par le système, une liste de mots-clefs apparaît dans la fiche descriptive de l'image sélectionnée. La sélection d'un ou de plusieurs mots-clefs ou d'une image relance une nouvelle recherche.

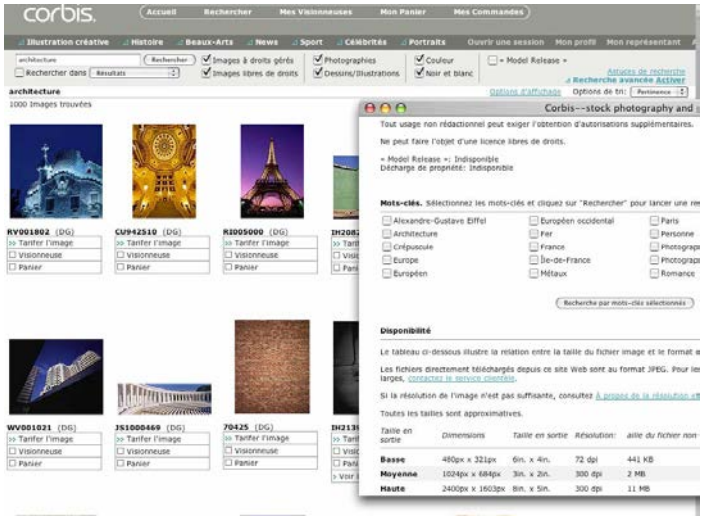


Figure 25 : Interface de recherche du site « Corbis ».

Ce site est développé par l'équipe de Chahab Nastar de Lookthatup, et Imedia de l'INRIA Rocquencourt (cf types d'applications 6.2.1.) Il combine à la fois descripteurs sémantiques et descripteurs visuels. Les images sont segmentées en différents objets d'intérêts auxquels on attribue un identifiant unique et l'on affecte une série de descripteurs de type couleur, forme, texture, etc. Les descripteurs sémantiques sont classées par thèmes et possèdent une hiérarchie moins développée que celle de la base « Merimée » du ministère de la Culture. Son principal avantage est qu'il associe indexation manuelle et indexation automatique. Cette combinaison des deux indexations permet de gérer de très importantes bases de données comme c'est le cas ici : plusieurs millions de documents images. Le principal inconvénient est que, bien que ce principe de classification intègre l'aspect sémantique véhiculé par les images, le niveau de précision dans la description des images reste très général.

6.1.4 « Cires »

La base CIRES (Content Based Image REtrieval System) a été développé à l'université du Texas à Austin. Cette base de données répertorie des images issues de domaines variés comme les ouvrages d'art et les bâtiments, les fleurs, les oiseaux, les paysages, etc, classées en huit thèmes. La description des images combine à la fois l'indexation des images par leur contenu graphique (histogramme de couleurs, texture) et la description des images par leur contenu contextuel (liste de mots clefs). Huit thèmes sont proposés dont les ouvrages d'art et les bâtiments, les fleurs, les oiseaux, les insectes, les paysages, les mammifères, les textures et les transports.

L'accès aux images (Figure 26) est possible par la saisie de mots clefs ou de manière aléatoire. La poursuite d'une recherche s'effectue selon deux manières :

- La première par la sélection d'une image, le système présente alors les images ayant la même indexation (graphique ou textuelle) que l'image sélectionnée.
- L'autre moyen d'accès repose sur un bouclage de pertinence ; la recherche des images s'effectue par la sélection d'une ou plusieurs images en élisant, rejetant ou ne donnant pas d'opinion sur les images de la mosaïque présentée par le système [Web Cires].

Les résultats des recherches sont présentés sous la forme d'une mosaïque d'images.

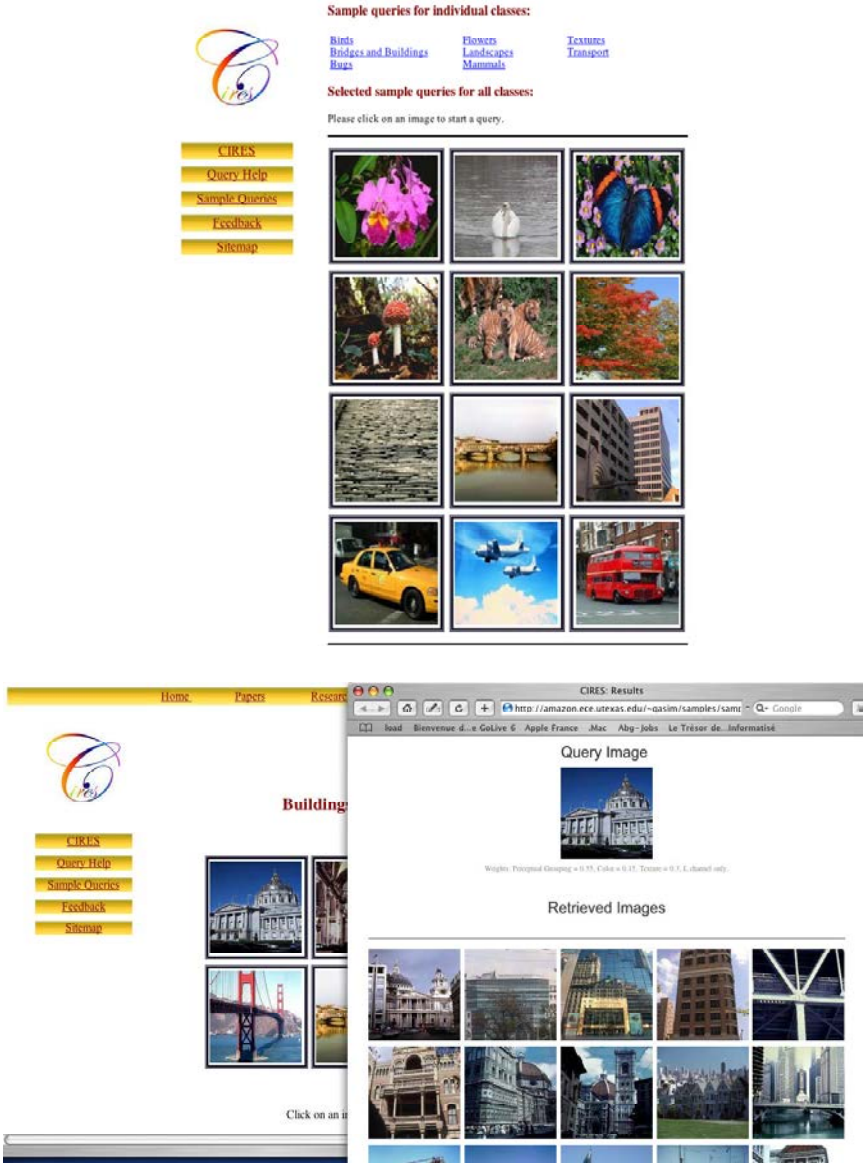


Figure 26 : Interface de recherche et de résultats du site « CIRES ».

Les résultats que nous obtenons lors d'une recherche textuelle sont cohérents. En sélectionnant par exemple « building » dans le champ 'texte', nous obtenons des images de bâtiments. Encore faut-il que le texte entré appartienne au texte utilisé pour la description des images. La première critique faite sur le texte utilisé pour la description est son manque de précision : seuls sont abordés des thèmes généraux, il faut, donc, connaître les termes utilisés pour pouvoir retrouver des images pertinentes. La deuxième critique concerne la recherche fondée sur le contenu graphique (histogramme des couleurs, texture, …) : les ambiances des images paraissent effectivement similaires à celle de l'image requête, mais il est difficile, voire impossible, de trouver des images similaires sémantiquement par ce type de recherche. Nous présenterons dans un prochain paragraphe une expérimentation illustrant ce propos (cf 6.2.2).

6.1.5 « CNDB »

Le CNDB (Comité National pour le Développement du Bois) est une association professionnelle dans le domaine de l'architecture bois. Il propose une base comprenant des images illustrant des projets appartenant exclusivement au domaine du bois. Une des particularités de ce site est que la description est appliquée à des fichiers ou documents de type PDF comprenant eux-mêmes des images et du texte [Web CNDB]. Les fichiers correspondent aux articles qui paraissent dans la revue « Séquence bois ».

Les fichiers sont décrits grâce à une liste de mots techniques (lexique) appartenant domaine de la construction bois. Cette liste est régulièrement enrichie et les mots qui la composent sont classés par ordre alphabétique.

L'accès à la base de données (Figure 27) se fait par l'introduction de texte dans un champ libre ou par le choix d'une expression (ensemble de mots) dans un des menus déroulants situés sur la page de recherche ; les rubriques précisent le type de réalisation, la situation géographique (la région, le pays, le département) ainsi que l'année de réalisation).

Le résultat d'une recherche consiste en une liste de réalisations illustrées par des images (il n'y a pas de gestion d'images à proprement parler).



Figure 27 : Interface de recherche



Résultats d'une recherche

Un des principaux inconvénients du système de classement du site CNDB est que le langage de description est une liste hiérarchisée, utilisée principalement pour indexer le contexte dans lequel l'image a été prise et non pas le contenu de celle-ci.

6.1.6 Conclusion sur les systèmes de catalogage d'images

Pour conclure cette partie consacrée aux catalogues manuels ou mixtes d'images, nous pouvons synthétiser des éléments qui nous semblent essentiels dans notre travail :

- Les moyens de description : l'ensemble des sites que nous avons étudiés utilisent des listes de mots permettant de décrire principalement le contexte d'émission des images et succinctement le contenu de celles-ci. Certains sites combinent à la fois des descripteurs textuels (liste de mots prédéfinis) et des descripteurs graphiques (histogrammes de couleurs, textures, …). Les listes de mots sont principalement de deux types ; des lexiques (liste alphabétique) et des thésaurus (liste de termes contrôlés et hiérarchisés).

- La recherche s'effectue principalement de deux manières différentes. Soit par le choix d'une expression dans une liste déroulante, soit en introduisant du texte libre dans un champ. Une des principales contraintes de ce type d'accès à une base de données est que le mot introduit dans le champ doit impérativement être présent dans la liste des mots prédéfinis pour la description des images. Si ce n'est pas le cas, le résultat de la recherche sera vide : sur le site du CNDB, par exemple, l'introduction du mot « fenêtre » n'entraîne aucun résultat car pas un des 332 projets du site n'a été décrit avec ce mot. Pour obtenir un résultat satisfaisant, il faut connaître les termes de la liste de mots utilisée pour décrire les projets.

- Les résultats obtenus lors d'une recherche sont présentés de deux manières différentes : une mosaïque ou une liste classée par ordre de pertinence. Certains sites n'autorisent qu'un seul niveau de recherche, d'autres en combinent plusieurs. Les sites qui enchaînent plusieurs niveaux de recherche (bouclage de pertinence) permettent essentiellement d'affiner la recherche. Prenons l'exemple des sites du « CNDB » ou de « patrimoine photo », une recherche une fois lancée, et si le résultat n'est pas satisfaisant, il est nécessaire d'annuler celle en cours et d'en formuler une autre. En revanche sur les sites de Corbis, et de Cires nous pouvons poursuivre et affiner le résultat en effectuant une nouvelle requête à partir des résultats obtenus lors d'une première recherche ; Aussi, si le résultat d'une recherche n'est pas satisfaisant, il n'est pas nécessaire de réamorcer une recherche : nous pouvons en effectuer une nouvelle à partir des résultats de la recherche précédente.

En résumé, compte tenu des nécessités présentées au chapitre 1, chacune de ces applications demeure trop généraliste pour être utilisable dans une assistance à la conception. De plus l'image y est utilisée comme résultat de la recherche et non comme support à la recherche d'informations. La formulation de la demande repose encore beaucoup sur le texte, ce qui peut pénaliser le concepteur lorsque son besoin est encore en cours de formulation (cf énonciation du problème).

Afin d'illustrer l'ensemble des formes de catalogage, nous présentons les plus répandus ainsi que leur modes de fonctionnement.

6.2 EXPERIMENTATION D'UN SYSTEME UTILISANT LE CATALOGAGE AUTOMATIQUE DES IMAGES

L'indexation d'images par leur contenu graphique est de plus en plus répandue. La méthode repose sur l'utilisation des caractéristiques physiques des images à partir desquelles est construite une signature codifiée de l'image (sous la forme d'un vecteur), ce qu'on appelle « contenu graphique des images » [Duffing, 2000] [Del Bimbo, 1999] [Boujemaa, 2001] (voir 5.1.3). Ce type de descripteurs consiste à extraire, de façon automatique l'information brute figurant sur l'image. Les descripteurs les plus souvent utilisés sont les couleurs ou encore les textures. Les textures dérivent des couleurs, qui sont plus faciles à extraire car elles utilisent les données physiques constituant les images et ne nécessitent pratiquement aucun traitement préalable. Un troisième type de descripteur graphique est la forme. Il existe plusieurs façons de reconnaître une forme. L'une d'elles consiste notamment à analyser la différence d'intensité entre deux pixels successifs et à définir un contour.

Le principal avantage de ces techniques est que l'opération d'extraction et d'indexation se fait la plupart du temps de façon automatique. Cette technique permet d'indexer en un temps réduit de très grandes bases d'images.

6.2.1 Les types d'applications

Ces techniques d'indexation automatique ont été appliquées à deux type de bases d'images, les bases que nous qualifierons de « génériques » et les bases que nous qualifierons de « spécifiques ».

- Les bases d'images dites «génériques» ou images «terrain» illustrent plusieurs éléments pouvant être recherchés par un utilisateur (des éléments du paysage, des personnes, des objets différents, …). Les systèmes génériques ne sont pas appliqués à la recherche d'un élément en particulier, ils prennent en compte l'image dans sa totalité. Par exemple sur une image comme celle présentée ci-dessous (Figure 28) , plusieurs éléments peuvent être intéressants : les fenêtres, la composition, les piliers, le couronnement, les éléments décoratifs, les pilastres, les formes des blocs de pierre, …[Vertan et Boujemaa, 2000].



Figure 28: Rue Héré, architecte ; Emmanuel Héré Nancy.

- Le second type de système est appliqué aux bases spécifiques et sont adaptés à la recherche d'un élément en particulier sur les images. Il existe par exemple des systèmes adaptés à la recherche d'empreintes digitales ou encore, à la reconnaissance des visages (Figure 29). Ces systèmes procèdent par l'élaboration d'une signature de l'objet ou de l'élément illustré qui sera recherché dans la base de données d'images [Ullman, 2000].



Figure 29 : Empreintes digitales Visages.

Afin de mesurer l'apport éventuel, dans notre approche, des méthodes cataloguant des images de manière automatique, nous avons mené une expérimentation avec un système permettant l'indexation des images sur leur contenu graphique. Nous avons choisi ce système car il parait adapté aux bases de données « génériques ». En effet, les images photographiques appliquées au domaine constructif de l'architecture sont des images dites « de terrain » qui illustrent plusieurs ouvrages architecturaux mis en situation et donc en relation avec d'autres ouvrages ; elles ont donc un caractère plutôt générique que spécifique.

6.2.2 L'expérimentation proprement dite

L'objectif de cette expérimentation est d'évaluer l'apport éventuel d'une recherche par images photographiques indexées selon des critères visuels (cf 5.1.2.1) comme la couleur, la texture et la forme, dans le domaine de l'aide à la conception architecturale [Del Bimbo, 1999].

En effet les qualités graphiques d'une image (couleur, forme, par exemple) semblent être plus efficaces dans le codage de certaines informations que la « simple » indexation textuelle. Si elle est en partie automatisée, la description de l'image par ses propres attributs graphiques apporterait :

- Une économie du temps,
- La reconnaissance de qualités difficilement descriptibles par du texte, comme les ambiances et les concepts architecturaux de façon globale.

Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, le rôle de l'image est fondamental pour aider le concepteur à formuler/résoudre son problème de conception même si celui-ci n'est pas clairement identifié au départ. Nous faisons donc l'hypothèse qu'une recherche d'images indexées par des critères visuels peut aider le concepteur en situation de résolution de problème lorsqu'il n'arrive pas à

formuler son besoin avec des mots. Pour vérifier cette hypothèse, l'expérimentation que nous avons menée s'est déroulée suivant un protocole précis.

6.2.2.1 Le système testé

Le système utilisé [Duffing, 1999] est adapté aux bases de données dites génériques. Son principe de recherche repose en premier lieu sur l'analyse de tout le corpus d'images. Le système procède à la caractérisation de chaque image en termes de couleurs. Il établit la liste de toutes les couleurs utilisées et présentes dans le corpus. Il réduit ensuite les couleurs identifiées en une palette regroupant les 128 couleurs dominantes de la base (Figure 30). Cette palette est réutilisée pour chacune des images et chaque pixel d'une image prend la couleur de la palette la plus proche de sa couleur d'origine. Ceci produit une image "simplifiée" qui constitue la matière première du système. En second lieu le système découpe les images en une série d'imagettes de 32*32 pixels sur lesquelles est effectuée une série de calculs. On parle de « technique globale » lorsque le système répertorie les couleurs sur l'ensemble de l'image ; en revanche on parlera de « technique locale », lorsque le système pour chacune des imagettes, répertorie les couleurs dominantes et effectue ses calculs pour chacune de ces imagettes [Duffing, 2001].

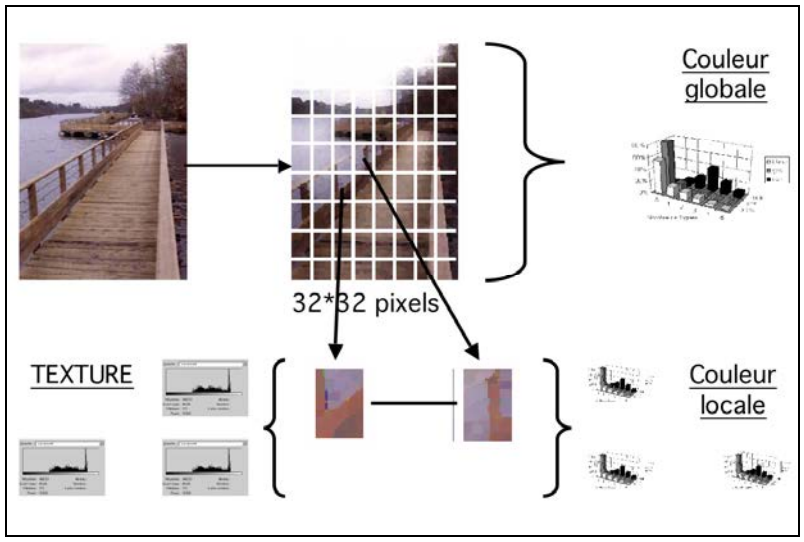


Figure 30 : Critères graphiques

6.2.2.2 Les sujets

Les sujets testés dans cette expérimentation appartiennent au domaine de l'architecture. Ils étaient divisés en architectes concepteurs, architectes chercheurs et étudiants en fin de cycle d'architecture. Les sujets ont été choisis avec une expérience minimale en conception.

6.2.2.3 Le principe du système

Les tests ont été réalisés en utilisant les trois critères d'indexation suivants [Duffing, 2001]:

- **La couleur globale :** la technique d'indexation permet de synthétiser les fréquences des couleurs de la palette utilisées dans l'image. C'est-à-dire en comptant simplement pour chaque couleur le nombre de pixels la présentant. On compare ensuite la répartition des couleurs entre les images de la base ; cette analyse est globale : on ne calcule qu'un seul histogramme pour chaque chaque. Aucune prise en compte de la localisation des couleurs et donc de la composition de l'image n'est possible avec cette technique.

- **La couleur locale :** la technique consiste ici à comparer sur l'image des petites portions de 32*32 pixels singularisées chacune par un histogramme de couleurs. Cela permet de caractériser plus finement l'image et idéalement un objet précis. Cette technique est similaire à celle du « Layout » car elle identifie localement la répartition des couleurs et précise la composition de l'image.

- **La texture :** la texture se définit par la répétition d'un motif de base. La technique d'indexation se construit à partir de l'indice de micro texture car elle consiste à déterminer les changements d'intensité entre deux pixels successifs en prenant en compte l'orientation. Elle se calcule par la matrice de co-occurrence de pixel en niveau de gris.

Pour cette expérimentation six tests ont été définis ; trois se rapportent directement aux critères d'indexation ci-dessus et les trois autres représentent une combinaison des techniques uniques :

- Couleur globale ; test (1)
- Couleur locale ; test (2)
- Texture ; test (3)
- Couleur globale et texture (mixé, avec comme pourcentage couleur 60 % et texture 40 %); test (4)
- Couleur locale et texture (mixé, avec comme pourcentage couleur 75 % et texture 25 %); test (5)
- Couleur globale + couleur locale (mixé avec couleur globale (60 %) + couleur locale (40 %); test (6).

6.2.2.4 Le protocole

Cette expérimentation a été menée sur un corpus de 200 images photographiques numériques illustrant l'architecture construite en bois. Représentées en partie ou en totalité, les réalisations se répartissent entre bâtiments récents, réhabilitations mais également ouvrages d'art, cette expérimentation s'est déroulée au travers d'une série de tests en trois étapes :

- Étape 1 : Cette étape consiste en une sélection d'images requêtes. Des images jugées similaires d'un point de vue visuel à ces images requêtes, sont choisies manuellement par des utilisateurs. Cette sélection manuelle sera confrontée à celle obtenue par le système (cf 7.1.1) testé dans cette expérimentation, indexant les images par leur contenu graphique.

- Étape 2 : Les images requêtes sont soumises au système ; le système récupère des images similaires par l'application de critères visuels.

- Étape 3 : Cette étape consiste à évaluer la pertinence du système en comparant les images obtenues avec celles sélectionnées au préalable manuellement. Cette évaluation s'effectue en calculant :

    - Le taux de bruit, qui représente la proportion des images non pertinentes trouvées par le système.

    - Le taux de silence exprimé par la proportion des images pertinentes non retrouvées.

    - Le taux de rappel, qui équivaut à la proportion des images pertinentes effectivement trouvées par le système par rapport au nombre total d'images pertinentes sélectionnées manuellement,

    - Le taux de précision correspondant à la proportion des images pertinentes effectivement trouvées par le système par rapport au nombre total d'images trouvées par le système de M Duffing.

Résultats des tests :

Les moyennes de rappel et de précision varient de 0 à 0,37 pour l'ensemble des tests effectués. Nous savons que ces taux pour des outils de recherche classiques varient de 0,6 à 0,8 pour le rappel et de 0,2

à 0,8 pour la précision. Les meilleurs taux pour le rappel et la précision ont été obtenus pour l'image requête illustrant une passerelle au milieu d'un lac, image caractérisée par une grande partie de paysage. L'outil évalué a été développé pour récupérer ce type d'images dites "génériques".

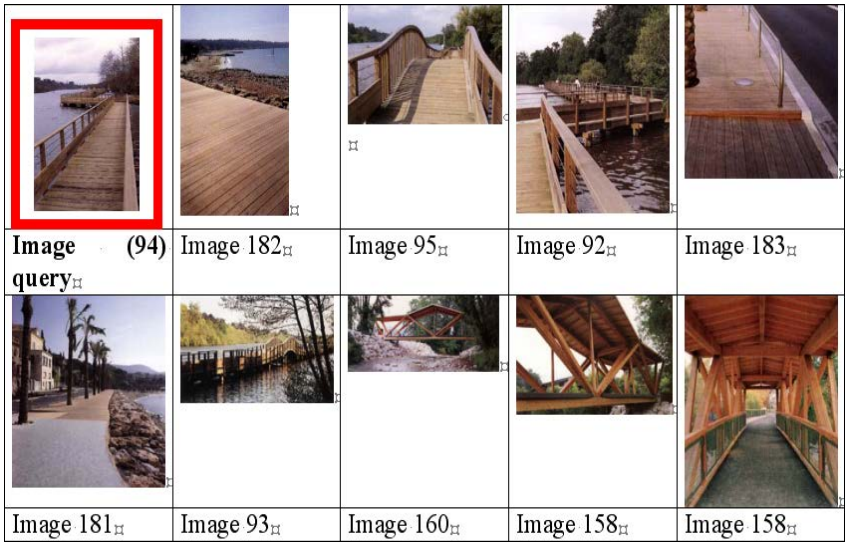


Figure 31 : Les images sélectionnées par les experts.

Les images choisies manuellement (Figure 31) dans la première étape de l'expérimentation ont montré que les meilleurs taux de rappel et de précision ont été obtenus par le test de la couleur globale (Figure 32) ainsi que le mixte couleur globale + couleur locale (Figure 33).

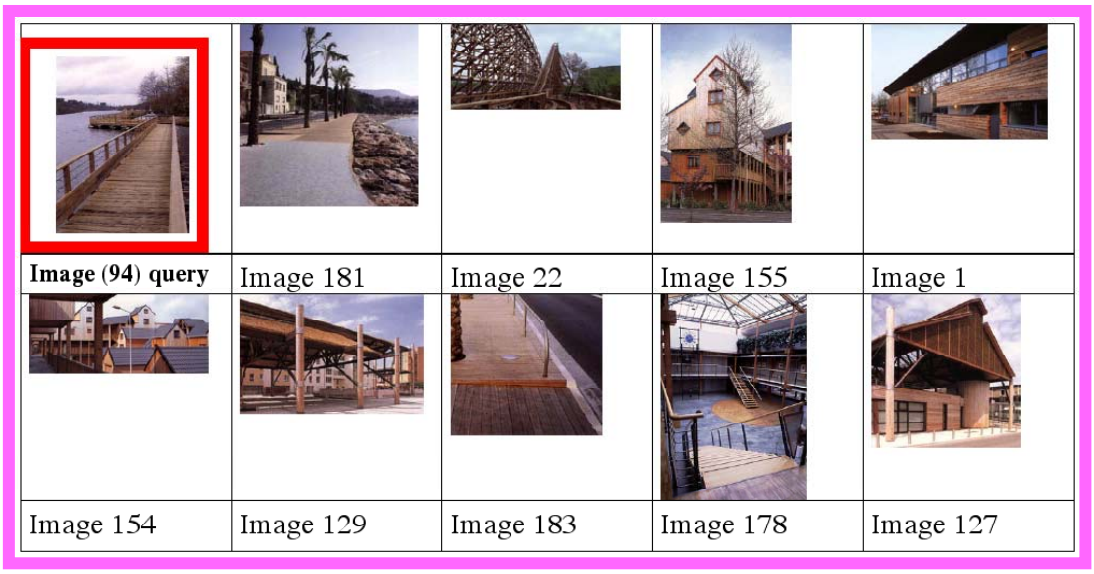


Figure 32 : Résultats obtenus avec la couleur globale

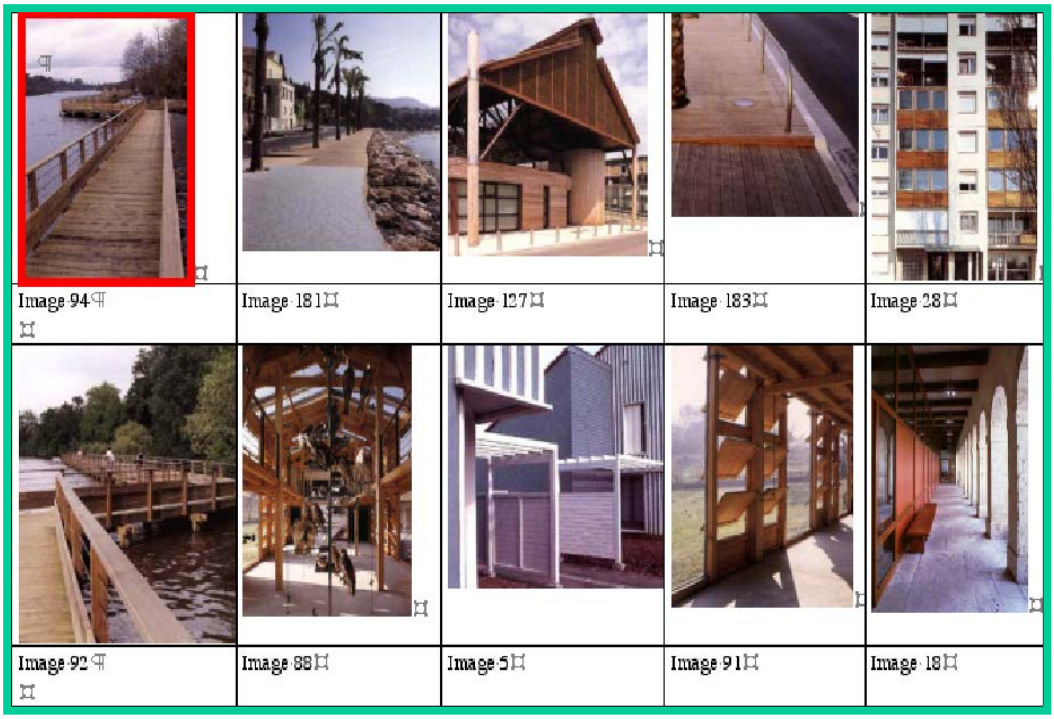


Figure 33 : Résultats obtenus avec le mixe couleur globale et couleur locale.

Ces taux sont loin des taux classiques pour deux raisons essentielles :

- D'une part, les images testées sont complexes ; elles représentent en effet des scènes comprenant des éléments différents et multiples.

- D'autres part, l'œil rapproche plus facilement des images selon le critère de la couleur globale, et moins selon les critères de la couleur locale et la texture.

C'est pourquoi les résultats obtenus dans les tests (1 et 6) correspondent le mieux avec les choix manuels des utilisateurs.

6.2.2.5 Conclusion sur l'expérimentation

Les résultats obtenus grâce à cette expérimentation nous ont permis d'identifier les critères d'indexation visuels les plus adaptés aux besoins des concepteurs que nous avons énoncés, mais aussi d'en mesurer les limites. La recherche par l'image utilisant une indexation graphique comblera certains besoins en information lorsque le besoin n'est pas très précis ; ainsi, une recherche d'ouvrages généraux et une recherche d'ambiance par couleur globale peuvent être guidées par des caractéristiques graphiques de l'image

Lors de cette expérimentation nous avons obtenu des résultats qui ont démontré que l'indexation des images par leur contenu graphique apportait une satisfaction partielle aux concepteurs. Cela est dû principalement au fait qu'un concepteur en situation de conception recherche des solutions architecturales potentiellement satisfaisantes, mais surtout porteuses de sens. Il est vrai que les ambiances globales des images retrouvées par le système testé étaient très ressemblantes, alors que le contenu sémantique des images était très différent.

C'est pourquoi nous avons décidé d'orienter nos recherches vers l'étude des systèmes de recherche d'images reposant sur une description de la sémantique des images.

6.3 CONCLUSION SUR LA RECHERCHE D'IMAGES

La recherche d'images et la recherche d'autres informations par l'image reposent toutes deux sur une méthode de recherche d'informations dont l'objectif principal est de répondre efficacement aux besoins d'un utilisateur. A cet effet, plusieurs techniques ont été inventées pour que le système puisse identifier et représenter les besoins de l'utilisateur. La prise en compte du jugement de pertinence de l'utilisateur sur les images proposées (feedback de l'utilisateur) et le calcul de poids de pertinence associés aux termes d'indexation dans la recherche d'images fondée sur la sémantique sont, sans aucun doute, des exemples de ces nouvelles techniques.

Très souvent, des formes de navigation sont utilisées en association avec la recherche d'images. Cette association peut rendre la recherche plus efficace dans le cas où le besoin de l'utilisateur n'est pas précis. Ainsi, l'utilisateur peut basculer entre la navigation et la recherche d'images afin de trouver des informations adéquates.

Lors de l'étude des différents types de langages existants nous avons remarqué que les langages adaptés à la description des images par leur contenu graphique permettaient certes un gain de temps impressionnant, mais que deux images représentant des éléments très différents pourraient êtres indexées de manière très proche par leurs attributs graphiques : la qualité de description du contenu des images correspondait rarement à leur contenu sémantique. Or, dans une visée d'aide au concepteur, la logique mise en œuvre par l'indexeur des images devrait être au plus près de celle mise en œuvre par l'utilisateur. Dans le domaine architectural un concepteur est principalement en quête de sens pour son projet (cf chapitre 1). Aussi l'indexation du contenu sémantique des images est-elle absolument essentielle.

Face à ces constats, nous allons vous présenter les choix que nous avons effectués pour construire la méthode que nous proposons pour construire une base de références imagées et un système de recherche de références par l'image.

7. LA METHODE PROPOSEE

En trois étapes, la méthode que nous proposons comprend un ensemble de points à suivre pour construire [Cabré, 1999] une base de références imagées utilisable par un système de recherche d'informations par l'image. Ces étapes résultent de l'analyse de deux points de vue. Le premier concerne celui du domaine auquel appartiennent les images et l'autre celui du domaine spécialisé dans la construction de bases de données référentielles.

7.1 PROPOSITION ET STRUCTURATION D'UN LANGAGE DE DESCRIPTION D'IMAGES

Le langage à définir devra décrire le domaine de l'architecture du point de vue des ouvrages. Il comprendra le nom des concepts représentant des ouvrages construits.

Pour pallier les manques des langages existants nous proposons de construire notre propre langage selon certaines règles. Nous choisissons d'ordonner notre vocabulaire d'après la structuration proposée par E.Rosch [Rosch, 1973] dans le domaine des sciences cognitives. Elle organisait l'ensemble des objets du monde réel uniquement en trois niveaux hiérarchiques : un niveau supérieur (NS), un niveau courant (NC) et un niveau inférieur (NI). Cette structuration nécessite de suivre certaines règles de catégorisation (Figure 34).

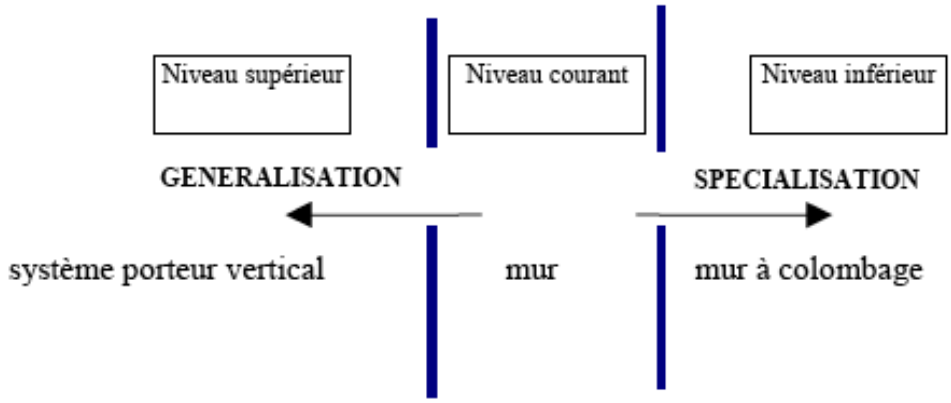


Figure 34 : Les trois niveaux du vocabulaire

Une des particularités de cette catégorisation est que son point de départ s'effectue à partir du niveau intermédiaire appelé "niveau courant" ou « niveau de base » [Reed, 1999, p281]. Si elle s'organise ainsi, c'est que de nombreuses expériences ont montré que les concepts du niveau courant possèdent le plus d'attributs en commun. Ce sont ces attributs que nous avons nommé précédemment « traits sémantiques figuratifs» qui servent à définir un objet quelconque à partir des éléments fondamentaux le composant (ex : chaise = assise + dossier+ pieds, alors que sans le dossier elle deviendrait tabouret) (voir chapitre1). Ces traits vont constituer les éléments fondamentaux nécessaires à l'identification d'un ouvrage architectural et vont permettre la définition de l'ouvrage prototype le plus souvent partagé par les personnes appartenant à un même domaine.

7.2 DEFINITION D'UN MODELE D'INDEXATION

Afin d'optimiser la mise en relation des termes du langage et des images nous proposons une méthode de classement des termes choisis pour l'indexation des images en fonction de l'importance visuelle de chaque ouvrage illustré sur l'image.

Le second point de la méthode que nous proposons concerne alors la proposition d'un modèle d'indexation. Ce modèle a pour but d'optimiser la mise en relation entre les termes descripteurs choisis et les concepts architecturaux illustrés sur les images. Ces concepts définis doivent être organisés de manière particulière afin de mieux répondre à notre problématique (voir plus loin).

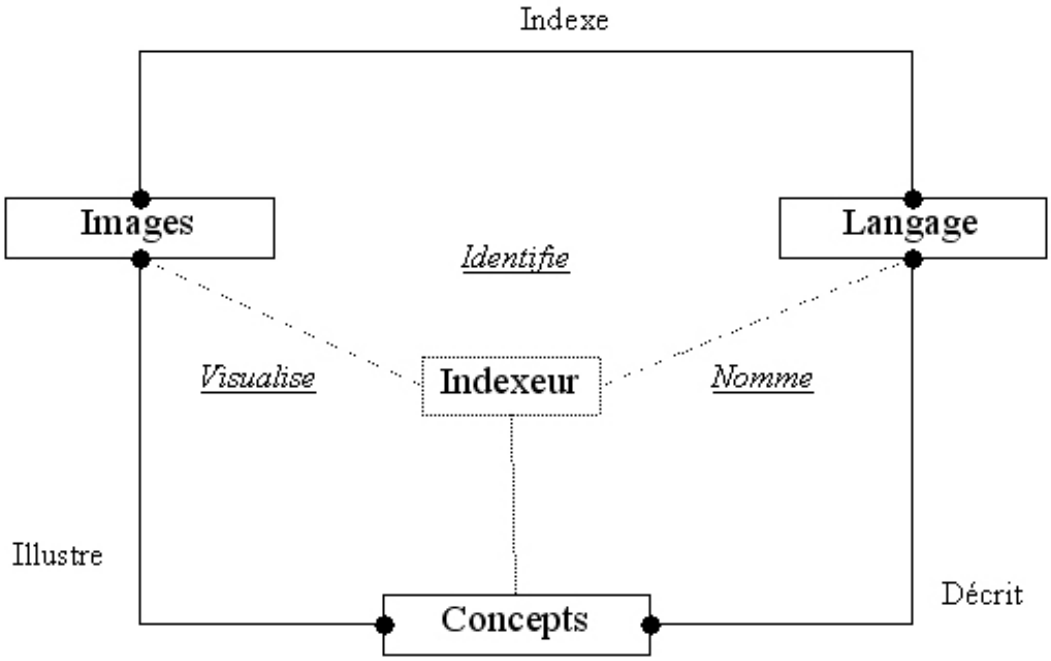


Figure 35 : Schéma représentant la base de notre modèle d'indexation.

Nous proposons la mise en œuvre d'un modèle d'indexation (Figure 35) d'images illustrant des réalisations architecturales. Outre sa capacité d'optimiser la mise en relation entre le vocabulaire d'indexation et les images, il est fondé en particulier sur la construction et la structuration d'une liste de mots-clefs identifiant les éléments et les concepts architecturaux figurant sur les images. Ce modèle (voir schéma ci-dessus) se situe dans la zone intermédiaire comprenant la partie qui concerne la reconnaissance des concepts illustrés ainsi que l'analyse complémentaire de ces concepts en relation directe avec le projet architectural représenté par l'image indexée. Un moteur de recherche par l'image adapté sera mis en place afin de tester la validité et la pertinence de nos hypothèses.

Le modèle d'indexation que nous avons représenté se lit de la façon suivante :

- Chaque image illustre des concepts architecturaux ;
- Chaque concept illustré est décrit dans le thésaurus ;
- Le vocabulaire sera utilisé pour l'indexation des images ;
- Dans un second temps l'indexeur :
    - Visualise les images ;
    - Identifie les concepts à indexer ;
    - Recherche dans le langage de description le terme le plus approprié pour indexer l'image ;
    - Associe le terme adéquat à l'image.

7.3 PROPOSITION D'UN MODE DE RECHERCHE ADAPTE A L'INTERROGATION D'IMAGES

Le principe de l'interface que nous proposons repose sur l'analyse du raisonnement résultant du processus cognitif [Roulin, 1998] fondée sur la visualisation d'images.

Le troisième point de notre méthode renvoie à l'interface système/utilisateur. L'interface que nous proposons doit être adaptée au niveau de précision du besoin du concepteur et ne doit pas nécessiter d'effort cognitif supplémentaire dans la navigation au sein de la base de références, sinon cela entraîne une baisse de concentration dans l'activité de conception que nous devons plutôt stimuler.

Notre approche repose sur l'utilisation de l'information transmise par une image et la possibilité de la faire évoluer et de la réutiliser ultérieurement.

Le processus interactif et cognitif

Pour rester dans la logique d'assistance au concepteur durant son travail de création [Lassance, 1999], nous lui proposons une interface d'accès à notre base de références imagées qui ne nécessitera pas l'introduction de mots. Nous considérons qu'à ce niveau amont du processus de conception architecturale, le besoin du concepteur n'est pas suffisamment précis pour qu'il puisse l'exprimer par des mots. Notre approche repose sur la seule manipulation des images durant la recherche. Le schéma ci-dessous résume le principe du raisonnement qui fonde notre proposition et se décompose comme suit :

Le processus cognitif de l'utilisateur se divise en deux moments. Le premier concerne l'état de son attente avant la visualisation des images ; le concepteur possède des notions plus ou moins vagues et crée des images mentales en fonction de son état d'avancement dans le processus de résolution du problème de conception. Les images qui se créent dans sa tête sont plus ou moins floues selon qu'il sait avec plus ou moins de précision ce qu'il recherche. Au début de sa recherche, l'utilisateur visualise des images, qu'il retient ou rejette selon qu'il les juge pertinentes ou non. Il peut marquer les pages des images qu'il juge pertinentes pour son problème de conception ou encore sélectionner et répertorier celles qui lui sont présentées par un système informatique dans une sorte de port folio, afin d'y revenir ultérieurement.

Le second moment du processus cognitif se situe après cette première visualisation des images proposées par le système. Le concepteur visualise alors l'échantillon d'images qu'il aura retenues et fait une permutation en remplaçant les éléments qu'il visualise sur l'image réelle et les éléments composant ses propres images mentales [Joly, 1993]. Il opère des déformations et une adaptation de ses images mentales, génèrent ainsi de nouvelles images mentales qui correspondent au mélange des anciennes images mentales avec les images réelles qu'il a visualisées [Denis, 1989]. Cette étape aura permis au concepteur soit de reformuler le problème, soit d'amorcer un nouveau problème qui ne s'était pas présenté auparavant, voire de solutionner le problème de conception.

L'ensemble de ces points a pour objectif de construire de manière efficace la base d'images qui jouera le rôle de base de référence pour le projet du concepteur ainsi que le système permettant de manipuler ces références.

CONCLUSION

Ce chapitre a été consacré à l'étude de trois domaines relatifs à la recherche d'informations, i.e. « la recherche d'informations », « les modes d'accès aux bases de ouvrages en ligne », et « la recherche d'informations utilisant l'image ».

L'indexation et l'interrogation sont les composantes principales d'une méthode de recherche d'informations [Halin, 2004]. L'introduction d'une nouvelle méthode nécessite la définition de ces deux éléments.

L'analyse a prouvé l'efficacité d'un premier mode d'accès par l'image (i.e. la navigation assistée par l'image) qui ne répond cependant pas à ce type de besoin. Ce premier résultat, indique qu'une certaine forme d'image pré-construite peut être un support à la recherche d'ouvrages.

L’étude des différentes méthodes de recherches d’informations utilisant l’image nous a permis de positionner notre approche comme étant une méthode de recherche d’informations par l’image où l'objet recherché est un ouvrage. Il nous faut alors définir une méthode de recherche d’images la mieux adaptée (cf. chapitre 4), puis la mettre en oeuvre et l'expérimenter dans un système (cf. chapitre 5).

Le rôle de l’image dans cette forme de recherche reste à déterminer. Afin d'utiliser au mieux les capacités de l’image, il nous semble important d’étudier plus précisément ce qu’est une image. La définition de l’image, les informations transmises par l’image, les propriétés et les limites de l’image, sont les thèmes développés dans le chapitre 3.

La méthode que nous avons proposée pour la construction de la base de références imagées comprend trois points essentiels. Définir et construire le langage qui servira à décrire la base d’images est l’un des points les plus importants. Il doit à la fois s’adapter au domaine représenté par les images mais également il doit permettre de décrire ce qui est perceptible visuellement sur les images. Dans un second temps, il faut définir un moyen qui permettra de lier les termes du langage aux images afin que le système puisse interpréter de manière appropriée l’information associée aux images. Enfin un moyen d’accès à la base a été défini car il conduit le concepteur qui manque de précision dans la définition de son besoin à le formuler dans un autre langage que celui des images.

Chacun de ces points représente un aspect fondamental de notre démarche qui vise à assister le concepteur en situation de conception.

Dans le troisième chapitre, nous présenterons une application de l’ensemble de notre méthode à un domaine particulier de l’architecture, celui de l’architecture construite en bois. Cette contribuera à vérifier que l’ensemble des points cités est applicable pour construire une base de références.

Chapitre 3 : APPLICATION DE LA METHODE AU DOMAINE DU BOIS

« On ne peut se passer d'une méthode pour se mettre en quête de la vérité des choses »
[Descartes, extrait du discours de la méthode, 1824]

INTRODUCTION

Dans le précédent chapitre nous avons présenté une méthode pour construire une base de références imagées visant à assister le concepteur dans son activité de conception. Dans ce chapitre, nous proposons d'appliquer cette méthode au domaine de l'architecture construite en bois. Aussi nous reprendrons chacune des trois étapes de la méthode définies dans le second chapitre pour formaliser et valider chacune des hypothèses énoncées par une ou plusieurs expérimentations menées auprès de concepteurs. Ces expérimentations apporteront des réponses à certaines questions, elles en soulèveront aussi, ce qui nous amènera à modifier les choix initialement pris dans la formulation de la méthode.

La restriction du contexte de l'étude à l'architecture construite en bois est nécessaire pour ce travail ; il ne s'agit pas en effet de gérer l'ensemble des références qui existent dans le monde de l'architecture mais de vérifier que la méthode s'applique à un domaine particulier de la conception architecturale en imaginant que cette démarche soit aussi applicable à d'autres domaines de la conception architecturale. Ainsi nous formulons l'espoir que les propositions présentes dans cette thèse puissent être exportées à d'autres contextes d'études que celui étudié actuellement.

Dans ce chapitre, nous présentons tout d'abord la particularité du domaine de la construction bois puis nous détaillons dans la seconde partie l'application de la méthode à ce domaine.

1. PARTICULARITES DU DOMAINE D'APPLICATION

Devant l'immense variété des aspects potentiels des références architecturales, nous avons décidé de restreindre notre contexte d'étude à celui de l'architecture construite en bois. Outre ses qualités économiques, esthétiques et mécaniques, le bois est de plus en plus utilisé dans le domaine de la construction. L'abondance de documents illustrant des projets appartenant au domaine de la construction bois en est un indice. Le CRIT [Web Crit] (Centre de Ressource en Informations Techniques) et le CNDB [Web CNDB] (Comité National pour le Développement du Bois) nous ont fourni la base d'images sur laquelle ont porté nos expérimentations. La base de données imagée était donc disponible et accessible.

Le renouveau que connaît ce secteur induit une plus grande production de bâtiments en bois. Ceci est probablement dû à la capacité du matériau à apporter de nombreuses réponses dans un contexte aujourd'hui sensibilisé au « développement durable » [Eliope, 1997]. Ce renouveau engendre un besoin de références très fort, lié d'une part à l'augmentation de l'offre de projets « bois », et d'autre part au fait que construire avec un matériau comme le bois requiert une phase de conception approfondie et détaillée, car la phase de réalisation n'admet pas d'erreurs.

Pour cela nous proposons d'assister le concepteur dans son activité en construisant une base de données d'images qui jouera le rôle de dispositif référentiel à partir duquel il pourra inférer et construire de nouveaux systèmes de formulation/résolution de problèmes orientés vers son projet.

2. APPLICATION DE LA METHODE PROPOSEE

Afin de vérifier la pertinence de nos propositions nous avons adapté les points de la méthode (cf chapitre 2) à des images illustrant des réalisations architecturales construites en bois. Chacun de ces points fera l'objet d'une ou plusieurs expérimentations visant à vérifier la correspondance ou l'écart avec l'hypothèse formulée. Les points sont les suivants :

- La proposition d'un langage de description d'images
- Proposition d'un modèle d'indexation
- Proposition d'un mode spécifique de recherche adapté à l'image

2.1 PROPOSITION ET STRUCTURATION D'UN LANGAGE DE DESCRIPTION D'IMAGES

Bien que le domaine d'application soit défini, la description d'un édifice peut s'effectuer de plusieurs manières : on peut évoquer ses qualités techniques ou ses qualités plastiques, voire ses qualités symboliques. On peut également parler de son coût, de son concepteur ou encore, des entreprises qui l'ont réalisé. Il convient donc de distinguer plusieurs familles de descripteurs , nous les présenterons dans le paragraphe suivant.

2.1.1 Proposition et Identification des familles de descripteurs

Tout référencement de documents visuels repose sur une des approches citées ci-dessous [Panofsky1967] [Serre-Floersheim, 1993]. Ces approches permettent d'adapter le vocabulaire de description aux documents à indexer (Figure 36).

* La première famille de descripteurs est couramment nommée « Offness » ou en français « dénotation ». Elle concerne l'information directement extractible de l'image. Cette famille se divise à son tour en deux parties :

- Le contenu graphique, qui concerne tout ce qui est directement lisible sur l'image (couleur, forme, texture) ;
- Le contenu sémantique qui, lui, concerne la description plus ou moins immédiate des éléments figurant sur les images (bardage, toiture, …).

* La seconde famille de descripteurs est couramment appelée « Aboutness » ou en français « connotation ». Cette famille porte sur l'analyse des informations complémentaires ou interprétatives mais non directement extractibles de l'image. Cette famille comprend :

- Le contenu contextuel qui se rapporte à des concepts non lisibles directement mais ayant un lien avec le contenu de l'image (type de projet, nom du projet, situation géographique, …)
- Le contenu symbolique de l'image. Il se situe à un niveau d'abstraction plus élevé que le contenu sémantique (opacité, monotonie, perméabilité, …)

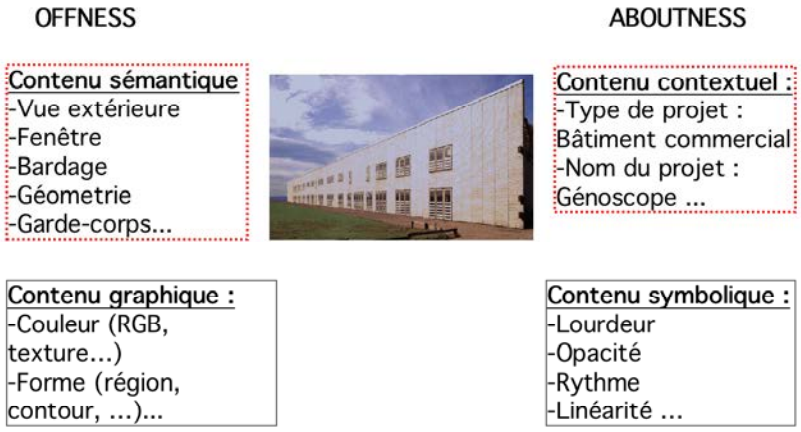


Figure 36 : Les deux familles de descripteurs d'images.

Le vocabulaire que nous proposons de créer doit décrire le contenu sémantique de l'image en explicitant les concepts qui y figurent. La particularité d'un concept est qu'il ne fait référence à aucun objet particulier ; c'est une représentation abstraite qui permet de catégoriser les objets à décrire. Ceux-ci seront regroupés en catégories. "Une image, en effet n'est intelligible que dans la mesure où l'être récepteur qui la voit peut y discerner des universaux[14] par exemple, dans le tableau d'un paysage, des arbres, des maisons, des hommes, des animaux, des objets auxquels on peut attacher un nom : l'image est déchiffrable" [Moles et Zetmann, 1971].

Afin de réduire les écarts d'interprétations dus à la polysémie de l'image, nous avons limité notre approche du domaine de la construction bois à celui des ouvrages en tant que parties physiques d'une réalisation. Ainsi l'aspect symbolique de l'architecture ne sera pas pris en compte dans notre contexte de recherche car il induirait un trop grand écart d'interprétation.

[14] Selon le Robert, les universaux sont les concepts et termes universels applicables à tous les individus d'un genre ou d'une espèce.

Parmi les différents langages de description existants, nous proposons d'organiser notre vocabulaire d'indexation sous la forme d'un thésaurus. Notre thésaurus s'appuiera sur le découpage que nous proposons dans la figure (Figure 36) pour décrire les images. Ce découpage nous a permis d'identifier les familles de descripteurs pour indexer les images. Ces familles sont illustrées (Figure 37) (les produits, les matériaux, les types de réalisation et les ouvrages), et constitueront les facettes du thésaurus (cf. Annexes p 233) destiné à décrire les ouvrages architecturaux illustrés sur les images.

La validation concernant cette partie s'est effectuée en décrivant des images dans des revues spécialisées sur le bois. Nous n'avons tenu compte que des seules images photographiques, les dessins techniques et nombres de croquis ont été éliminés d'emblée. Nous considérons :

- Les ouvrages : cette famille comprend le nom des parties physiques constitutives d'un bâtiment. Nous définissons un ouvrage architectural comme étant " tout objet ou élément architectural résultant de la mise en œuvre d'un ou plusieurs matériaux de construction remplissant un rôle caractéristique dans un ensemble constituant la réalisation architecturale à laquelle il appartient". Dans cette famille nous trouverons par exemple des objets comme les portes, les murs, les charpentes ou l'ameublement, ou encore : poteau, cloison, charpente, …

- Les produits : cette famille comprend le nom de tous les accessoires, équipements, solutions de protection ou de préservation, … qui ne sont pas en bois mais participent à la réalisation des ouvrages en bois. Par exemple, sel pour traitement en autoclave, vis, lasure, ….

- Les matériaux : cette famille comprend le nom de toute partie en bois entrant dans la composition d'un ouvrage, aussi bien le nom des essences de bois (sapin épicéa, …) que celui des produits dérivés tels que le lamellé-collé ou encore l'OSB …

- Les types de réalisations : cette famille comprend le nom des réalisations classées du point de vue de leur usage, par exemple, les habitations, les bâtiments scolaires, commerciaux…

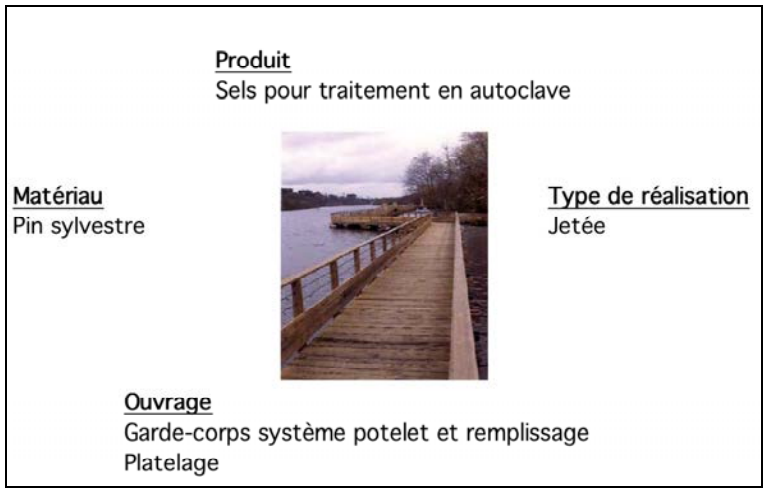


Figure 37 : Exemple de description d'une image selon le contenu contextuel.

2.1.2 Construction et structuration du vocabulaire

Le but de la structuration du vocabulaire est d'ordonner et de relier les termes de chaque facette du thésaurus (cf. Annexes p 233) entre eux. C'est dans cette étape que la connaissance du domaine est organisée.

Dans le précédent chapitre nous avons montré qu'un des principaux inconvénients des thésaurus existants dans le domaine de l'architecture était leur trop grande hiérarchie (cf chapitre 2 4…). Aussi avions-nous choisi d'organiser notre vocabulaire en seulement trois niveaux hiérarchiques comme dans la structuration proposée par E.Rosch en psychologie cognitive. Selon Rosch [Rosh, 1973], les éléments du monde réel sont classés dans l'esprit par catégories dont le représentant est le membre prototype. Cette structuration nécessite de suivre certaines règles de catégorisation.

Une des particularités de cette catégorisation est que son point de départ s'effectue à partir du niveau intermédiaire appelé "niveau courant" ou « niveau de base » [Reed, 1999, p 281]. Elle s'organise ainsi car de nombreuses expériences ont montré que les concepts du niveau courant possèdent plus d'attributs en commun. Rosch décrit le niveau de base comme étant le niveau regroupant un maximum d'information avec le moindre effort cognitif. Ce sont ces attributs que nous avons nommés précédemment « traits sémantiques figuratifs» [Denis, 1989]. Ces traits vont constituer les éléments fondamentaux nécessaires à l'identification de l'ouvrage architectural et vont permettre la définition de l'ouvrage prototype le plus souvent partagé par les personnes exerçant une même activité.

2.1.2.1 Les liens hiérarchiques verticaux : « Les trois niveaux »

Les trois niveaux hiérarchiques se définissent comme suit :

2.1.2.1.1 Le niveau courant NC

Il représente le niveau à partir duquel se structure le langage (cf annexe 1, p 205). Ce niveau est également appelé niveau de base car il comprend les concepts les plus importants dans le langage du domaine à décrire et donc ceux que l'on apprend en premier lieu. Il comprend le nom du "prototype" ou du membre le plus représentatif des éléments ayant des caractères communs. . Ex ; pomme, poire, … 1). Dans le domaine architectural nous trouvons à ce niveau des termes comme ; poteau, mur, …(Tableau 2).

2.1.2.1.2 Le niveau supérieur NS

Ce niveau représente un niveau plus général que le niveau de base. Il comprend le terme qui permet de nommer les attributs communs des concepts architecturaux appartenant au niveau courant. Par exemple "fruit" constituerait le nom de la catégorie supérieure à laquelle appartiendrait « pomme » et « poire » et « système porteur vertical », celui de la catégorie supérieure pour « poteau » et « mur » (Tableau 2)

NS	NC	
	Terme	Définitions
Système Porteur Vertical	mur	paroi verticale porteuse
	poteau	élément porteur vertical et ponctuel

Tableau 2 : Niveaux courant et supérieur des termes « poteau » et « mur ».

2.1.2.1.3 Le niveau inférieur NI

Les termes appartenant à ce niveau permettent une identification plus concrète des concepts architecturaux illustrés sur les images que ceux des niveaux précédents, et ne comprennent qu'un degré de spécificité supplémentaire par rapport à ceux du niveau courant (Figure 38). Cette spécificité des termes est obtenue par la recherche de caractéristiques exclusivement visuelles telles que :

- **La forme** (Figure 38) correspond à l'ensemble des contours d'un objet. C’est une des premières propriétés visuelles que nous pouvons classer [Piaget, 1998]. Cette caractéristique est visible à deux niveaux. (i) la forme de l'élément architectural en lui même. Ex. : poteau circulaire ou poteau de section carrée. (ii) le module utilisé. Ex : panneau, bardeau, …

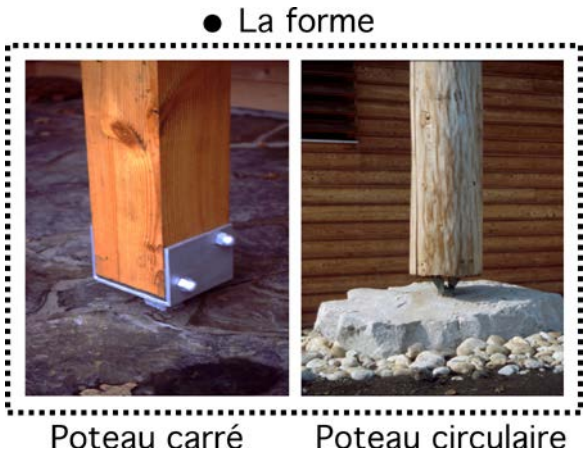


Figure 38 : Caractéristique graphique « la forme ».

- **Le dispositif constructif** (Figure 39) correspond à la manière dont est disposé ou arrangé un élément architectural selon des règles prédéterminées de construction. Ex : escalier suspendu, bardage en clins, ….



Figure 39 : Caractéristique graphique « le dispositif constructif».

- **Le dispositif fonctionnel** (Figure 40) correspond principalement à la manière dont s'utilise l'élément architectural afin de remplir son rôle caractéristique. Ex : volet battant, porte coulissante, …



Figure 40 : Caractéristique graphique « le dispositif fonctionnel ».

- **Le nombre** (Figure 41) correspond à la multiplicité ou à l'unicité d'un seul élément architectural. Nous arrivons à identifier d'un point de vue visuel si un élément appartient à un groupe ou est au contraire singulier (au sens unique du terme). Ex : succession de portiques, colonnade, poteau singulier.

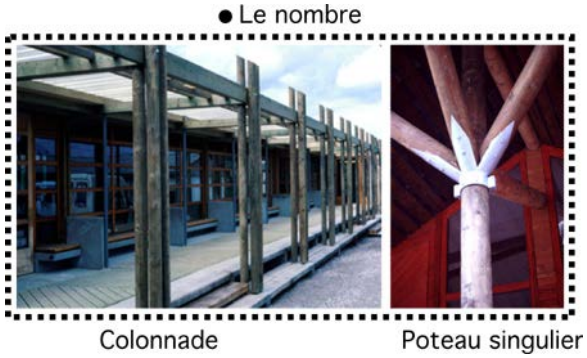


Figure 41 : Caractéristique graphique « le nombre ».

- **L'orientation** (Figure 42) correspond à la direction de l'élément par rapport aux principaux axes horizontaux/verticaux ou intermédiaires. Ex : brise soleil vertical, brise soleil horizontal, poteau incliné, ….



Figure 42 : Caractéristique graphique « l'orientation ».

- **Le dispositif plein-vide** (Figure 43) correspond au degré de percement de l'élément architectural dans le but de laisser passer ou non le jour. Le fait qu’un élément laisse traverser la lumière ou est opaque est identifiable visuellement. Ex : panneau plein, panneau ajouré ou encore plancher en lames jointives et plancher en lames non jointives.



Figure 43 : Caractéristique graphique « le dispositif plein/vide ».

Nous venons de présenter les liens hiérarchiques et verticaux de notre thésaurus (cf. Annexes p 233). Dans ce qui suit, nous présenterons ce second type de liens que sont les liens diagonaux au sein de notre vocabulaire.

2.1.2.2 Les liens transversaux

Dans le paragraphe précédent nous avons présenté les relations verticales et hiérarchiques de notre vocabulaire. A ces liens peuvent s'ajouter des liens transversaux (Figure 44) entre les termes. Ces liens transversaux reposent sur les relations logiques et ontologiques que nous avons définies dans le second chapitre (cf 3.2.3.3).

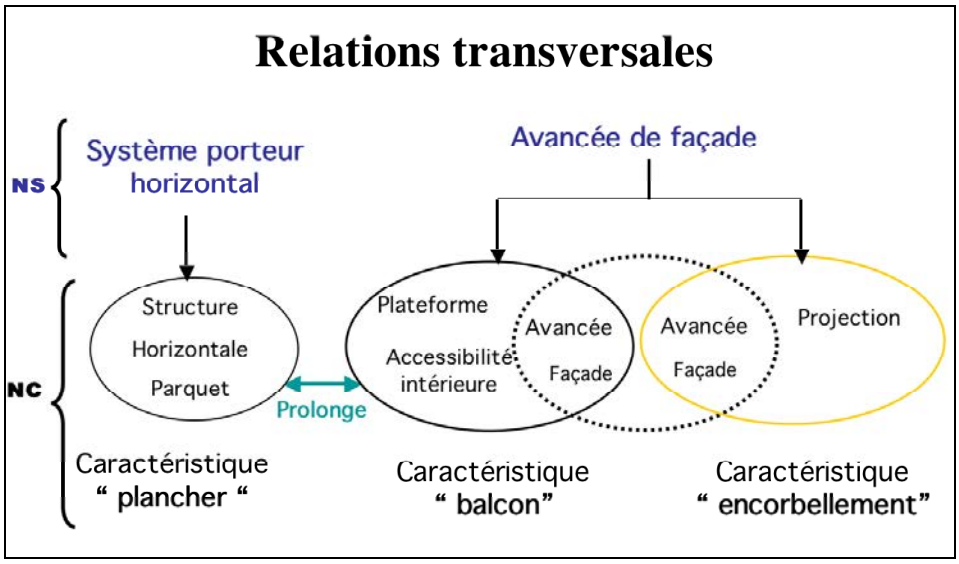


Figure 44 : Exemple de relation transversale entre deux termes d'un même niveau

Dans la (Figure 44) nous donnons l'exemple d'une relation transversale liant deux concepts architecturaux n'appartenant pas à la même hiérarchie (cf annexe 1, p 210) :

- Plancher = élément porteur horizontal + revêtement parquet.
- Balcon = plate-forme + accessibilité intérieure + avancée de façade.

Le terme « plancher » dans notre vocabulaire appartient à la catégorie « système porteur horizontal » alors que « balcon » appartient, lui, à la catégorie « avancée de façade ». Dans la définition basique d'un balcon, nous savons qu'un balcon est le prolongement d'un plancher. Un lien entre les deux termes est donc nécessaire si nous voulons représenter par notre vocabulaire la véritable connaissance du domaine décrit.

En suivant ce principe qui consiste à extraire l'information fondamentale à partir de la définition d'un concept, nous avons défini 8 relations transversales entre les termes de différents niveaux hiérarchiques et de différentes familles. Les relations sont les suivantes (Tableau 3) :

Le nom du lien	Définition du lien	Exemples
Partie de	Désigne la relation "portion-masse" qui se manifeste entre deux éléments architecturaux dont les parties sont matériellement identiques et ayant des fonctions différentes à cause de la disposition de chacune d'elles par rapport à un tout. Ainsi la « tête de poteau » est matériellement une partie de « poteau ».	*** Tête de poteau / poteau** *** Pied de poteau / Poteau**
Recouvre	Désigne la relation existant entre un élément architectural quelconque ayant une fonction particulière et un autre élément architectural ayant une fonction de recouvrement par rapport au premier.	*** Parquet / Plancher** *** Bardage / Mur** *** Revêtement mural / Cloison**
Protège	Désigne tout dispositif ayant une fonction de protection contre un risque (chute) ou un désagrément (étanchéité).	*** Garde-corps / Balcon** *** Brise-soleil / fenêtre**
Contient	Correspond à la relation ontologique appelée "Séparable" et se manifeste lorsque la partie peut se séparer du tout, ex : une bicyclette sans guidon est différente d'une bicyclette sans acier. Les deux élément sont matériellement différents contrairement à la relation « partie de » citée plus haut.	*** Balcon / garde-corps** *** Assemblage vissé / vis**
Occulte	Désigne tout dispositif ayant pour fonction d'empêcher la pénétration de lumière dans un espace.	*** Volet / fenêtre**
Prolonge	Désigne la relation qui existe entre une partie qui s'étend d'un élément architectural et son "raccourcissement", les deux ayant des noms et des fonctions différentes.	*** Balcon / garde-corps** *** Débord de toiture / Elément de finition de toiture**
Même forme que	Désigne la relation qui existe entre deux éléments architecturaux différents ayant la même forme et appartenant à des catégories différentes.	*** poteau / poutre**
Donne accès	Désigne la relation qui existe entre deux éléments architecturaux différents dont l'un permet d'entrer dans un lieu et l'autre le lieu en question.	*** Porte de garage / Abri de voiture** *** Porte-fenêtre / balcon**

Tableau 3 : Relations transversales dans le langage de description.

2.1.3 Expérimentation sur les trois niveaux et centrée sur le niveau courant du thésaurus NC

Une expérimentation a été menée dans le cadre de notre travail de recherche concernant l'indexation des images afin de valider le niveau courant du thesaurus (cf annexe 3, p 217). Deux catégories de sujets ont été testées, des architectes et des ingénieurs, tous spécialisés dans le domaine de la construction bois, spécialisation acquise pour la plupart dans le cadre du DESS « matériau bois et mise en œuvre dans la construction ».

Cette expérimentation avait pour but de vérifier que les termes du niveau courant appartiennent bien à la connaissance de base des professionnels et qu'ils sont ceux les plus utilisés. Dans notre thésaurus (cf. Annexe1 p 205) nous avons défini 39 termes décrivant des ouvrages architecturaux au niveau courant. Ces termes sont censés représenter la connaissance basique et commune des professionnels sur les ouvrages.

2.1.3.1 Protocole de l'expérimentation

Cette expérimentation s'est déroulée en plusieurs étapes :

- Etape (1) : il s'agit de sélectionner des images à présenter aux sujets. Les images choisies l'ont été car elles illustraient les principaux traits sémantiques figuratifs[15] présents dans la définition du concept architectural illustré. Pour construire la définition de chacun des termes identifiant un concept, plusieurs définitions extraites de plusieurs dictionnaires (Dicobat, Le Robert, ...) concernant un seul et même terme ont été croisées afin d'aboutir à une définition claire regroupant les principales caractéristiques descriptibles visuellement de l'élément architectural à nommer (Tableau 4) :

Le terme	Le dictionnaire des professionnels du BTP [Roy, 1998]	Le ROBERT	Le DICOBAT 1996	La définition finale
BALCON	Plate-forme en saillie sur la façade.	Plate-forme en saillie sur la façade d'un bâtiment et qui communique avec les appartements par une ou plusieurs ouvertures, baies ou fenêtres.	Plate-forme à hauteur de plancher, formant saillie sur la façade, et fermée par une balustrade ou un garde-corps. Contrairement à une terrasse ou à un perron, un balcon n'est, normalement accessible que par l'intérieur du bâtiment	Plate-forme à hauteur de plancher, formant saillie sur la façade, et fermée par une balustrade ou un garde-corps, accessible par l'intérieur du bâtiment à travers d'une ou plusieurs ouvertures baies ou fenêtres. "lien avec fenêtre et plancher"
PLANCHER	Elément porteur horizontal et séparatif dans une construction offrant une surface plane constituant le sol d'un local	Ouvrage qui, dans une construction, constitue une plate-forme horizontale au rez-de-chaussée, ou une séparation entre deux étages.	Paroi horizontale constituant le sol d'un étage.	Elément porteur qui, dans une construction, constitue une plate-forme horizontale au rez-de-chaussée, ou une séparation entre deux étages. "lien avec revêtement de sol intérieur"

Tableau 4 : Choix de la définition d'un ouvrage

- Etape (2) nous avons recadré les images sélectionnées. Chaque image sélectionnée a été recadrée afin de n'illustrer que l'élément architectural à décrire. Le but de ce recadrage est d'éviter d'une part l'identification de plusieurs éléments sur l'image potentiellement descriptibles et d'autre part d'obtenir instantanément le nom de l'élément que les sujets sélectionnés pour l'expérimentation visualisent sur l'image (Tableau 5). Nous rappelons que les termes du niveau courant permettent de nommer le prototype partagé par les professionnels.

[15] Cf chapitre 1 et 2

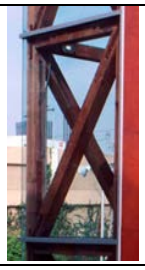
Image d'origine	Image recadrée pour l'expérimentation
	

Tableau 5 : Recadrage d'une image

Afin d'illustrer notre propos, nous présentons le cas d'une image qui a été recadrée. L'image d'origine a été décrite par les termes suivants lors de pré-tests par des sujets différents de ceux choisis pour cette expérimentation :

1. Toiture.
2. Cheminée.
3. Gaine béton ou conduit.
4. Contreventement.
5. Poteaux poutres.
6. Panneaux de toiture.

En revanche l'image de gauche a été décrite par : Contreventement en Croix de Saint André.

- Etape (3) : afin de réduire le trop fort particularisme dû à la présentation d'une seule image, nous avons présenté aux sujets non pas une mais deux images illustrant le même concept courant (Tableau 6) . (Une série de 39 couples d'images a été présentée aux sujets)[16].

	……6……	

Tableau 6 : Exemple de couple d'images présenté aux sujets

[16] Il est important de rappeler que nous cherchons à identifier les termes courants et non spécifiques. Il faut donc que les sujets nomment le terme commun sans spécificité.

- Etape (4) : nous avons demandé à chaque sujet de nommer le concept architectural qui permettrait de décrire chaque couple d'image.

- Etape (5) : les termes cités par les sujets de l'expérimentation (1) ont été comparés avec ceux présents dans notre vocabulaire.

2.1.3.2 Résultat de l'expérimentation sur le niveau courant

Dans cette expérimentation, il y avait 39 termes à identifier. Chaque terme est décrit ou illustré par un couple d'images. Sur les 39 concepts à identifier, 7 ne l'ont pas été de façon correcte. Il est important de préciser que le test pour les 39 couples a duré de 10 à 15 minutes selon les sujets. Ce qui revient à une durée allant de 7 à 23 secondes pour, à la fois, lire chaque image du couple, identifier les concepts que chacune d'elles illustre, trouver le concept qui illustre les deux à la fois, sélectionner au mieux le terme qui permettrait de l'identifier et enfin l'écrire sur la feuille. Ce qui est relativement court.

A) Les ouvrages non identifiés :

Les sept concepts qui n'ont pas été correctement décrits sont les suivants (Tableau 7) :

Terme de notre langage	Les images présentées	Terme cité par les sujets
Mur	 36 	Ossature bois
Passage	 2 	Coursive
Système structurel	 1 	Portique lamellé-collé
Claustra	 22 	Bardage ajouré

Equipement urbain	 5 	Poteau
Forme de toiture	 8 	Bardage ajouré
Revêtement de plafond	 9 	Bois courbe

Tableau 7 : Les concepts non reconnus durant l'expérimentation

Sur les 7 concepts qui n'ont pas été identifiés correctement, 4 avaient été décrites par des termes ayant des significations proches du concept à décrire, ce que l'on pourrait appeler des "proches" ou "synonymes". Il a fallu donc choisir le terme que l'on jugeait le plus adéquat et le plus approprié pour décrire les concepts présents dans la base d'image.

Par exemple pour "mur" ont été cités dans l'ordre décroissant de la fréquence de citation;

1. Ossature bois
2. Mur
3. Système constructif
4. Élément porteur
5. MOB
6. Mur à ossature bois
7. Paroi

B) Les causes de cette non reconnaissance :

Le problème relatif à ces termes est lié aux images choisies pour les illustrer. Dans ce cas nous avions présenté une même image recadrée différemment pour illustrer deux ouvrages architecturaux différents) (Tableau 8).

	……8……	
	……36……	

Tableau 8 : Une même image pour illustrer deux concepts différents

Le terme à identifier pour le premier couple d'images est "forme de toiture" alors que, pour le second couple, c'est le terme de "mur" qui devait être découvert.

Pour le premier couple d'images (couple N°8) (Tableau 8), le terme le plus souvent cité par les sujets était « bardage ajouré ». Selon nous il y a eu confusion dans l'identification de ce concept car "la forme" n'est pas un ouvrage architectural en soi mais une notion abstraite. Elle peut être catégorisée en "formes primitives" ; "formes ayant des gabarits connus"(sphère, cylindre, ...). Cependant nous avons choisi de garder le terme « forme de toiture » car comme nous le verrons plus tard le changer de niveau aurait entraîné une trop grande précision dans la description des formes de toit figurant sur les images.

Pour le second couple d'images, le concept «mur» a été nommé par les sujets comme étant « ossature bois ». Dans ce cas le principe constructif a été identifié et le concept général de « mur » remplacé par un concept plus précis ou technique qui est celui « ossature ». Dans ce cas précis, les sujets ont nommé comme courant un des termes que nous avions mis comme étant un spécifique du mot « mur ». Ils ont cité le dispositif constructif du mur, ce qui signifie qu'ils sont plus précis que ce que l'on considère comme étant le niveau courant.

Un autre exemple d'ambiguïté (couple (1) du Tableau 7) sur le niveau de précision du concept est survenu lors de l'identification du concept architectural « système structurel». Les sujets lui ont préféré le terme « portique» (couple (1) du Tableau 7). Dans ce cas il aurait fallu présenter aux sujets plus d'images illustrant des systèmes structurels différents afin d'avoir le terme que nous recherchions. Ils ont effectivement décrit le concept architectural figurant sur une des deux images, mais pas sur

l'autre. « Portique » permet de décrire l'image de droite mais pas celle sur laquelle figurent les « arcs ». Les sujets ont donné un 'spécifique' sans trouver le concept permettant de décrire les deux images à la fois.

C) les ambiguïtés dues au terme lui-même :

Les 3 concepts (revêtement de plafond, forme de toiture, équipement urbain) non reconnus l'ont été à cause de l'ambiguïté du terme lui-même et non pas de l'image. L'ambiguïté relative aux termes peut également être de deux ordres :

- Le premier concerne le fait que le terme à nommer n'appartient pas au niveau courant du sujet interrogé. Ce problème a deux caractéristiques ; la première concerne le fait que le sujet ne se souvienne pas du terme du niveau courant, la seconde concerne le fait qu'il l'ait oublié. Dans ce cas, le sujet opère par un processus d'abstraction et recherche le nom de la notion plus abstraite (cf niveau supérieur), ou alors il nomme la spécificité de l'élément (cf niveau inférieur).

- Le deuxième cas renvoie au fait que le niveau courant d'un groupe de sujets représente notre niveau spécifique. Par exemple il arrive souvent que le nom d'une marque devienne plus courant que le concept représenté par la marque elle-même. On parlera plus volontiers de « velux » que de « fenêtre de toit » ou encore de « triply » plutôt que de « panneaux de lamelles orientées ».

Les réponses apportées par les sujets sont à manipuler avec précaution. En effet, les sujets ne devaient décrire que deux images. Ce qui suscite des réponses plus précises que s'il s'agissait de décrire un nombre plus important d'images.

D) les ambiguïtés dues à l'image elle-même :

Ce cas de figure survient car la base est essentiellement composée d'images illustrant des œuvres architecturales particulières, dans lesquelles les concepteurs ont essayé de dépasser les barrières communes du domaine (tous les projets de la base sont particuliers). Même si nous avions établi des règles pour définir le prototype, elles n'auraient pas été infaillibles et elles n'auraient certainement pas fait l'unanimité. L'exemple le plus explicite est survenu lors de l'identification du concept de la « forme de toiture » qui a été substitué par plusieurs sujets à celui de bardage (Figure 45).



Figure 45 : Concept de forme remplacé par celui de bardage

2.1.3.3 Conclusion sur l'expérimentation du niveau courant

Nous avons vu lors de cette expérimentation que les sujets ne donnaient pas unanimement le même terme. Cette différence peut avoir pour origine leur formation, leur origine sociale ou encore leur expérience. Il est apparu également que, même s'ils étaient différents de celui auquel nous voulions aboutir, certains termes donnés par les sujets n'en étaient pas très éloignés. Dans un premier temps nous avons donc dû faire un choix au sein de la liste de termes proposés par les sujets, puis, dans un second temps, décider du plus adéquat entre celui des sujets et celui que nous proposions.

Cette procédure de choix, successifs revient à introduire une notion nouvelle, celle « d'archétype » ; nous nous appuyons sur la notion de « prototype » (modèle premier ou original) pour définir le niveau courant ; la notion « d'archétype » (modèle idéal) semble plus à même de renvoyer à ce qui est partagé à l'intérieur d'une culture commune. Parmi les divers « prototypes » (le notre et ceux des sujets) il s'agit de choisir « l'archétype » le plus adéquat comme descripteur de l'image présentée.

Les termes non retenus comme descripteurs ont été ajoutés à une nouvelle liste, celle des «non descripteurs». Ils nous serviront à enrichir notre vocabulaire, mais aussi à orienter l'indexeur pour qu'il retrouve plus facilement le terme descripteur adéquat.

Ainsi concernant la structuration en trois niveaux du thesaurus (cf liste des annexes, p 233) nous pouvons finalement faire remarquer que le niveau supérieur est nécessaire à l'organisation de la connaissance du domaine afin d'optimiser l'indexation, le niveau courant représente, quant à lui, le besoin du concepteur et le niveau inférieur est adapté et correspond à ce qui est visualisé sur une image.

2.2 LE MODELE D'INDEXATION

Le second point de la méthode mise en oeuvre concerne la proposition d'un modèle d'indexation. Ce modèle a pour but d'optimiser la mise en relation entre les termes du vocabulaire défini et les concepts architecturaux illustrés sur les images. Il comprend à la fois la structuration de la base de références imagées et le principe d'organisation des termes dans une indexation d'image.

2.2.1 Les entités du modèle

Le modèle articule trois entités, les images, les projets et le vocabulaire pour la description des images. Nous proposons d'organiser ces entités comme suit (Figure 46) :

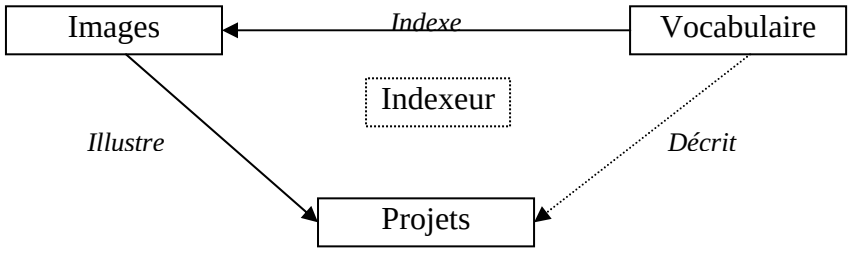


Figure 46 : Schéma représentant la base de notre modèle d'indexation.

Ce schéma basique montre les trois entités fondamentales de notre modèle d'indexation : les images, le vocabulaire et les projets. Par ce schéma (Figure 46) nous exprimons le fait que les images illustrent des projets et le vocabulaire que nous construisons a pour but d'inclure les termes nécessaires à la description de ces projets pour permettre à l'indexeur d'indexer chaque image de la base.

Afin de concevoir la base de données qui mémorisera les références, il a fallu structurer la connaissance et les données qui seront utiles à la réalisation du système des gestion de références. Pour cela nous proposons le modèle détaillé suivant (Figure 47) :

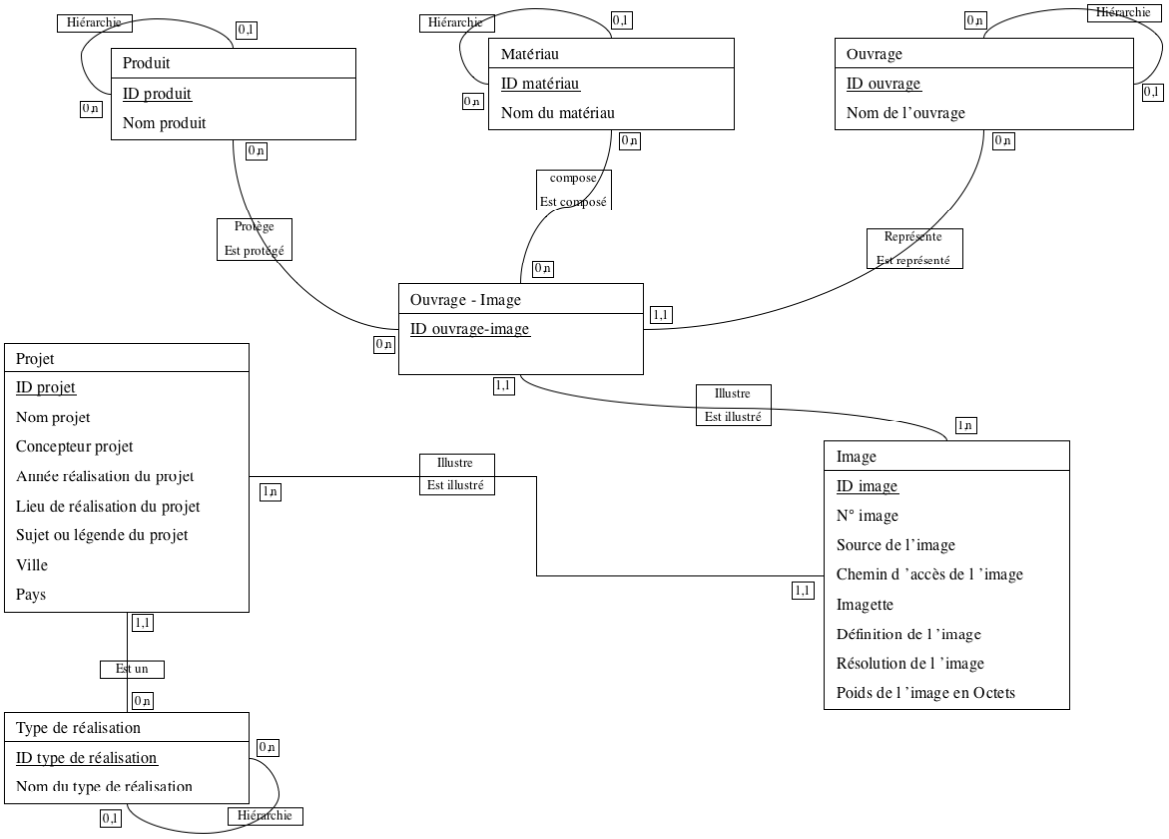


Figure 47 : La structuration de la base des références imagées

Le modèle d'indexation que nous proposons comprend les entités suivantes :

- La facette « ouvrage » qui comprend le nom des ouvrages illustrés sur les images
- La facette « matériau » qui comprend le nom des matériaux rattachés aux ouvrages illustrés sur les images
- La facette « produit » qui comprend le nom des produits rattachés aux ouvrages illustrés sur les images
- La facette « type de réalisation » qui comprend le nom du type de projet illustrés sur les images.
- L'entité « image » qui comprend les propriétés des images de la base
- L'entité « projet » : qui comprend les propriétés des projets composés d'ouvrages illustrés par les images.

- L’entité « ouvrage-image » : qui correspond au fait que chaque image de la base illustre un ou plusieurs ouvrages décrit dans la facette « ouvrage ». C’est sur ce couple que repose la particularité de notre modèle d’indexation. C’est uniquement à ce couple qu’est associé ou non un ou plusieurs matériaux et produits.

Le modèle d'indexation se lit de la façon suivante :

- Chaque image illustre un projet.
- A chaque projet est associé un seul type de réalisation.
- A chaque image est associé au moins un terme appartenant à la liste des ouvrages architecturaux.
- A chaque couple "ouvrage-image" est associé ou non un ou plusieurs termes appartenant à la liste des matériaux
- A chaque couple "ouvrage-image" est associé ou non un ou plusieurs termes appartenant à la liste des produits.

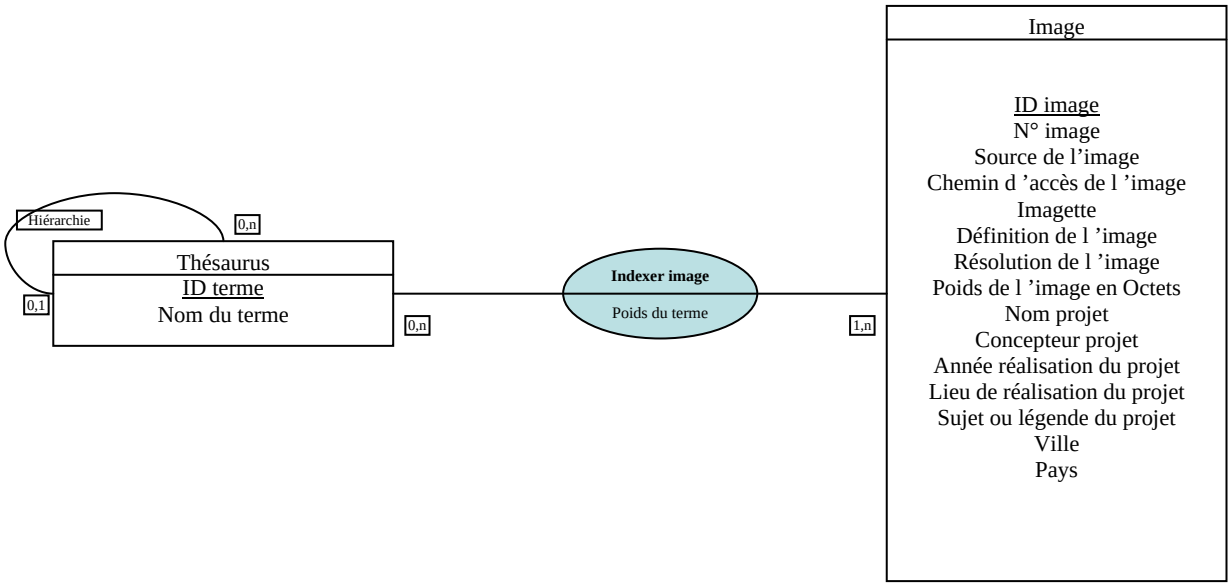


Figure 48 : Le modèle d'indexation réel.

Le modèle d'indexation (Figure 48) sur lequel fonctionne notre système actuellement regroupe l'ensemble des termes appartenant aux différentes familles de notre thésaurus dans une seule et même table.

La base de références comprend environs 1000 images qui ont été indexées selon le modèle d'indexation ci-dessus, à l'aide du vocabulaire que nous avons créé et structuré.

Pour éviter les erreurs d'interprétation, les personnes travaillant à l'indexation de bases d'images appliqués à des domaines techniques qui ne sont pas les leurs (biologie, médecine, …) font valider régulièrement leurs indexations par des professionnels du domaine [Jolion, 2000]. En effet, contrairement à ces derniers, les « indexeurs » possèdent rarement les connaissances techniques approfondies pour être à l'abri d'erreurs d'interprétation. N'étant qu'architecte non spécialiste du domaine du bois, mes connaissances liées à ce domaine sont limitées. C'est pourquoi une validation de nos propositions sera indispensable et se fera par le biais d'expérimentations.

2.2.2 Expérimentation validant l'indexation sémantique du contenu des images

Cette expérimentation (cf annexe 4, p 220) doit vérifier que :

- Les sujets décrivent de la même façon les images de la base c'est-à-dire, qu'ils associent de manière adéquate termes et image.

- Les sujets utilisent les termes du niveau "courant" plus souvent que ceux des autres niveaux. Cela validerait le fait que les termes appartenant au niveau courant correspondent bien à un usage courant des professionnels du domaine.

Répartis en un groupe d'ingénieurs et un groupe d'architectes les sujets de cette expérimentation sont les mêmes que ceux ayant participé à l'expérimentation N°1.

2.2.2.1 Protocole de l'expérimentation

Dans cette expérimentation, nous avons proposé une indexation des images de la base. Cette indexation est donnée aux sujets sur un support papier. Le questionnaire est formé de deux listes en colonne. La première colonne comprend une liste d'images, la deuxième, la liste des termes ayant servi à la description de ces images. Les images sélectionnées pour cette expérimentation permettent de couvrir l'ensemble du niveau supérieur de la facette « ouvrage » du thésaurus. Ce choix a été effectué afin de couvrir au maximum le domaine décrit. Les images représentaient donc des ouvrages très variés. Certaines illustrent des détails constructifs comme des articulations ou des emboîtements alors que d'autres illustrent des toitures ou des aménagements de surfaces. Sur chaque feuille de l'expérimentation (Figure 49) figurent à la fois deux ou trois images. Ce nombre dépendait de la taille des images, car le support de l'expérimentation était le format papier. Puisque l'indexation des images que nous avions proposée s'effectuait avec le niveau inférieur du thésaurus, nous avions choisi de présenter les termes descripteurs d'indexation avec leur hiérarchie. Ainsi par exemple pour une image illustrant un « poteau circulaire / niveau inférieur » nous avions rajouté à la liste le terme « poteau / niveau courant » et le terme « système porteur vertical / niveau supérieur ». Chaque liste de termes était classée par ordre alphabétique. Il a été demandé aux sujets :

Etape 1 : d'observer les images de la première colonne.

Etape 2 : de lire la liste de termes présents dans la deuxième colonne

Etape 3 : de relier (en traçant un trait) chaque image aux termes, situés dans la deuxième colonne, qui sont censés décrire le contenu sémantique de l'image.



Image D 1



Image D 2



Image D 3

	Bâtiment d'habitation
	Bois associé
	Bois associé bois et béton
	Bois reconstitué
	Bois reconstitué lamellé collé
	Circulation
	Escalier
	Escalier balancé
	Escalier massif
	Escalier suspendu
	Essence
	Fenêtre extérieure de type percement
	Habitation collective
	Mur à ossature légère
	Mur Système porteur vertical
	Ouverture extérieure
	Ouvrage d'art
	Plancher à solivage
	Pont
	Poutre
	Poutre moisante
	Poutre treillis
	Structure en arc
	Système porteur horizontal
	système porteur structurel
	Type de bâtiment

Figure 49 : Liste d'images et liste des termes décrivant ces images.

2.2.2.2 Résultats de l'expérimentation

Tous les sujets, qu'ils soient architectes ou ingénieurs, ont utilisé davantage les termes du niveau courant que ceux appartenant aux autres niveaux hiérarchiques. Les architectes ont sélectionné près de 1,5 fois plus de termes appartenant au niveau courant que ceux appartenant au niveau supérieur et, dans ce choix, près de quatre fois et demi plus de termes désignant les ouvrages architecturaux que de termes désignant un type de matériau et encore cinq fois et demi plus de termes décrivant des ouvrages architecturaux que de termes renvoyant au type de bâtiment. Les ingénieurs, quant à eux, s'ils ont également utilisé plus de termes du niveau courant que ceux des autres niveaux, ont choisi deux fois plus de termes de la famille des matériaux que les architectes.

En d'autres termes, les sujets architectes ont décrit essentiellement les ouvrages illustrés sur les images. Ils n'ont pas décrit le matériau et encore moins le type de réalisation auquel appartient l'ouvrage. Il est également important de noter que plus de 80% des termes décrivant des ouvrages architecturaux correspondent à ceux que nous avions associés préalablement aux images. Les 20% restant étaient dus essentiellement à une mauvaise représentation de l'élément sur l'image, il nous a semblé important d'identifier quelles étaient les raisons de cette mauvaise représentation afin d'apporter à l'indexeur un guide de reconnaissance des éléments présents sur l'image à partir de leurs propriétés graphiques.

2.2.2.3 Analyse des résultats de l'expérimentation vérifiant l'indexation des images

Sur l'image suivante (Tableau 9), parmi les 6 termes proposés pour l'indexation de l'image, cinq ont été cités par les architectes et les ingénieurs. Nous avons mis le terme "colonnade" en gras car il n'a pas été relié à l'image. En effet, sur l'image nous remarquons que la colonnade (en gras dans la liste) ne figure pas entièrement (Seulement deux poteaux sont visibles). C'est le concept de totalité ou de globalité de l'élément illustré qui, ici, n'est présent pour cet élément.

Image	Description
	Charpente poutres et pannes
	Colonnade
	Douglas
	Garde-corps système potelet et garnissage
	Plancher en mezzanine
	Poteau moisant

Tableau 9 : Description d'une image (problème de globalité)

Sur l'image suivante (Tableau 10), les sujets n'ont pas mentionné la verrière car le "verre" ne contraste pas suffisamment avec le fond de l'image pour que la verrière soit reconnue. C'est la notion de "contraste" qui n'a pas permis ici la reconnaissance de l'élément constructif.

Image	Liste des termes descriptifs
	Bois reconstitué lamellé-collé
	Charpente treillis
	Douglas
	Ouvrage autoroutier
	Poutre console
	Verrière

Tableau 10 : Description d'une image (problème de centralité)

Sur l'image figurant dans le (Tableau 11), il est intéressant de remarquer que les sujets architectes ont cité "fenêtre de toit" alors que l'ouverture n'est pas dans la pente d'un toit, mais bien sur le mur pignon d'une maison. Ce qui revient à dire que la fenêtre a été associée au toit et non pas au mur à cause de sa forme biaise qui évoque l'idée de pente, et à sa position au niveau du comble. Cela est dû à une lecture partiale de l'image. Ici l'archétype de la fenêtre de toit a été confondu avec celui d'une fenêtre située sur un mur extérieur. Le terme « fenêtre de toit » n'était présent dans la liste uniquement parcequ'il figurait parmi les termes indexant une autre image présente sur la même page.

Image	Le terme descriptif
	Bardage extérieur en lames à emboîtement
	Bois reconstitué lamellé-collé
	Décrochement de façade en avant-corps ou en arrière corps
	Epicéa
	Fenêtre extérieure de type percement
	Fenêtre de toit
	Forme de toiture bi-pente
	Habitation collective

Tableau 11 : Description d'une image (lecture partiale)

Sur l'image suivante (Tableau 12), le mur a été reconnu, mais pas l'assemblage, ce qui provient principalement du fait que le cadrage de l'image est trop serré.

Image	Le terme descriptif
	**Assemblage à emboîtement**
	Habitation individuelle
	Mur en madriers empilés

Tableau 12 : Description d'une image (cadrage 1)

A l'image figurant dans le (Tableau 13) les sujets Ingénieurs n'ont pas associé le concept de "poutre moisante" et "poutre treillis". Ceci provient également du cadrage. Nous avons fait figurer le terme "Poutre moisante" dans la liste car le moisement de la poutre est visible sur une autre image illustrant le même projet mais en plus gros plan. Nous l'avons donc facilement reconnu. Pour les sujets n'ayant que cette image en possession, le concept est alors moins facilement identifiable. Ce qui explique certainement l'omission de ce terme et qui justifie également le fait qu'il ne devrait pas figurer dans la liste des termes d'indexation puisque le moisement peut être deviné mais non identifié. Pour le concept de "poutre treillis", l'omission est dû certainement à sa non représentation dans sa totalité.

En revanche le concept "structure en arc" a immédiatement été reconnu, car il correspond à ce que Piaget présente comme un concept que l'être humain arrive à catégoriser en premier, "la forme".

Image	Le terme descriptif
	Bois et béton
	Bois reconstitué lamellé-collé
	Pont
	Poutre moisante
	Poutre treillis
	Structure en arc

Tableau 13 : Description d'une image (cadrage 2)

2.2.2.4 **Conclusion sur l'expérimentation validant l'indexation sémantique des images**

Cette expérimentation a permis de démontrer que le taux de reconnaissance des ouvrages illustrés par les images est légèrement supérieur pour les architectes que pour les ingénieurs. Il nous est apparu également que, pour optimiser la description et l'indexation des images, des propriétés graphiques d'indexation devaient être pris en compte, car la reconnaissance d'un ouvrage sur une image dépend de qualités graphiques de sa représentation (contraste, forme, totalité, cadrage, …). Un travail de recherche précédent [Nakapan, 2003] a permis d'identifier des critères de « pertinence d'image ». ces critères ont été regroupés en quatre catégories :

- La pertinence de base permet essentiellement d'identifier les images qui constitueront la base (photographie illustrant des ouvrages dans notre cas).

- La pertinence sémantique est liée au contexte d'interprétation de l'image. Dans le cas du travail de recherche de Mlle Nakapan, le contexte immédiat concerne le texte proche des images dans les sites web.

- La pertinence visuelle permet de faciliter la reconnaissance d'un élément sur l'image. Il repose sur les cinq sous-critères suivants :

- La focalisation concerne la mise en valeur d'un élément afin d'attirer l'attention visuelle vers l'élément, en donnant au récepteur un moyen de reconnaître l'élément au maximum.

- L'intégralité concerne le fait que l'élément soit représenté dans sa totalité.

- La similarité concerne la ressemblance entre l'élément représenté sur l'image et son référent (du monde réel).

- La pertinence spatiale dépend de l'angle de prise de vue ainsi que de l'environnement de l'élément qui permettra de le reconnaître.

- La pertinence temporelle concerne l'état de mise en oeuvre d'un élément dans le processus de construction.

A partir du travail de thèse de Mlle Nakapan et des constats fait dans notre analyse des résultats de la dernière expérimentation, nous avons sélectionné les propriétés de reconnaissance d'un objet dans une image qui correspondent aux problèmes identifiés dans les exemples précédents.

a) les propriétés iconographiques :

- La surface occupée par l'élément à décrire sur l'image.
- La totalité de représentation de l'élément.
- Le contraste de l'élément à comparer avec le reste des autres éléments présents sur l'image.
- La centralité de l'élément sur l'image.

b) les propriétés sémantiques :

- Le rapport de l'élément à décrire l'archétype du concept à nommer.

Nous souhaitons utiliser ces 5 critères pour proposer une indexation pondérée où chacun des termes présents aura un poids proportionnel au nombre de propriétés graphiques que la représentation de l'élément qu'il décrit possède sur l'image.

Cette deuxième expérimentation nous a conduit à mettre à jour l'indexation des images qui construiront notre base de références. Elle nous a conforté dans l’idée que la description concrète du concept architectural réduisait de beaucoup les erreurs d’interprétation. Elle a également confirmé les résultats de la première expérimentation, à savoir que le niveau le plus souvent utilisé est bien le niveau courant.

2.2.3 la pondération des termes d’indexation

Dans le deuxième point de la méthode, il s'agit de proposer une organisation des termes de l'indexation d'une image. Nous proposons que cette organisation repose sur une quantification de l’importance visuelle de représentation de chaque éléments présents sur l'image. Un poids doit être alors calculé pour chacun des termes utilisés pour décrire un élément représentant un concept architectural illustré sur l’image. Ce poids dépend de l’importance visuelle de la représentation du concept sur l’image. Cette importance peut être évaluée grâce à l'identification des propriétés graphiques que possède la représentation.

2.2.3.1 Les propriétés graphiques

L'importance visuelle d'une représentation d'un ouvrage sur une image est quantifiée grâce aux 5 propriétés graphiques sélectionnées parmi celles définies dans [Bignon et al, 2000], à savoir :

- La surface occupée : répond à l'emprise de la représentation de l'ouvrage sur l'image.
- La ressemblance avec l'archétype correspond à la similitude de la représentation de l'ouvrage illustré avec le modèle idéal partagé par les professionnels du domaine.
- Le contraste de la représentation de l'élément sur l'image correspond à la capacité de la représentation de l'ouvrage d'émerger du reste de l'image.
- La centralité de la représentation de l'élément sur l'image relève de la position de l'illustration de l'ouvrage sur l'image.
- La totalité de la représentation de l'élément sur l'image dépend du fait que la représentation de l'ouvrage sur l'image comprend les traits sémantiques (éléments essentiels) qui permettraient l'identification et la reconnaissance de la représentation de l'élément sur l'image.

Mesurer l'importance de la représentation du concept architectural figurant sur l'image consiste à attribuer un poids à chaque terme associé à l'image. En considérant que chaque propriété joue le même rôle dans la quantification de l'importance visuelle, notre première proposition a été d'attribuer une même valeur à chaque propriété dans le calcul du poids lorsque celle-ci était vérifiée par l'élément représenté. Ainsi si un poteau occupe à la fois le centre de l'image et qu'il contraste fortement avec le reste des éléments de l'image, il aura un poids de 2 (1 (pour la centralité) + 1 (pour le contraste)). Un terme décrivant un ouvrage pourra alors avoir un poids maximal de 5.

Mais il nous est apparu au regard des dernières expérimentation que ces propriétés graphiques influençaient de manière non égale l'interprétation et l'identification d'un élément représenté sur une image. Afin de mesurer cette importance relative des propriétés graphiques nous avons mené une expérimentation.

2.2.3.2 Expérimentation sur l'influence des propriétés graphiques dans la reconnaissance d'un ouvrage

L'objectif final de cette expérimentation (cf annexe 5, p 222) est de proposer une pondération des termes d'indexation utilisant de manière optimale les propriétés graphiques des représentations décrivant les concepts représentés sur l'image.

2.2.3.2.1 Protocole de l'expérimentation validant la pertinence des propriétés graphiques

Une liste d'images sur un support papier est donnée aux sujets. Sous chaque image figure un tableau comprenant 7 colonnes. La seconde colonne (A dans la Figure 50) comprend la liste des termes ayant été utilisés pour indexer l'image se trouvant au-dessus, les cinq suivantes (C dans la Figure 50) seront utilisées pour identifier pour chaque élément les propriétés graphiques énumérées ci dessus, une par colonne. Enfin la première colonne (B dans la Figure 50) indiquera, quant à elle, le rang correspondant le rang proposé pour le concept architectural illustré en fonction de son importance visuelle sur l'image. Il a été demandé aux sujets de :

1) Classer la liste des ouvrages en fonction de l'importance de chacun sur l'image. Ainsi, si la représentation d'un ouvrage paraît sur l'image très importante pour un sujet, celui-ci lui attribuera le rang n°1.

b) Cocher la case qui permet d'associer à chaque ouvrage une ou plusieurs propriétés graphiques. Ainsi, si la représentation de l'ouvrage correspond à une des propriétés citées, le sujet mettra une croix dans la case correspondante, dans le cas contraire la case restera vide.



Rang	Termes	Totalité	Centralité	Contraste	Surface	Archétype
2	Poutre			X		
1	Pont			X	X	
4	Garde-corps					X
3	Platelage			X	X	X
B	A	C				

Figure 50 : Capture de l'expérimentation sur les propriétés graphiques

2.2.3.2.2 Résultats de l'expérimentation avant traitement statistique des données

Dans les réponses brutes données par les sujets, nous avons remarqué, dans un premier temps, que plus les sujets associent un rang important à un élément sur une image, plus grand est le nombre de propriétés graphiques sélectionnées.

On a remarqué également des confusions sur certains termes ; lorsqu'une image illustre un espace et que l'angle de prise de vue montre la partie supérieure de l'espace, les sujets ont tendance à appeler ce qu'ils voient « plafond », alors que dans la liste de termes décrivant l'image figure le terme « plancher ». Les sujets, de ce fait, associent le terme plancher à l'action mécanique « marcher sur un plancher ». Ainsi pour eux un plancher est censé se trouver dans la partie inférieure d'une photo, la sous-face d'un plancher étant appelée instinctivement « plafond ». Ce qui signifie que nous aurions du utiliser le terme de "plafond" plutôt que celui de "plancher" afin de mieux correspondre à la culture collective des architectes.

Lors de l'analyse initiale des résultats, il nous est apparu que l'importance visuelle d'un ouvrage pouvait dépendre de sa forme. Nous avons alors voulu savoir si une propriété graphique est plus fortement liée à la forme particulière d'un ouvrage. Pour cela nous avons catégorisé la liste complète des ouvrages proposés lors de l'expérimentation en 4 catégories en nous appuyant sur le découpage de Ching concernant les ouvrages architecturaux [Ching, 1996].

- Eléments ponctuels : ces éléments sont perçus comme étant des éléments singuliers au sein d'un groupe. Ils peuvent êtres assimilés à un produit du bâtiment tel qu'un produit de finition (table, chaise, …) ou encore un élément servant de jonction entre deux éléments linéaires (emboîtement, articulation, …).
- Eléments linéaires : ces éléments sont principalement définis par une longueur, une direction et une position. Nous trouvons par exemple (poteau, poutre, …).
- Eléments plans : ces éléments sont principalement définis par une surface et une longueur ainsi qu'une orientation et une position. Nous pouvons identifier trois types d'éléments plans liés à leur position dans l'espace. Le premier type d'élément plan sont les « plans supérieurs » qui forment la partie haute d'un espace (plafond). Le second type est appelé « plans muraux », qui possèdent une orientation principalement verticale et sont également utilisés pour délimiter latéralement un espace. Le troisième type d'éléments plans sont les « plans inférieurs » : ils constituent la limite basse d'un espace.
- Eléments volumiques : ces éléments comprennent les éléments qui se définissent par la somme de leurs dimensions (surface plus longueur plus direction) ex : charpente.

2.2.3.2.3 Analyse statistique des résultats

Pour tirer des résultats significatifs de cette troisième expérimentation, nous avons demandé l'aide d'un statisticien, M. Daniel Prévot, Maître de Conférences à l'UFR Mathématiques et Informatique de l'Université Nancy 2.

A) Première partie du calcul sur l'importance des propriétés graphiques par rapport au classement des termes d'indexation :

La méthode proposée est celle du test du CHI-2 [Dodge, 1993] [Spiegel, 1979] qui permet de vérifier si deux variables sont indépendantes. Il s'effectue essentiellement par un principe de « comptage » pour chacune des propriétés et ceci pour l'ensemble des sujets.

Le test du CHI-2 a été utilisé afin de vérifier s'il y a un lien entre le rang que les sujets attribuent aux ouvrages de la liste et les propriétés graphiques associées à ce même ouvrage.

Ainsi, après calcul pour le test de pondération de termes nous pouvons conclure que l'hypothèse d'indépendance est infirmée : il existe bien une dépendance entre les propriétés graphiques associées aux ouvrages par les sujets de l'expérimentation et les rangs attribués à ces mêmes ouvrages par les sujets.

Les calculs du CHI-2 conduisent à faire émerger quelle est la propriété graphique la plus liée en fonction du rang (cf annexe 6, p 224). Par exemple :

- Pour le rang N°1 « l'archétype » est la propriété qui a le plus fort taux de contribution au CHI-2. Cette propriété participe à près de 60% au taux du CHI-2. En second apparaît la « surface » à un peu plus de 30% suivie de la « totalité » à environ 5%, puis la « centralité » à 4% et enfin le « contraste » avec un taux de 0,03%.

- Pour le rang N°2, le plus fort taux a été obtenu pour la propriété totalité à plus de 54%, suivi de l'archétype à plus de 42%.

- Pour le rang N°3, le plus fort taux a été obtenu pour le contraste à plus de 50% vient ensuite la totalité à plus de 30% et enfin la centralité à plus de 13%.

- Pour le rang N°4 le plus fort taux est obtenu à plus de 54% pour la propriété surface, suivie par le contraste à plus de 34% et enfin l'archétype à environ 9%.

- Pour le rang N°5 le plus fort taux de participation est obtenu avec la propriété archétype pour plus de 51%, suivi de la surface pour plus de 30% et enfin la centralité pour plus de 16%.

B) Deuxième partie du calcul sur l'importance des propriétés graphiques par rapport au type d'ouvrage:

Dans cette deuxième partie, le test du CHI-2 a servi à vérifier s'il y a dépendance entre une famille d'ouvrage et les propriétés graphiques. En d'autres termes, nous voulons identifier quels sont le ou les propriétés graphiques les plus liées par catégorie d'ouvrages.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a bien dépendance entre les propriétés et les types d'ouvrages (cf annexe 6, p 224). Nous pouvons donner comme valeurs :

- Dans la catégorie ouvrages volumiques, les propriétés qui ont le plus fort taux de participation au CHI-2 sont la surface pour un taux supérieur à 72%, suivie de l'archétype pour plus de 14%.

- Dans la catégorie des ouvrages surfaciques, le plus fort taux a été obtenu pour la propriété centralité à plus de 60%, suivi de l'archétype à plus de 14%, puis par le contraste à un peu plus de 11%.

- Dans la catégorie des ouvrages linéaires, le plus fort taux de participation du CHI-2 a été obtenu pour le critère centralité à plus de 66%, suivi par la surface à plus de 24%.

- Dans la catégorie des ouvrages ponctuels, les plus forts taux de participation ont été obtenus par la surface à plus de 56%, suivi de l'archétype et enfin le contraste à plus de 14%.

2.2.3.3 Conclusion des calculs

En conclusion, l'ensemble des calculs, nous ont permis de déterminer dans un premier temps le taux de participation de chacune des propriétés graphiques, en fonction du rang. Ainsi, plus un élément représenté rempli de propriétés graphiques, et plus il a de chance d'être perçu de manière importante. Les propriétés graphiques jouent donc un rôle important dans la perception d'un élément illustré sur une image. Les résultats obtenus lors de cette expérimentation nous ont permis de définir un algorithme (cf annexe 7, p 230) qui permettra d'associer semi-automatiquement un poids à chaque terme d'indexation en fonction de la propriété graphique remplie par la représentation de l'ouvrage sur l'image. Ce rôle dépend en partie de la forme de cet ouvrage.

Ce résultat nous permet de proposer l'organisation suivante, avec pondération, en utilisant les propriétés graphiques. La construction de cette organisation sera développée dans un outil d'assistance à l'indexation.

2.3 PROPOSITION D'UN MODE D'ACCES AUX REFERENCES IMAGEES UTILISANT L'IMAGE

Le troisième point de notre méthode concerne la proposition d'un mode d'accès sous la forme d'une interface utilisant l'intéractivité de l'image et d'un système de recherche associé dans lequel à été mis en œuvre un modèle de mise en correspondance adapté à l'interface proposée.

2.3.1 Principe de l'interface

L'accès aux références est essentiel dans un processus de recherche. L'interface proposée s'adapte au niveau de précision du besoin du concepteur en phase amont de l'activité de projet. L'accès aux images se fera sans l'introduction de mots, c'est pourquoi les images présentées seront organisées sous la forme d'une mosaïque. L'utilisateur pourra choisir, rejeter ou ne pas donner d'opinion, pour chacune des images présentée dans de la mosaïque.

Ainsi le concepteur amorce la recherche lorsqu'il est confronté à un problème dans son projet (comme par exemple la conception d'un toit). Dans l'état actuel de notre système, cette amorce ne peut se faire qu'en utilisant des images. Dans un premier temps le système présente une mosaïque aléatoire d'images, qui comprend 9 images sur 3 colonnes et 3 lignes (Figure 51). Pour chacune, l'utilisateur peut donner un avis. Si cette première mosaïque ne convient pas, c'est-à-dire qu'il n'arrive pas à faire de choix sur les images présentées, le concepteur peut recharger la page et le système présentera une nouvelle mosaïque qui sera différente des précédentes. Si la mosaïque convient au concepteur, il peut alors en sélectionner, en rejeter ou laisser le choix "indifférent". Il soumet alors une requête en images au système, qui analyse ses choix et lui propose une nouvelle mosaïque d'images qui doit correspondre mieux à ses besoins. Il peut effectuer cette opération autant de fois qu'il le juge nécessaire (il ne peut dire oui qu'à neuf images, car les images sélectionnées sont systématiquement représentées à l'utilisateur). Précisons que le nombre d'images présentées sur l'interface de recherche a été limité à neuf car nous avons opté pour une résolution d'écran de 1024*768 pixels considérée comme courante ; et nous avons également tenu à ce que la taille des images soit la même que celle avec laquelle l'indexeur a indexé les images. Cette contrainte sur la taille de l'image nous apparaît fondamentale pour que concepteur et indexeur aient la même échelle concernant les détails des ouvrages figurant sur les images. Une fois le concepteur satisfait par les images présentées, il arrête sa recherche et demande au système de présenter les résultats.

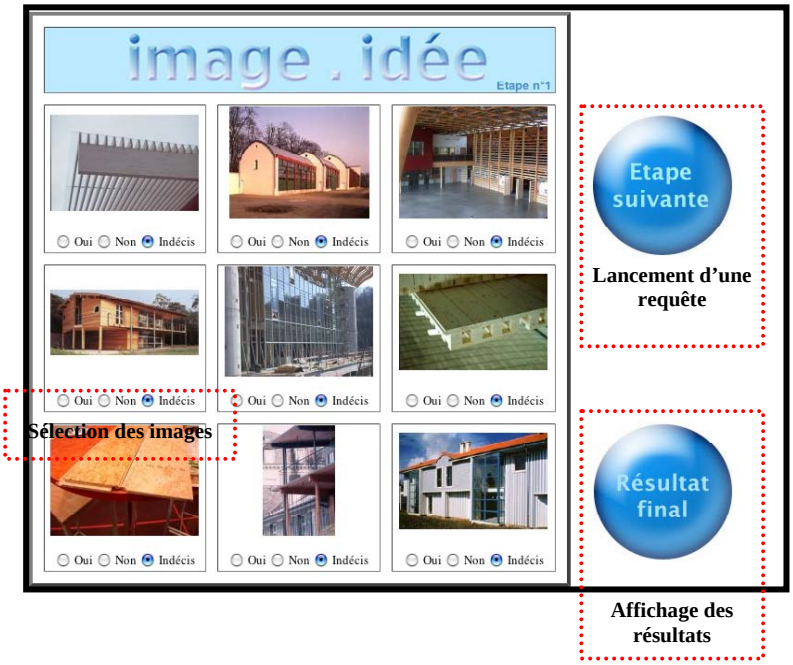


Figure 51 : Interface de recherche

Le résultat final d'une recherche est livré sous la forme d'une liste d'images classées par ordre de pertinence : elle tient compte des choix du concepteur durant sa recherche (Figure 52). Les images donnent également des informations complémentaires sur le projet (des rubriques telles que le nom du projet, l'année de réalisation ou encore le nom de l'architecte, …) qu'elles illustrent.

Cette liste d'images constitue une liste de références ciblées sur un thème à partir duquel l'architecte va pouvoir approfondir ou résoudre le problème posé (cf processus cognitif chap 1et 2).



Figure 52 : Affichage des résultats d'une recherche

2.3.2 Le principe du système de recherche de référence

Dans cette partie, nous allons développer le principe utilisé par le système pour retrouver les images pertinentes au cours d'une recherche effectuée par le concepteur. Le système que nous présentons a été développé par M. Pascal Humbert, docteur en informatique et ingénieur de recherche au CRAI et nous y avons apporté quelques spécifications. Ce système utilise quatre types de données respectant chacun un modèle précis ; le modèle de la fiche descriptive, le modèle de document, le modèle de requête et le modèle de mise en correspondance.

2.3.2.1 Le modèle de la fiche descriptive :

La fiche descriptive (Figure 53) (formulaire d'indexation) est un document manipulé par l'indexeur et qui synthétise toutes les informations relatives à l'image qui seront accessibles par le système. Le modèle de ce document est structuré sous la forme d'un ensemble rubriques. Elles sont de trois types, les informations liées au projet qu'illustre l'image, celles liées au contexte de l'image et enfin celles liées à la description du contenu de l'image.

A) Les informations liées au projet contiennent le nom de l'architecte, le nom du projet, l'année de réalisation du projet, le lieu de réalisation.

B) Les informations liées au contexte de l'image concernent la définition de l'image (dimensions), le type de l'image et l'auteur de la prise de vue.

C) Les informations relatives à la description du contenu de l'image touchent ce qui figure sur l'image et qui est descriptible par les termes du thésaurus. Dans cette fiche, seules les feuilles, dernier niveau hiérarchique du thésaurus (soit niveau inférieur) du thésaurus sont prises en compte puisque c'est en effet au niveau des feuilles qu'apparaît la particularité visuelle du concept architectural, et le seul utilisé pour l'indexation des images. La fiche descriptive utilisée dans notre système et qui correspond au document d'indexation rempli par l'indexeur est décrite par la Figure 53. Sur cette figure apparaissent les parties suivantes :

A – Les informations contextuelles relatives au projet illustré sur l'image

B – L'imagette (réduction de l'image à indexer) ainsi que ses dimensions et sa taille en Kilo octets.

C – Le chemin d'accès à l'image ainsi que les termes du thésaurus (niveau inférieur) utilisés pour l'indexation de l'image. A gauche de ces termes figure le poids associé en fonction de la propriété graphique remplie par la représentation de l'ouvrage sur l'image.

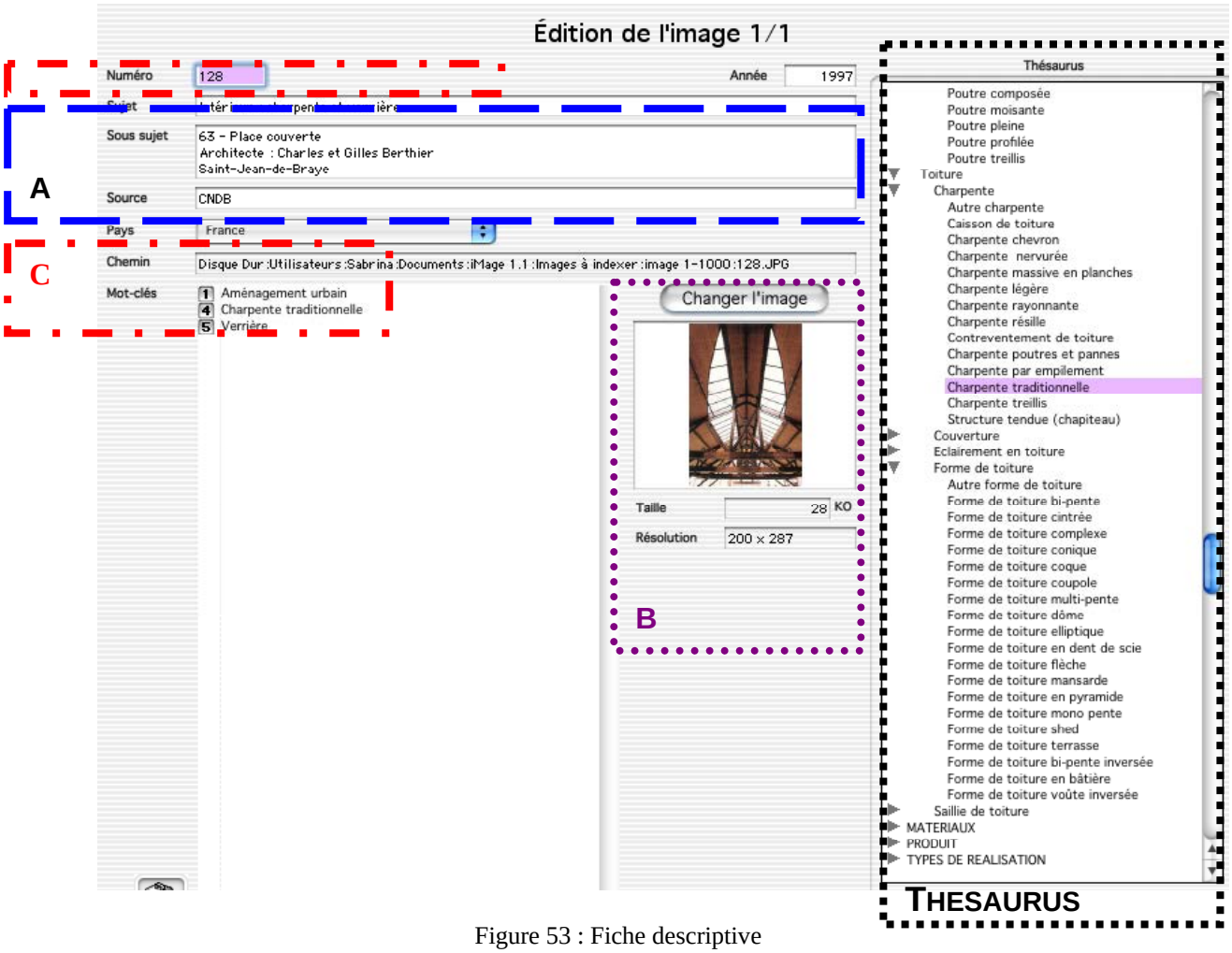


Figure 53 : Fiche descriptive

2.3.2.2 Le modèle du document système:

La fiche descriptive complétée par l'indexeur est transformée en un document, dit système, qui respecte un modèle de document. Ce document est utilisé par le système pour effectuer la mise en correspondance avec la requête. Il comprend, parmi les informations de la fiche descriptive citée précédemment, la liste étendue des termes du thésaurus utilisés pour la description des images. La liste des termes est étendue car la hiérarchie de chacun des termes dans le thesaurus y figure. En effet, lorsqu'un terme feuille, c'est-à-dire appartenant au niveau inférieur du thésaurus, est présent dans la fiche descriptive, il est repris avec toute sa hiérarchie dans le document système. Ainsi les trois niveaux hiérarchiques sont représentés.

Le document système de présente sous la forme d'un vecteur à « n » dimensions. Le nombre de dimensions correspond au nombre de termes différents appartenant au thésaurus et ayant été utilisés pour l'indexation. Dans le cas présenté, ce vecteur comprend 392 termes. Cela signifie que seuls 392 termes sur les 550 existants appartenant au thésaurus ont été utilisés pour indexer la base d'images. Ces 392 termes incluent les feuilles mais également leur hiérarchie. Le vecteur se présente donc sous la forme d'une seule ligne comportant 392 colonnes, et une valeur positive correspondant au poids attribué lors de l'indexation. Nous avons décidé que le poids des pères correspond à la somme des poids des fils.

Pour l'image N°128 (Tableau 14):

	Total	Terme 1	Terme 2	Terme 3	…..	Terme 392
		Aménagement urbain	Verrière	Charpente traditionnelle	…	Porte
Poids	10	1	5	4	…	0

Tableau 14 : Index inversé de l'image N°128

Les termes du thésaurus utilisés pour indexer l'image n°128 sont (Figure 54) : Aménagement urbain, Verrière et Charpente traditionnelle. On voit que les trois termes utilisés pour l'indexation de cette image ont une valeur positive, et les 390 autres dont porte par exemple ont une valeur nulle.

2.3.2.3 Le modèle de la requête

Le modèle de la requête est similaire à celui des documents système. La requête se présente sous la forme d'un vecteur à n dimension. C'est sous cette forme qu'elle sera utilisée par le système. Elle reprend l'ensemble des termes du thésaurus décrivant les images sélectionnées par l'utilisateur du système. Aussi, dans ce document, tous les termes du thésaurus sont également présents. La différence avec le document système (Figure 54) réside dans l'attribution des valeurs aux termes. Les valeurs attribuées ici représentent la somme des poids attribuées aux termes dans les descriptions (document système ou fiche descriptive) des images sélectionnées par l'utilisateur. Ainsi, si l'utilisateur a sélectionné deux images lors de sa recherche et que la première image a un poids de trois pour le terme « bardage en lames à emboîtement » et la seconde image a une valeur de 5 pour le même terme, le terme « bardage en lames à emboîtement » aura la valeur « 8 » dans la requête. Cela est valable pour tous les autres termes du niveau inférieur. Par exemple si une image est indexée par « assemblage en tête de poteau » avec un poids de « 5 » et « assemblage vissé » avec un poids de « 2 » le terme

« assemblage » qui est le père des deux termes précédents aura un poids de « 7 ». Ce principe est également valable pour tous les termes de niveau supérieur.

La figure 53 présente la liste des termes utilisés pour l'indexation de l'image N°128 avec la hiérarchie de ses termes. Dans ce document, le nombre de fois par lequel un terme est présent correspond au poids associé au terme par l'indexeur lors de l'indexation.

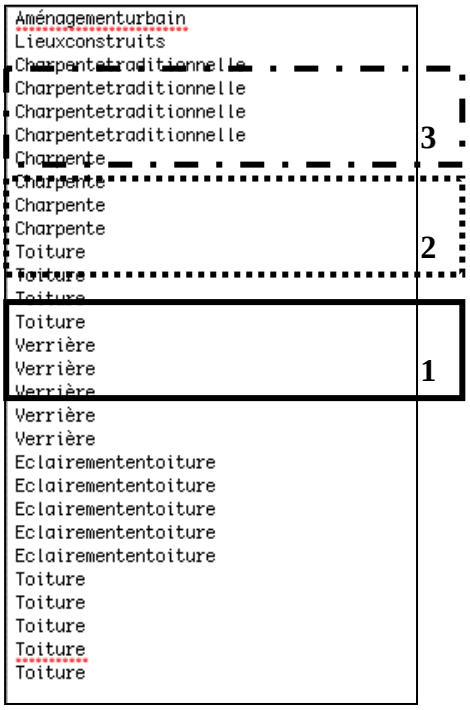


Figure 54 : Termes du thesaurus décrivant l'image avec la hiérarchie.

Si lors d'une requête l'utilisateur du système sélectionne les images N°128 et N°172 l'index inversé sera comme suit (Tableau 15):

	Total	Terme 1	Terme 2	Terme 3	Terme 5	Terme 6	Terme 7	…..	Terme 392
		Aménagement urbain	Verrière	Charpente traditionnelle	Bardage extérieur en lames à emboîtement	Fenêtre extérieure de type percement	Autre décrochement de façade	…	Porte
Poids	22	1	5	4	5	4	3	…	0

Tableau 15 : Index inversé de la requête concernant l'image N°128 et N°172

2.3.2.4 Le modèle de mise en correspondance

Ce modèle correspond au modèle utilisé pour calculer la distance entre la requête obtenue par l'analyse des choix d'images effectué par l'utilisateur et les fiches descriptives des images gérées par le système qui permettra la sélection des références pertinentes. On sait que chaque document de la base et la requête sont sous la forme de vecteurs de même dimension, ce choix nous oriente naturellement vers le modèle vectoriel de mise en correspondance préconisé par Salton [Halin , 1989]. Celui-ci propose de calculer l'angle entre le vecteur associé au document de la requête et le vecteur associé à chaque document de la base. Plus un document est éloigné de la requête, plus l'angle entre les deux vecteurs est grand, plus la valeur du cosinus de l'angle est proche de la valeur 0. Inversement plus un document est proche de la requête, plus la valeur de son cosinus est proche de 1. Le système n'a plus alors qu'à sélectionner les document dont le calcul du cosinus de l'angle est proche de 1.

A) Place des images sélectionnées dans la mise en correspondance :

L'ensemble des images sélectionnées est pris en compte lors du calcul de la mise en correspondance. Les valeurs associées aux termes sont prises en valeurs positives.

B) Place des images rejetées dans la mise en correspondance:

Les images rejetées lors d'une recherche ne sont pas représentées à l'utilisateur dans l'écran suivant. Un vecteur correspondant aux images rejetées est construit, comme pour les images sélectionnées. Il correspond à « l'anti-requête » de l'utilisateur. Le résultat de cette anti-requête est également calculé sous la forme du produit scalaire entre le vecteur « anti-requête » et le vecteur de chaque image de la base. Le résultat de cette anti-requête ne sert qu'à affiner les résultats à afficher à la fin d'une recherche.

C) Les images indifférentes :

Les termes indexant les images laissées à l'état "indifférent" par l'utilisateur, sont considérés comme étant nuls. Aucun traitement n'est effectué pour les images pour lesquelles l'utilisateur n'a pas effectué de choix. Elles n'ont donc pas d'influence sur le résultat final.

D) Affichage des résultats finals d'une recherche :

Le résultat d'une requête peut s'effectuer à deux niveaux différents : lorsque l'utilisateur demande au système de lui afficher les images suivantes et lorsque l'utilisateur demande d'afficher les résultats finals de la recherche.

E) Afficher les images suivantes :

Lorsque l'utilisateur envoie au système une requête en cliquant sur le bouton « images suivantes », le système construit deux vecteurs. L'un concerne les images sélectionnées « vecteur requête » et l'autre concerne les images rejetées « vecteur de l'anti-requête ». Le produit scalaire est calculé entre chacun de ces deux vecteurs et le vecteur du reste des images de la base. Par exemple : si, sur la mosaïque présentée, l'utilisateur sélectionne 3 images et en rejette 2, le produit scalaire de la requête est calculé pour les (911-3 = 908 images restantes) et le produit scalaire de l'anti-requête est calculé pour les (911-2 = 909 images restantes) de la base. En effet, ces images n'influent pas sur les résultats au cours d'une recherche, car les images rejetées le sont pour la totalité de la durée de la recherche tandis que les images sélectionnées sont systématiquement présentées à l'étape suivante. Pour l'affichage des résultats, le produit scalaire est effectué entre le vecteur de l'anti-requête de sa recherche et le vecteur de chaque image de la base. Il est fait de même entre le vecteur de la requête et les vecteurs des images de la base. Nous obtenons ainsi deux listes de résultats, ceux correspondant au produit résultant de l'anti-requête et ceux correspondant au résultat de la requête. Une comparaison des images communes aux deux listes est effectuée ; si le résultat de son produit scalaire avec le vecteur de l'anti-requête est plus grand que celui de son vecteur avec celui de la requête, l'image sera rejetée. Le poids de pertinence associé aux résultats correspond à la valeur du cosinus résultant du calcul du produit scalaire entre le vecteur de la requête et le vecteur de cette image.

F) Afficher les résultats de la recherche :

Lorsque l'utilisateur demande l'affichage des résultats de la recherche, cela signifie qu'il l'arrête. Les résultats sont présentés sous la forme d'une liste d'images classées par ordre de pertinence. Le procédé de calcul et d'affichage des résultats est le même que pour l'étape précédente, si ce n'est que les images rejetées par l'utilisateur sont prises en compte dans cette étape finale. Le cas des images rejetées durant la recherche est particulier. En effet, le numéro de chacune des images rejetées au cours de la recherche est conservé dans des champs cachés de la page Web. Ces images ne doivent pas être re-présentées (présentées à nouveau) à l'utilisateur et ce, même si le système, par son calcul, le juge pertinent. En revanche en l'absence de gestion d'historique, les images rejetées peuvent apparaître lors de l'affichage final des résultats.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté une application de notre méthode structurée en trois étapes dont l'objectif est d'optimiser la construction d'une base de références imagées. Nous avons présenté les principes de construction du vocabulaire qui sera utilisé pour l'indexation, notre modèle d'indexation

comprenant le principe de pondération des termes d'indexation en fonction des propriétés graphiques des concepts illustrés. Pour cela, plusieurs expérimentations ont validé les hypothèses formulées. Enfin nous avons proposé un mode d'accès à la base de données adapté à la recherche d'images sans l'introduction de mots.

Le vocabulaire créé comprend environ cinq cents termes répartis entre quatre familles de descripteurs. Outre les relations hiérarchiques, nous avons identifié huit relations transversales entre les termes de notre langage. Le langage une fois intégré au moteur de recherche a été utilisé pour indexer les images de la base. La base d'images indexée comporte environ mille images illustrant des réalisations appartenant au domaine de l'architecture construite en bois. Enfin l'interface proposée est très simple d'utilisation et ne requiert ni introduction de texte ni manipulation particulièrement compliquée : les pré-tests que nous avons effectués auprès d'étudiants familiers de l'outil informatique nous l'ont confirmé ; une fois les principes de base expliqués, ils n'ont eu aucun mal à réaliser leur recherche de références au sein de notre base de données.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter l'expérimentation finale qui vise à valider l'ensemble de la méthode que nous avons proposée. Cette expérimentation finale se déroulera en situation simulée de conception. Elle sera menée auprès de professionnels ayant déjà une expérience de la conception.

Chapitre 4 : l’expérimentation finale

«Ce n’est pas la volonté qui est la faculté première de l’homme, mais l’imagination » Emile Coué (Pharmacien Français).

INTRODUCTION

Dans le précédent chapitre nous avons appliqué notre méthode au domaine de l'architecture construite en bois. Les trois points consistaient en la construction d'un vocabulaire adapté à la description des images et du domaine de la construction bois, la définition d'un modèle d'indexation optimisant la mise en relation des images et des termes d'indexation du vocabulaire et la proposition d'un mode de recherche adapté à l'interrogation des images adapté au niveau du besoin du concepteur.

Dans ce chapitre, nous présenterons l'expérimentation finale qui permettra d'évaluer l'apport et le rôle des images références durant l'activité de conception architecturale.

Cette expérimentation a pour but de vérifier, mais aussi d'évaluer l'apport des images organisées selon notre méthode durant l'activité de conception. Durant cette expérimentation, nous évaluerons le niveau d'avancement de l'idée du concepteur par l'analyse des dessins qu'il aura produit. Nous nous appuierons, pour ce faire, sur l'ensemble de ses croquis [Estevez, 2001] ; puis nous devrons estimer comment le concepteur, durant sa réflexion, arrive à proposer à un moment donné une solution qu'il juge satisfaisante et adaptée aux contraintes présentes dans le problème de conception : en quoi des images – choisies par lui – réfléchissent-elles sa manière de procéder ?

Cette expérimentation nous conduira également à contrôler si l'interface proposée est adaptée aux besoins des concepteurs, ou si un effort cognitif supplémentaire est nécessaire pour accéder aux images, ce qui entraînerait un détour d'attention par rapport à l'activité de conception elle-même.

Nous allons détailler dans ce qui suit l'approche que nous avons appliquée pour évaluer l'apport d'images pour le concepteur.

1. L'ENVIRONNEMENT DE L'EXPERIMENTATION

1.1. LA PROCEDURE UTILISEE

La procédure choisie repose sur l'analyse du comportement des sujets face au système que nous leur proposons. Ce type de tests, mis au point par M Christian Brassac [Grosjean et Brassac, 1998], a déjà montré que la capacité créatrice d'un individu est stimulée lors d'échanges entre l'individu, son environnement et le système [Scaletsky, 2003]. La situation expérimentale dans notre cas précis repose sur l'interaction entre l'individu, l'ouvrage à concevoir et le système. Dans son analyse des interactions, M Brassac tente de « thématiser la dialogisation de l'activité créatrice et fabricatrice de

l'homme », car c'est dans ces échanges qu'il considère qu'il y a « constructions de significations » [Brassac et Grosjean, 1997]. Mais dans notre cas, l'analyse des résultats repose principalement sur le questionnaire [Javeau, 1992] présenté à la fin de l'expérimentation.

1.2. CHOIX D'UN DISPOSITIF

On a vu, dans le premier chapitre, que l'émergence de sens valorise la formulation, et/ou la solution d'un problème de conception. Des références imagées y contribuent-elles ?

Pour évaluer cet apport, nous avons opté pour les dispositifs suivants [De Singly, 1992] :

- Nous avons mené cette expérimentation auprès de sept architectes.
- Chaque sujet est testé individuellement.
- Il est mis en place un entretien verbal [Brausch et Emery, 1996] avec le sujet à la fin de l'expérimentation. Les commentaires de cet entretien sont notés « verbatim ».

Les contraintes imposées au sujet sont les suivantes :

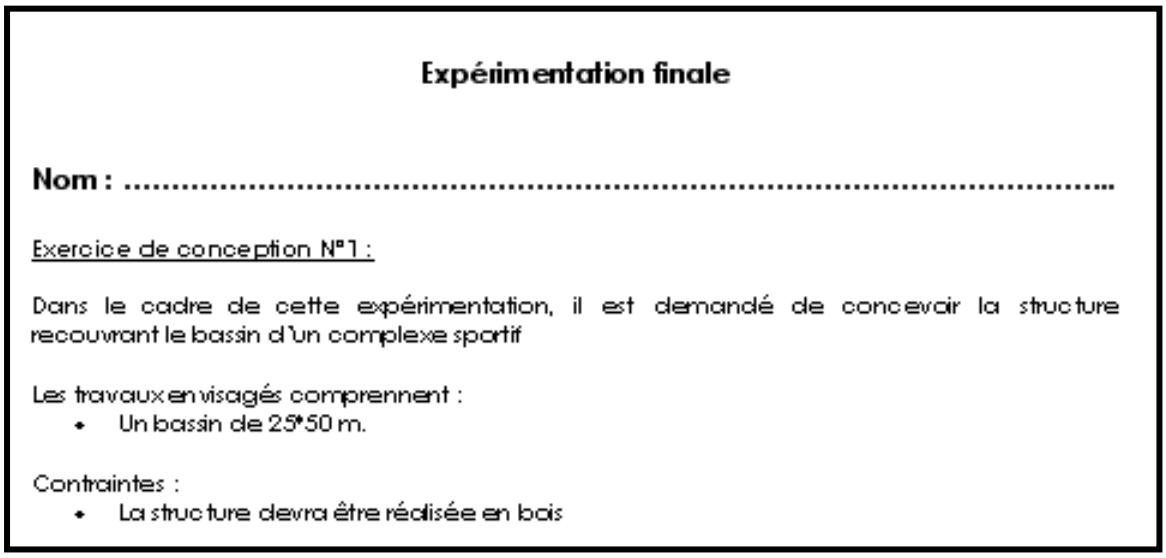
- Il doit représenter par un croquis initial une première idée de l'ouvrage à concevoir.
- Le croquis initial lui est alors retiré.
- Le processus de recherche de références imagées est amorcé.
- Il doit enfin représenter sur un croquis final sa dernière idée de l'ouvrage à concevoir.

Les recommandations données au sujet :

- Il est souhaité qu'il puisse exprimer verbalement ses idées pendant sa réflexion. Ces commentaires sont retranscrits textuellement par la personne effectuant l'expérimentation.
- Il a le droit de tracer plusieurs croquis intermédiaires entre le croquis initial et le croquis final.
- Il peut revoir les différents croquis intermédiaires avant de produire le croquis final.
- Il lui est interdit, en revanche, de revoir le croquis initial.

1.3. DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION :

L'expérimentation s'est déroulée de la manière suivante. Nous avons présenté aux sujets un exercice de conception dans lequel il était demandé de concevoir un ouvrage (une structure, un escalier, …). On en trouvera un exemple dans la figure ci-dessous (Figure 55).



Expérimentation finale

Nom : .....

Exercice de conception N°1 :

Dans le cadre de cette expérimentation, il est demandé de concevoir la structure recouvrant le bassin d'un complexe sportif

Les travaux envisagés comprennent :
- Un bassin de 25*50 m.

Contraintes :
- La structure devra être réalisée en bois

Figure 55 : Exercice de conception

Le test exige de suivre le cheminement de pensée des sujets ; aussi leur est-il demandé d'exprimer leur démarche à voix haute, formalisant de la sorte verbalement leur état de pensée.

Un « briefing » effectué au début de l'expérimentation permet d'expliquer l'exercice de conception et le contexte de l'expérimentation. Le « débriefing » de fin permet aux sujets d'exprimer certains détails qui les auraient influencés dans leur réflexion.

Le système en jeu est un prototype, il est testé sur sept sujets. Rappelons également que les images composant notre base de données illustrent des réalisations architecturales construites en bois (environ mille images représentant près de 164 réalisations).

Rappelons également que l'objectif est d'évaluer l'apport effectif des images présentées par le système. Pour cela les sujets qui participent à cette expérimentation sont certes en situation de conception, mais la situation est artificielle. D'une part, ils ne sont pas dans leur environnement habituel de travail, et n'ont donc pas les mêmes repères spatiaux et environnementaux. D'autre part,

les situations de création auxquelles ils sont confrontés sont des situations de conception partielles et limitées. Le problème de conception leur est donné sous la forme de petits exercices dont le but consiste à créer un ouvrage. Plusieurs aspects sont négligés (financier, urbain, …). Tout comme le site, l'objet à concevoir est fictif.

Le dispositif repose sur deux points essentiels : l'expression verbale et les traces écrites. Ce sont ces dernières qui concrétisent et matérialisent le niveau de précision ou de flou du raisonnement du concepteur.

1.4. CONDITIONS DE L'EXPERIMENTATION

Lors de concours d'architecture, tous les architectes en lice possèdent le même programme au départ mais les propositions finales varient et sont parfois très différentes les unes des autres. En effet, les concurrents modulent leurs interprétations selon des angles très divers. Dans les cas des concours, le jugement est fait uniquement sur le résultat de la démarche ayant mené au projet final. Ce qui compte en revanche, pour le maître d'ouvrage c'est l'adéquation du projet final proposé par le concepteur avec les données programmatiques de départ. Dans notre travail, c'est sur la démarche cognitive elle-même que nous avons cherché à évaluer la progression et l'avancement dans le processus de formulation / résolution de problème grâce à l'apport et au rôle des images références présentées par notre système.

Aussi, pour évaluer la pertinence de ces images références, notre jugement a porté sur l'évolution du travail de conception par l'analyse des différentes esquisses et par l'appréciation personnelle des architectes ayant participé à l'expérience. Afin d'évaluer la contribution effective des images dans le processus de formulation/résolution de problèmes il a fallu créer une base commune de critères discriminants pour comparer la progression effective du raisonnement.

Ces critères reposent sur l'analyse de l'aspect graphique mais surtout sémantique du croquis initial et du croquis final de l'ouvrage à concevoir. Cette analyse permet d'obtenir une forme d'écart évalué tant d'un point de vue graphique (qualité du trait) que d'un point de vue sémantique (lié à la précision des éléments composant l'ouvrage). Cette visualisation des croquis constitue un point de comparaison entre les différents objets imaginés et dessinés.

1.4.1 LES SUJETS

Au nombre de sept, les sujets expérimentaux sont des concepteurs du domaine de l'architecture. Ils ne sont pas spécialistes du domaine de la construction bois.

1.4.2 LE MATERIEL

Il leur est fourni trois ensembles d'objets.

- Des feuilles de papier blanc format A4.
- Un ordinateur pour visualiser et naviguer dans la base d'images.
- Des crayons, gommes, stylos, …

Pour produire une trace papier, une imprimante est nécessaire à certaines étapes de la recherche.

1.4.3 LES IMAGES

Les images composant notre base de données sont des images photographiques numériques en couleur. Les images présentées aux sujets sont recadrées au format 4/3. Leur qualité de compression est très correcte. Puisque l'indexation de la base a été effectuée de manière manuelle, les images ont déjà subi une sélection sur la qualité de ce qu'elles figurent. Elles illustrent les ouvrages de trois manières différentes :

- Plan large (plusieurs ouvrages mis en relation, dans une façade par exemple).
- Plan moyen (quelques ouvrages mis en relation).
- Gros plan (un seul ouvrage de manière particulière ou une partie de cet ouvrage).

Chaque image de la base de référence a été indexé, avec les termes du thésaurus. A chacun des termes d'indexation a été associé un poids en fonction des propriétés graphiques remplies identifiées dans le troisième chapitre, par la représentation de l'ouvrage à décrire sur l'image. Ces propriétés graphiques sont également liées au plan de l'image.

1.4.4 LE PROTOCOLE DE L'EXPERIMENTATION

L'expérimentation menée s'est déroulée en trois moments distincts.

Pré-navigation

Etape 1, « briefing » du sujet : il s'agit d'expliquer l'expérimentation autour de deux propos ; le premier concerne le problème de conception à résoudre, le second, l'aide proposée pour résoudre ce problème, à savoir la navigation au sein d'une base de données d'images.

Etape 2, il lui est proposé 3 exercices différents, parmi lesquels il doit en choisir un ; l'un porte sur la conception d'un escalier, l'autre sur une structure recouvrant un bassin, le troisième sur des ouvertures extérieures.

Etape 3, après sa sélection d'un des exercices, le sujet prend connaissance des données du problème de conception à résoudre ; l'exercice est présenté sur un support papier.

Navigation

Etape 4, dans le premier temps de l'expérimentation proprement dite il est demandé au sujet de dessiner une première esquisse de l'ouvrage à concevoir. Dessinée sur une feuille de papier, cette trace graphique est retirée au sujet et ne lui est plus représentée, même s'il le demande et cela afin que la visualisation du premier croquis ne l'influence pas lors de la production du croquis final. Il produit dès lors des croquis intermédiaires.

Etape 5, une fois le premier croquis dessiné, le sujet est invité à amorcer la recherche (Figure 56) afin de naviguer dans la base d'images. Une première mosaïque lui est présentée. Cette première mosaïque lui est proposée aléatoirement par le système. Face à chaque image, le sujet peut la sélectionner, la rejeter ou ne pas donner d'avis.



Figure 56 **:** Interface d'entrée au site et première mosaïque de « Image.Idée »

Etape 6, le sujet lance une requête au système en utilisant la fonction « images suivantes » (Figure 56).

Etape 7, le sujet peut visualiser les résultats proposés par le système et relancer une requête si besoin est, autant de fois qu'il le juge nécessaire. Durant la navigation, le sujet peut s'exprimer et dessiner des

croquis. Nous avons laissé le sujet libre de faire, ou non, des commentaires pendant qu'il produit ces croquis intermédiaires.

Etape 8, s'il juge que les images présentées correspondent à son attente, le sujet arrête la recherche en demandant au système de lui en présenter les résultats. Le nombre de requêtes est noté pour chaque sujet, ainsi que l'heure du début de la navigation et de la fin de chaque recherche. Cette période permet d'évaluer le temps de navigation passé par chaque sujet lors d'une recherche.

Etape 9, il est demandé au sujet de redessiner l'ouvrage « problème » de départ.

Post-navigation

Etape 10, on pose au sujet une série de questions. Elles portent sur le niveau de transformation du problème de conception : le problème du concepteur a-t-il évolué durant la navigation, est-il resté le même, et surtout la navigation lui a-t-elle apporté quelque chose et l'a-t-elle aidé à résoudre le problème de conception posé au départ.

Etape 11, les résultats finals présentés par le système sont imprimés sur papier. Il est alors demandé au sujet si une image particulière a influencé l'état de son croquis final, et si oui, comment.

Etape 12, une comparaison entre le croquis final et le croquis initial est effectué. Elle porte sur un ensemble de points :

- D'une part l'aspect graphique exprimé par la continuité et la précision des traits de dessin, l'épaisseur du trait (plus affirmé), la localisation des éléments composant l'ouvrage représenté. Le nombre de traits délimitant un ouvrage (nuance sur les ombres).

- D'autre part l'aspect sémantique :

  - D'après le sujet, l'ouvrage représenté est-il décrit par le même « mot » sur le croquis initial et sur le croquis final.

  - Les ouvrages ou parties d'ouvrages, composant le croquis de départ et le croquis final (est ce que ce sont les mêmes, ou en a t-il supprimé ou ajouté d'autres). Ces éléments consistent principalement dans les composants de l'ouvrage ; ex : si le sujet doit concevoir un escalier, les éléments le composant sont les marches, le garde-corps, le nez des marches, ….

– Utilisation de commentaires écrits sur le croquis final (la précision de l'information attachée à chaque ouvrage, matériau, particularité techniques). Comme pour les commentaires écrits, les commentaires oraux sont également pris en compte pour évaluer l'ajout d'information relative à chaque ouvrage.

1.5. PREMIERS RESULTATS

Une première analyse brute de l'expérimentation a montré les résultats suivants :

- Aucun des sujets n'a rendu une feuille blanche à la fin de l'expérimentation.
- Tous les sujets ont répondu que la navigation les a aidés dans leur quête de précision sur l'‘ouvrage à concevoir.
- Pour un même ouvrage à concevoir les sujets ont produit un nombre différent de croquis et un nombre différent de requêtes pour aboutir à la solution souhaitée. Certains n'ont dessiné que deux croquis intermédiaires, d'autres plus de 10 ; certains n'ont effectué que deux requêtes, d'autres plus de 20.
- Certains sujets ont éprouvé la nécessité d'amorcer une nouvelle recherche. Nous analyserons plus loin les résultats proposés par les sujets pour un même ouvrage.
- Les temps de navigation sont également très variés. Certains ont effectué et fini la recherche en 15 minutes, d'autres ont mis plus d'une heure.

L'utilisation de l'interface s'est faite de manière très aisée. Durant l'expérimentation, une fois compris les principes fondamentaux de sélection et de validation, les sujets devenaient maîtres de leur recherche. Malgré la présence d'un texte sur les boutons, ils demandaient s'il fallait cliquer sur tel bouton ou sur tel autre. Un problème d'ergonomie a donc été soulevé.

Nous avons été frappé par le fait que, malgré des cheminements différents, les sujets semblaient avoir des démarches cognitives similaires : la visualisation des images est simultanée à l'expression de leurs idées par des dessins. Les sujets éprouvent aussi le besoin d'exprimer de manière verbale leurs actes et ce qu'ils voient. Le mot et l'image semblent donc indissociables.

Une remarque attendue mais intéressante concerne le gain de temps. L'ensemble des sujets estime que l'utilisation de la base de données sur un ordinateur facilite grandement la visualisation et l'assimilation de l'information transmise par les images. Ils ont également observé l'adéquation entre

le type de sélection et de navigation, et le seul média utilisé : l'image (ils disent n'avoir pas éprouvé la nécessité de rechercher par des mots).

2. EXEMPLE CONCRET DE DEUX SUJETS

Nous allons prendre l'exemple concret de deux sujets différents ayant réalisé le même exercice, concevoir la structure permettant de recouvrir un bassin de 25 m par 50 m environ. Aucune contrainte n'était donnée si ce n'est que la structure devait être réalisée en bois.

2.1 Sujet N°1

Il est tout d'abord demandé au sujet N°1 de présenter un croquis initial (Figure 57) correspondant à son interprétation des données de l'exercice de conception.

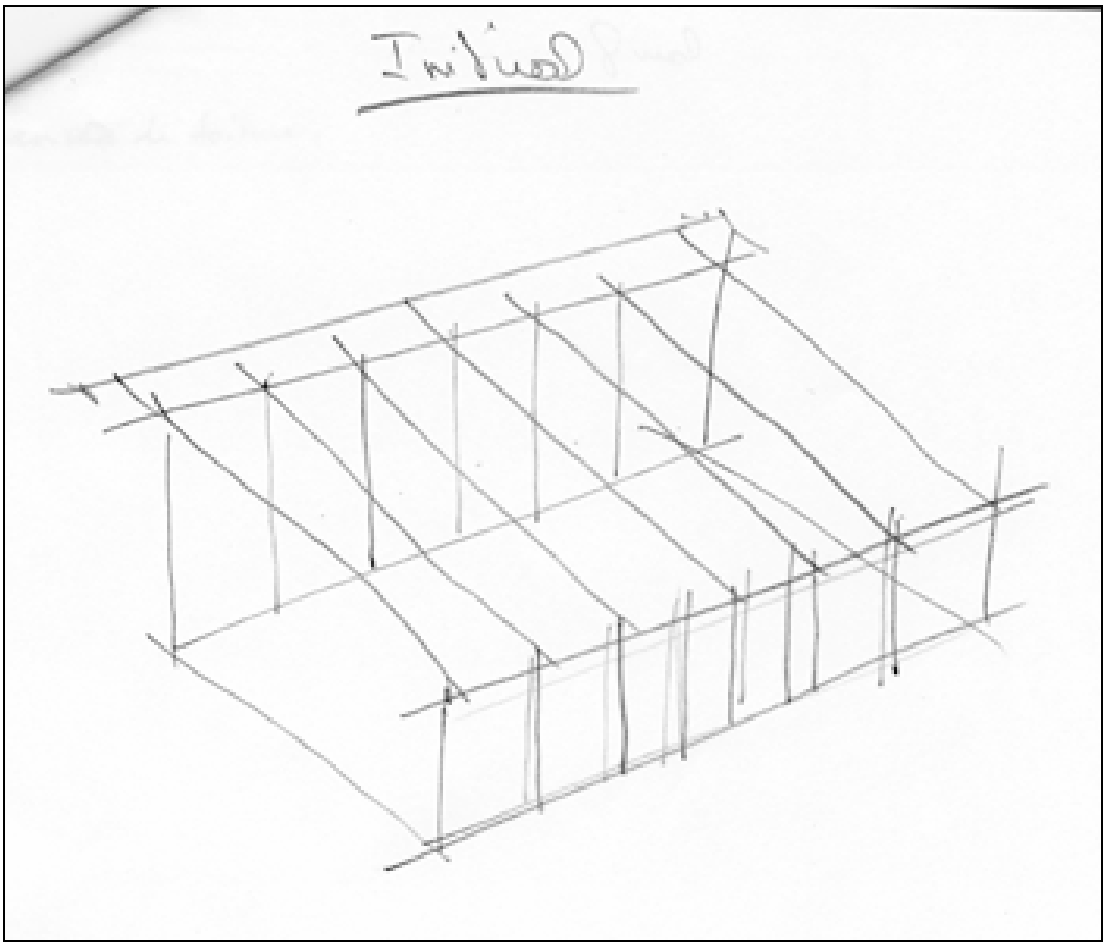


Figure 57 : Croquis initial du sujet N°1.

Le croquis initial est relativement épuré. Ce dessin comporte une succession de traits simplement exprimés, qui représentent des éléments verticaux et horizontaux. On remarquera que la toiture est

prévue dans une forme monopente et que la structure est une succession de portiques semblables, en légère avancée dans la partie supérieure de la toiture .

Puis, après lui avoir « confisqué » son croquis, nous avons demandé au sujet d'amorcer la recherche.

Le travail a progressivement évolué à partir de quatre mosaïques successives, dans lesquelles le sujet a sélectionné l'image, rejeté ou n'a pas donné d'opinion pour chacune de celles présentées par le système. La dernière mosaïque visualisée est la suivante (Figure 58). Elle illustre des concepts architecturaux variés tels que des « planchers », des poteaux ou encore des « brise-soleil ».

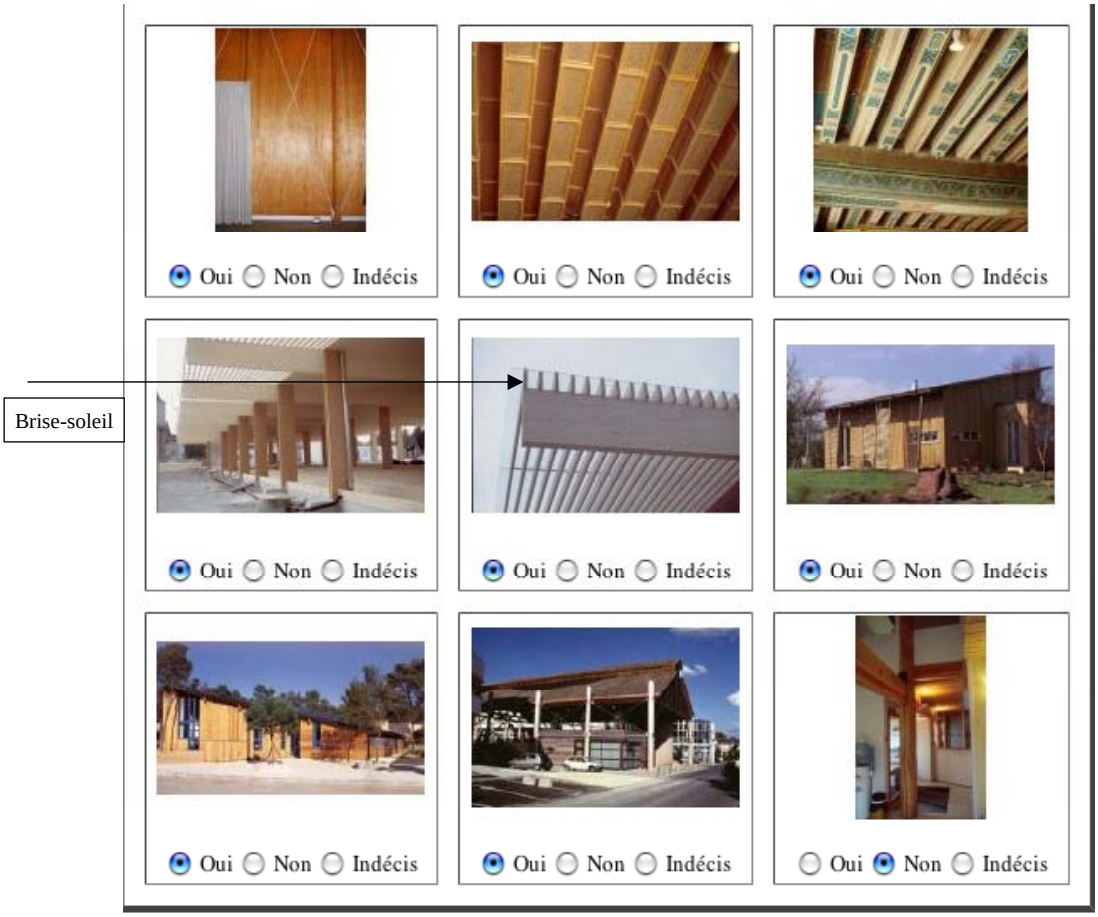


Figure 58 : Dernière mosaïque visualisée par le sujet N°1

Une fois que le sujet est satisfait des images de la mosaïque, il demande au système d'afficher les résultats de sa recherche. Le système lui présente alors une liste d'images classées « références » par ordre de pertinence et correspondant à ses choix (Figure 59).

Liste des images	Références
 100% # 1 : 22809	Extérieur : avancée de toiture, couverture à claire voie en planches 16 - Bâtiment de service, "Expo02" Architecte : GLS Gebert Liechti Schmid Architectes SARL. Biel-Bienne - Suisse
 71% # 2 : 22808	Extérieur : poteaux en OSB, avant toit à claire voie 16 - Bâtiment de service, "Expo02" Architecte : GLS Gebert Liechti Schmid Architectes SARL. Biel-Bienne - Suisse
 49% # 3 : 79	Extérieur : brise soleil horizontal, ouverture en bandeau, avancée de toiture 46 - Lycée de l'Albanais Architecte : Dominique Molard Rumilly - France
 47% # 4 : 82	Extérieur : pilotis, aisselier, brise soleil horizontal 107 - Ecole maternelle Architecte : Sylviane Sage et jean-paul Bonnemaison Sartrouville - France
 41% # 5 : 60481C	Extérieur : brise soleil horizontal metallique, piscine 119 - Habitation individuelle Architecte : Brochet, Lajus, Pueyo Le Bouscat (33) - France

Figure 59 : Liste des résultats de la recherche du sujet N°1

Enfin la dernière étape a consisté, pour le sujet, à produire le croquis final correspondant, selon lui, à une solution possible du problème posé à l'origine, à savoir projeter une structure en bois couvrant un bassin de 1250 m^2 environ (Figure 60).

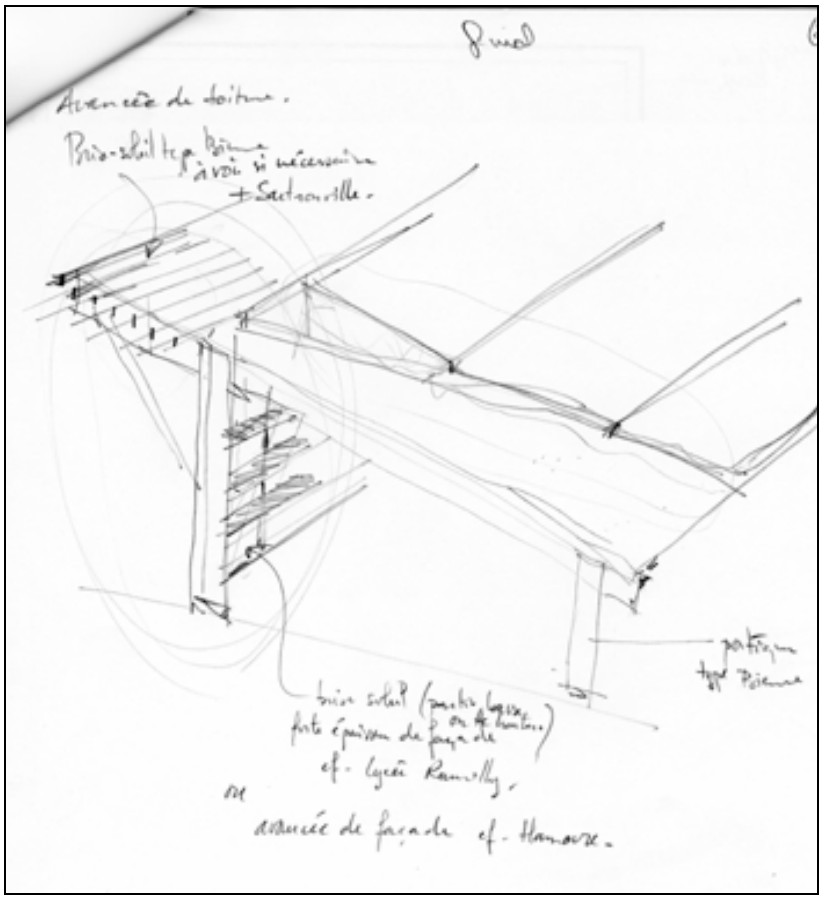


Figure 60 : Croquis final du sujet N°1.

2.1.1 CONCLUSION SUR LE SUJET N°1

Les images visualisées par le sujet N°1 lui ont permis d'ajouter des informations relatives au problème de conception proposé. Le croquis final paraît en effet beaucoup plus dense et riche en informations que le croquis initial. Le sujet y a ajouté des précisions provenant de la base d'images. On peut clairement voir, qu'il a légendé son croquis final par des détails sur le matériau, ou encore sur les types d'assemblages. Dans la série de questions posées à la fin de l'expérimentation, le sujet a expliqué « avant je n'avais pas d'idée, mais grâce à cette image, j'ai eu l'idée du brise-soleil » (Figure 58) pour l'image N°4 de la mosaïque illustrant un brise-soleil. A la question « qu'est-ce qu'une recherche d'ouvrages lui a permis d'apporter ? » à son processus de conception, le sujet a répondu « ces images montrent des projets finis. On est plus dans le concret, on a tout de suite l'idée de ce que le produit permet de faire (on a déjà une solution d'usage) ».

Remarquons que dans ce cas, il y a eu peu de transformation de la référence. Le sujet N°1 a opéré un enrichissement de son idée par extension et addition des données référentielles visualisées sur les images de la base.

2.2 Sujet N°2

Pour le même exercice de conception, le sujet N°2 fait une proposition différente, son croquis initial est donné par la (Figure 61).

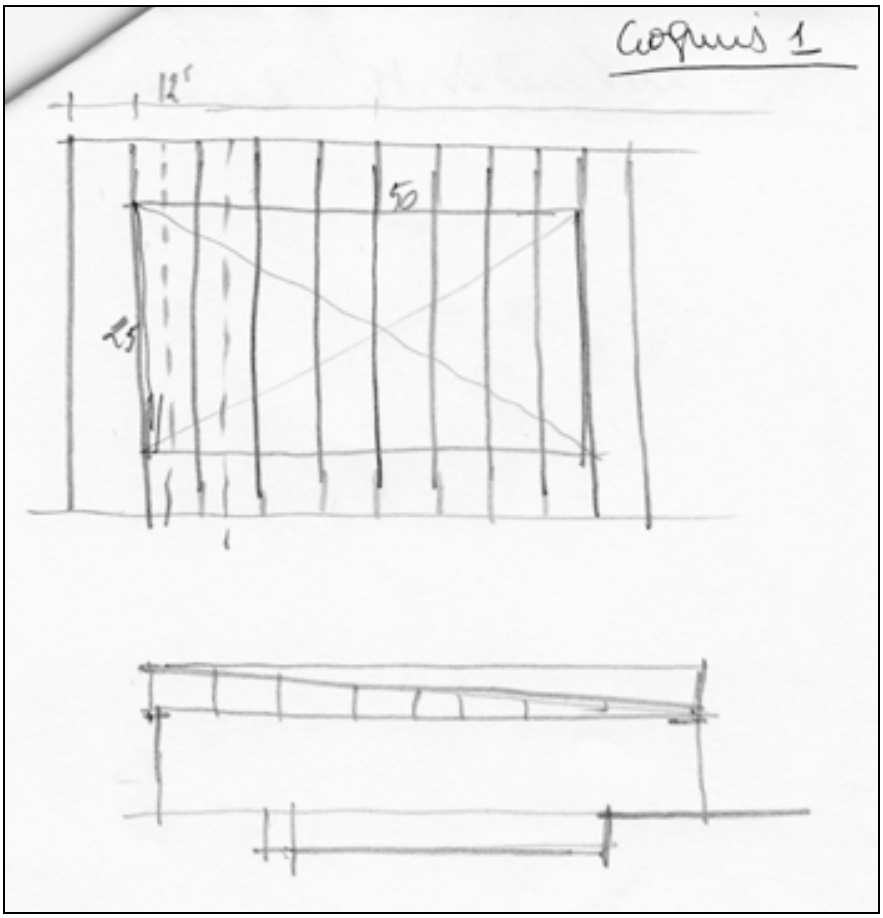


Figure 61 : Croquis initial du sujet N°2.

L'analyse de ce premier croquis montre qu'il a dessiné un plan et une coupe (modes de représentation en 2D). Le plan, très schématique, présente d'un trait appuyé la trame de la structure principale cotée, à 12,5m et deux lignes pointillées centrées entre les axes. Le bassin est dessiné et ses dimensions, précisées (25 et 50 m) ; il est superposé à la trame. La coupe montre des rapports de hauteurs, mais il est difficile de voir dans quel sens elle a été faite. Conformément au protocole, jusqu'à l'obtention d'une mosaïque finale (Figure 62) l'esquisse est soustraite au sujet qui entame sa recherche d'images.

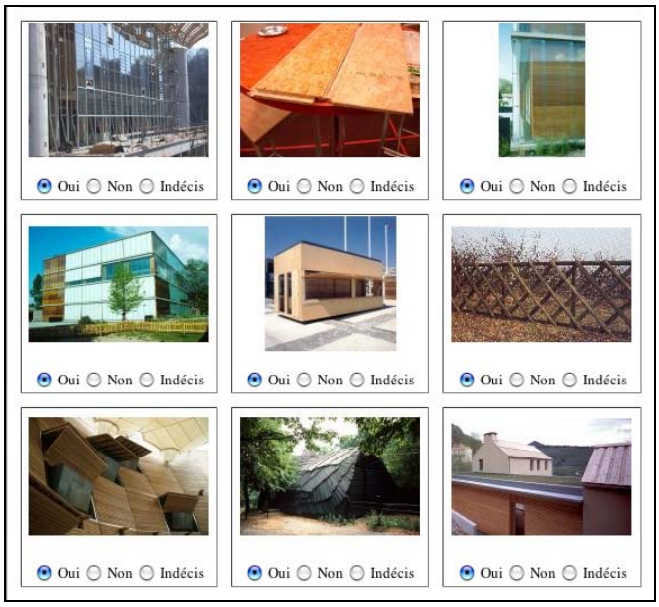


Figure 62 : Mosaïque finale de la recherche

On y remarquera la variété des concepts architecturaux figurant sur les images : s’y trouvent en effet des équipements urbains, des éléments de fermeture extérieure ainsi que des modules de bois et des éléments de bardage. La liste des résultats finals de la recherche du sujet du sujet N°2 est présentée par la capture ci-dessous (Figure 63).



Figure 63 : Liste des résultats de la recherche du sujet N°2

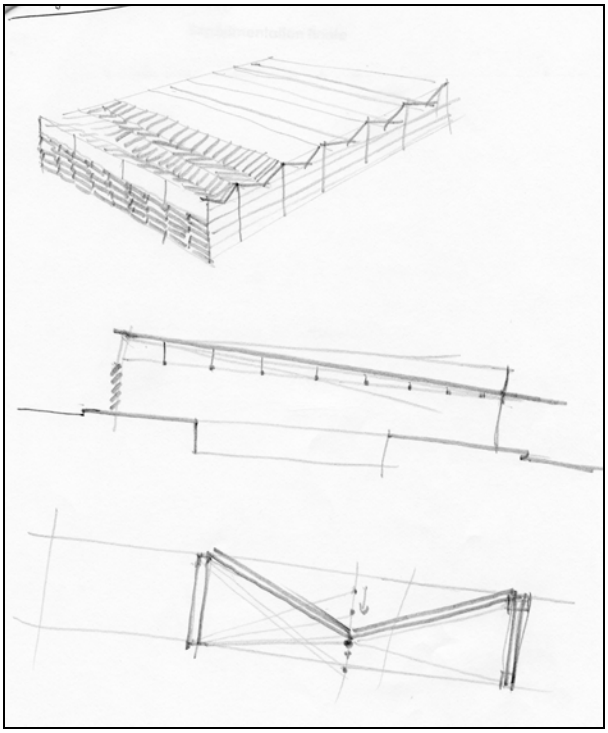


Figure 64 : Croquis final du sujet N°2

La planche finale (Figure 64) du sujet N°2 se compose de trois dessins. On n'y trouve aucun plan, mais le sujet y a conservé la coupe et ajouté d'une part une perspective aérienne du « bâtiment » et d'autre part, un détail de jonction entre les modules composant la toiture, lorsque leurs pans changent de direction. En comparant coupe du croquis initial et coupe du croquis final, nous remarquons que cette dernière comprend, outre les éléments du début, des détails concernant la façade, désormais vitrée, et précise aussi les éléments sous-tendus de la charpente.

2.2.1 CONCLUSION SUR LE SUJET N°2

A l'instar du sujet N°1, les concepts illustrés par les images visualisées par le sujet N°2 sont variés. Ajoutons que le croquis final est plus fourni que l'initial. Il est passé de la 2 D à la 3 D et le sujet a ajouté un détail d'assemblage pour la charpente. Lorsqu'on lui demande ce que lui a apporté cette recherche, il répond «les illustrations sont composites, j'ai dû structurer mes idées progressivement par addition pour produire une impression d'ensemble». Il ajoute « ça enrichit, ça alimente mon questionnement sur le sujet du départ. Mais les images ne sont pas directement utilisables (pas d'application directe), elles ont généré en moi d'autres images dans ma mémoire (c'est peut-être des mots) ».

L'entretien à la fin de l'expérimentation a permis également d'expliciter l'apport, pour le problème de conception de départ de chaque image présentée dans la mosaïque. Les notions principales que lui ont inspiré les images visualisées sont : la légèreté, l'occultation, la rusticité, le bois composite.

Pour ce sujet, nous pouvons conclure que son avancée dans le processus formulation/résolution de problème s'est produit par un raffinement et une précision de son idée première.

3. ANALYSE DES RESULTATS PROPOSES PAR LE SYSTEME

3.1 Remarques générales sur l'expérimentation

L'analyse des résultats obtenus par les sujets durant l'expérimentation a permis d'établir un ensemble de points :

- Durant une même recherche, les sujets s'intéressent à plusieurs ouvrages en même temps.
- Les croquis finals sont plus riches que les croquis initiaux.
- L'information perçue sur l'image n'est pas adoptée telle quelle, il y a souvent une part de personnalisation avant son intégration dans le projet.
- Bien que le problème de conception soit précis et limité au départ, les sujets formulent toujours de nouveaux problèmes.

3.2 Critiques des possibilités du système par les utilisateurs

Les remarques apportées par les sujets sur l'utilisation du système sont les suivantes ; ils souhaiteraient avoir la possibilité :

- D'agrandir les images visualisées : en effet durant leur navigation, les sujets trouvent que les images, trop petites, ne permettent pas de visualiser certains détails potentiellement pertinents.
- De revenir à une étape antérieure de la recherche : cela arrive lorsque les images présentées par le système au fur et à mesure de la recherche ne correspondent plus au besoin du concepteur. Par exemple, dans une recherche de structures, le système présente des images d'ouvertures extérieures à cause, peut-être, d'une mauvaise indexation ou encore d'un nombre limité d'images dans la base.

- D'accéder à des informations plus techniques sur les images visualisées : les sujets veulent savoir quelle est l'essence de bois utilisée ou encore le nom de l'architecte ou du projet illustré.

- De concrétiser les étapes de la recherche pour pouvoir en amorcer une nouvelle sans annuler celle en cours : cette remarque rejoint la dernière (revenir à une étape antérieure). A la différence qu'il ne s'agit pas de difficultés liées au système, mais d'intentionnalité dans la démarche des sujets : il veulent ici revenir à une étape antérieure pour changer l'orientation de leur recherche.

- De sélectionner plus de 9 images sans être limités par le nombre d'images présentes sur la mosaïque : si les sujets ont dit oui à 9 images, le système représente la même mosaïque malgré une relance de leur recherche. En effet, le paramétrage du bouclage de pertinence est fait de telle sorte que les images rejetées ne peuvent être représentées et les images sélectionnées le sont de manière fixe.

3.3 La pertinence des résultats

Sur les sept sujets participant à l'expérimentation, six ont reconnu que la recherche effectuée les a aidés à résoudre le problème de départ. Un seul sujet a répondu non à la question en précisant que la recherche lui avait fait changé "ses velléités architecturales". Ayant au départ un problème de "structure en voûte", ses intérêts se sont déplacés au cours de la recherche vers un système triangulé. Ce qui n'a pas été perçu comme une aide par le sujet, mais qui, en réalité, lui a permis de « reformuler son problème ».

L'expérimentation a permis de mettre en exergue le fait qu'ayant en tête un problème de conception, les sujets ne perçoivent qu'un ouvrage en particulier. Sur chaque image jugée pertinente, un seul ouvrage focalisait l'attention du sujet : l'image N°22921 a inspiré les « poteaux » en « lamellé-collé » au sujet N°4 ; pour le sujet N°2, l'image N°7 lui a suggéré un « garde-corps ».

De manière quelque peu contradictoire avec ce constat, les sujets ont précisé que certaines images leur avait permis de formaliser des problèmes auxquels ils n'avaient pas pensé tout de suite. L'hypothèse que nous faisons sur ces déplacements repose sur le fait que les images illustrent des ouvrages mis en situation, donc liés à d'autres ouvrages (toit et mur). Aussi, durant l'activité de conception, il s'opère un détournement ou un glissement de l'intérêt vers d'autres ouvrages, parce qu'ils ont été perçus sur l'image. Par exemple un sujet devait concevoir une « structure » et les images visualisées lui ont permis d'enrichir son problème de départ par l'ajout d'autres ouvrages comme un « brise-soleil ».

Cette apparente contradiction cognitive ne fait que confirmer la particularité d'un problème de conception en architecture. Quel que soit la stratégie d'un problème de décomposition d'un problème complexe en problèmes élémentaires plus aisément résolus par les architectes, ces problèmes élémentaires ne sont jamais des problèmes simples. En situation de conception, même si la question posée est locale, le problème auquel elle appartient reste fortement global.

Pour reprendre l'exemple du poteau, cet objet précis ne peut être pensé qu'en dépendance avec les poutres et planchers qu'ils soutient, les autres poteaux avec lesquels il peut former colonnade, la fenêtre dont il va ou non masquer la vue, …

Donc, bien que le concepteur ait eu un problème bien défini au départ, cela ne l'a pas empêché de déplacer son attention vers un autre ouvrage qui n'avait pas été cité dans l'exercice de conception donné au départ.

3.4 La présentation des résultats (taille, agrandissement, classement des résultats)

Même si elle ne s'est déroulée qu'avec un nombre restreint de sujets (sept), l'expérimentation que nous avons menée a permis de faire apparaître certains souhaits de la part des utilisateurs, que nous allons discuter en regard des choix que nous avons pris pour l'interface :

- **Images trop petites**. Nous avions décidé que la dimension à laquelle les images étaient présentées aux sujets devait être la même que celle utilisée pour son indexation dans la base. Cette contrainte a été fixée pour éviter une distance de lecture entre ce qu'a perçu l'indexeur et ce que perçoit l'utilisateur du système. On a vu qu'une remarque revient souvent, concernant la taille des images présentées : elles sont jugées trop petites (160*120 pixels). Lorsqu'ils se focalisaient sur un détail particulier d'une image, comme la forme de l'ouvrage (ex : poteau arborescent), sa fonction (ex : rail coulissant), ou le matériau utilisé (ex : lamellé-collé ou bois massif), les sujets ont systématiquement demandé s'ils pouvaient agrandir les images, car leur taille ne leur permettait pas de visualiser le détail les intéressant. La fixation d'une même taille d'image conduit en fait à des échelles de visualisation très différentes selon la taille des objets représentés. Une fonction de zoom pourrait être envisagée afin de compenser cette différence d'échelle et de mieux répondre aux questions des concepteurs.

- **Taille de la mosaïque.** Ce point se rapporte au nombre limité d'images sélectionnées simultanément (9 images) par un utilisateur durant une recherche. Il renvoie à une autre particularité du système : les images rejetées par l'utilisateur le sont définitivement par le

système. L'utilisateur a cependant une procédure somme toute classique pour revenir sur un choix antérieur ; en utilisant la fonction «précédent » du navigateur, il pourra revenir à l'étape antérieure pour modifier sa sélection d'image. On notera cependant que le retour n'est pas direct : si l'utilisateur en est à la 15° étape, et que l'image en question a été rejetée à la 3°, il devra cliquer douze fois ! cette manière de faire répond en partie à la quatrième demande des sujets, mémorisation en moins.

- **Le temps de navigation.** Une question sur le temps de navigation a été posée aux sujets. Tous sont unanimes ; la navigation dans une base de données informatisée et organisée est beaucoup plus rapide que s'ils devaient trouver les images dans les magazines au format papier.

- **Classement des résultats finals.** Les résultats finals étaient présentés aux sujets sous la forme d'une liste et étaient classées par ordre de pertinence. Le principe de classement a conforté le point concernant l'exhaustivité de l'indexation. Nous nous étions en effet rendus compte qu'il n'était pas nécessaire d'indexer l'ensemble des éléments contenus sur une image étant donné que les sujets ne percevaient qu'un ouvrage de manière particulière, en ne retenant pas notamment les éléments qui figuraient en trop petit. Cette manière de sélectionner par la taille les éléments jugés pertinents à indexer sur l'image s'est donc vérifiée a contrario, pourrait-on penser. L'utilisation des propriétés graphiques pour assister l'indexeur dans ses choix d'indexer les éléments illustrés sur l'image a donc montré son utilité et sa pertinence. En effet, il s'est avéré qu'indexer l'ensemble des éléments figurant sur l'image provoquerait une surcharge d'informations et donc une erreur lors de la présentation des résultats par le système. Dans le cadre d'un stage de DEA, le travail de Mlle Marie France Ango-Obiang [Ango-Obiang, 2004] a porté sur la comparaison de méthodes d'indexation d'images. La première méthode reprend celle de cette thèse, à savoir, l'indexation d'un corpus d'images avec un thésaurus (cf. Annexes p 233) hiérarchisé et pondéré. L'autre méthode concerne l'indexation de ce même corpus d'images de manière automatique par un robot utilisant l'occurrence des mots décrivant les images appartenant à des fichiers numériques, donc utilisant une indexation des images sans pondération et sans hiérarchie. L'analyse des expériences prouve que les résultats sont bien plus pertinents en utilisant la méthode que nous proposons. Dans le deuxième cas, nombre d'images jugées intéressantes par notre contrôle étaient absentes des résultats finals.

4. ANALYSE DES MANIERES DE FAIRE DES SUJETS EXPERIMENTAUX

Dans ce qui suit nous présentons l'analyse des manières de faire des sujets pour intégrer les informations perçues sur les images dans leur projet.

4.1 Utilisation et interprétation des références

Le sujet N°3 a souligné que les images qui lui étaient présentées ne sont pas directement utilisables. Elles nécessitent une interprétation afin d'être intégrées dans le projet. Il est vrai que cette remarque n'est pas unanime. Certains disent que l'utilisation est quasi directe : ainsi le sujet N°1 dit « avant, je n'avais pas d'idée, mais grâce à l'image N°4 j'ai eu l'idée du brise-soleil ». Le sujet N°1 a considéré la référence proposée comme modèle reproductible pour répondre au problème de conception posé. Dans ce cas, comme pour le Corbusier (cf chapitre1. 3.1), l'intégration de la référence a été directe. En effet, pour le Corbusier il s'est agi de reprendre telle quelle la forme élicoïdale d'un coquillage, alors que pour le sujet N° 1, c'est l'ouvrage visualisé sur l'image qui a été inséré de manière intégrale dans sa proposition (Figure 60).

D'autres interprètent et détournent les concepts illustrés pour les intégrer dans leur projet : pour le sujet N°2 « … les images ne sont pas directement utilisables (pas d'application directe), elles ont généré en moi d'autres images dans ma tête (c'est peut-être des mots) ». Cela induit un rapport différent à la référence. Le sujet N°2 a, quant à lui, utilisé les images références comme des inférences qui l'ont aidé à reformuler le problème de conception posé au départ. Comme pour l'exemple de Louis Kahn (cf chapitre 1, 1.3) il a utilisé les solutions illustrées afin de poser un problème différemment de celui posé au départ, la référence lui a permis de faire émerger un nouveau problème non identifié au départ[17].

Cette expérimentation prouve que, durant l'activité de conception, "interpréter" est nécessaire et inéluctable. La prise de connaissance du problème de conception est un moment fondamental ; le sujet lit attentivement les données de l'exercice, réfléchit un instant et commente les données. Cette succession d'actions est essentielle, car elle génère une première organisation des images mentales qui serviront «d'opérande » pour dessiner et représenter le premier croquis. Ce procédé correspond au "processus cognitif" nécessaire pour passer d'une idée à l'état abstrait à un concept architectural représenté sur un support matériel.

[17] Nous rappelons que pour l'architecte américain, la référence de l'eau l'a poussé à imaginer des ouvrages l'acheminant, qui n'avaient pas été évoqués au départ

4.2 Ce que révèlent les croquis

On se souvient du protocole de l'expérimentation à propos du premier croquis : le croquis initial des sujets leur est définitivement retiré, avant toute utilisation du système. Cette contrainte avait été posée pour éviter que le concepteur ne soit influencé par son premier croquis. Plus précisément nous voulions surtout évaluer l'écart entre le croquis initial et le croquis final. Or, les sujets, durant leur navigation demandaient souvent à revoir leur premier croquis, principalement lorsqu'il leur fallait dessiner le croquis final.

Les sujets ont utilisé différents modes de représentation, certains la 2D (plans, coupes) et d'autres la 3D, voire les deux. Les dessins produits sont majoritairement en 2D, plus particulièrement des plans. Le niveau de précision dans la représentation des ouvrages varie, mais on se doute que l'ensemble des croquis finals est dessiné de manière plus fine que l'ensemble des croquis initiaux. Le trait constituant le contour de l'ouvrage est plus épais, plus appuyé et moins « disloqué ». Le croquis final comporte plus d'ouvrages que le croquis initial, ou encore l'ouvrage sur le croquis final comprend plus d'informations que sur le croquis initial (légende, double trait, …). Certains dessins finals témoignent d'un niveau de détail qui révèle l'influence particulière de certaines images. Enfin, les croquis finals possèdent également plus de textes descriptifs. En revanche, dans une comparaison avec le croquis initial ou le croquis final, les croquis intermédiaires sont davantage fragmentaires.

Le rôle des dessins intermédiaires est néanmoins très important, car ils établissent la première mise en forme de nouvelles idées. En effet, le croquis initial indique et ajuste des informations personnelles du concepteur et celles données par le programme. Le croquis final additionne à cette première somme d'informations celles figurant sur les images issues de sa recherche. Le concepteur ne représente toutefois pas l'ensemble des informations qu'il visualise. Il effectue une sélection et un choix, et cette sélection n'est validée réellement que grâce aux croquis intermédiaires. Par exemple, lorsqu'un sujet doit concevoir une structure et qu'il visualise des images sur lesquelles figure un équipement urbain à proximité d'une réalisation dont la forme de toiture l'intéresse, il reproduira la forme du toit, mais pas l'équipement urbain, il aura opéré ainsi une sélection en fonction de son centre d'intérêt.

La permutation mentale et visuelle des éléments représentés sur les images, qu'effectue le concepteur, ne suffit pas complètement à préciser ses images mentales. Le processus de matérialisation doit passer par l'étape intermédiaire de la concrétisation « graphique », même si celle-ci est incomplète et temporaire. Lorsqu'il imagine une solution à un problème de conception, il doit vérifier que la solution imaginée est adaptée au problème qu'il formule. Cette vérification passe par l'exécution de dessins. Rappelons toutefois que le temps alloué pour formaliser une solution était relativement court : cette restriction était nécessaire afin de valider l'apport réel des images issues de la navigation. Si nous

avions laissé plus de temps au concepteur ou fait l'expérimentation en deux temps, le croquis final aurait pu être influencé par une référence extérieure, autre que celles issues des images présentées lors de la recherche.

CONCLUSION DU CHAPITRE N°4

L'application de la méthode proposée au domaine particulier de l'architecture construite en bois nous a permis de construire une base de références imagées dans le but d'aider le concepteur durant son activité de conception. Cette méthode en trois points qui repose sur la construction d'un langage adapté à la description des images, la proposition d'un modèle d'indexation optimisant la mise en relation des termes du thésaurus (cf. Annexes p 233) et des images et enfin la proposition d'une interface de recherche adaptée aux niveaux du besoin des concepteurs, a montré son intérêt et sa pertinence.

Durant l'expérimentation finale que nous avons menée, dans une situation de conception pourtant artificielle, les sujets ont avancé dans leur activité créatrice et nous avons pu le vérifier grâce aux dessins produits.

Il est vrai que formaliser un objet provoque une transformation de l'état de l'objet qui oblige à une certaine concrétisation matérielle de ce même objet, car les traces écrites et dessinées produites par le concepteur ne font que refléter ce qu'il a dans son esprit. C'est pour cela que nous avions demandé et exigé deux représentations à des moments différents du processus de réflexion du même ouvrage.

La comparaison des résultats des images visualisées sur l'ordinateur a également permis de vérifier qu'un concepteur recherche rarement une seule chose à la fois. La variété des ouvrages figurant sur la mosaïque finale de la recherche le montre bien.

L'expérimentation que nous avons menée a établi que l'image joue un rôle prédominant dans l'activité de conception. Les remarques faites par les sujets ont été fécondes quant à l'orientation et aux perspectives que nous voulons donner à ce travail de recherche.

Nous ajouterons qu'un ensemble de remarques recueillies par le biais de questionnaires nous permettra d'améliorer le système actuel.

CONCLUSION GENERALE

L'activité de conception architecturale est une activité vaste et complexe au cours de laquelle un concepteur a besoin d'effectuer des recherches pour d'atteindre son but qui est de « concevoir ». Résoudre un problème de conception se fait principalement par formulations et validations d'hypothèses. Ces hypothèses comprennent à la fois les prémisses ou données initiales du problème de conception, mais également un certain nombre d'informations nouvelles que le concepteur assimile grâce aux références externes qu'il a acquises.

Dans cette thèse, nous avons mis en évidence que, durant cette activité, le concepteur manipulait plusieurs données de natures différentes. Les données de départ sont les données issues du programme émis par le maître d'ouvrage. Les secondes sont les données contextuelles liées au projet. Le troisième type de données renvoie aux données « référentielles » sur lesquelles s'est appuyée notre approche. Ces données référentielles que nous avons appelées *références* vont jouer un rôle fondamental dans le processus de conception. Ressources externes au processus, elle permettent par un dialogue avec la pensée du concepteur de formuler mais aussi de résoudre des problèmes

Bien que ces références puissent être de toute nature, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux références imagées relatives aux ouvrages architecturaux. Plus précisément, notre travail a consisté à proposer une méthode visant à construire une base de données d'images destinées à assister le concepteur durant son travail de création. Dans notre contexte particulier de recherche, nous avons choisi de lui présenter ces références sur un support particulier, celui de l'image photographique numérique. Nous avons choisi ce support car il permet de représenter des réalisations architecturales existantes et propose de ce fait des solutions architecturales à des problèmes de conception similaires à ceux des concepteurs.

Une des particularités de l'image est sa polysémie. Cette qualité autorise des interprétations multiples et, donc, des interactions fécondes avec les images mentales des concepteurs eux-mêmes. C'est probablement là une raison majeure de son efficacité cognitive. Mais cette même qualité peut se transformer en inconvénient lorsque l'on recherche un document dans une base d'images. Il convient en effet que les concepts attachés aux images soient identiques ou pour le moins partagés entre les différents utilisateurs de la base. En situation de requête, il faut essayer de réduire la polysémie afin d'éviter les écarts d'interprétation. Pour maîtriser les différents sens que pourrait induire une image,

nous proposons au concepteur un système permettant le classement des « images » selon une logique qui repose sur l'utilisation d'une base commune de concepts, partagée par l'ensemble des professionnels du domaine. Par exemple, en présence d'un poteau ou encore d'une fenêtre sur une image, les architectes doivent convoquer, à un niveau de généralisation suffisant, les mêmes concepts.

C'est donc à partir de cette base commune de concepts qui permet ou induit un minimum d'écart d'interprétation que s'est construite notre proposition de classement des images.

Le travail réalisé a consisté en :

- La construction d'un thésaurus pour l'identification des concepts. Ce thésaurus remplit une double fonction : il décrit à la fois le domaine de la construction bois et ce qui est visuellement perçu. Du côté du domaine de construction bois, il se structure en 3 niveaux hiérarchiques (niveau courant, niveau supérieur, niveau inférieur) et comprend 4 familles de descripteurs (type d'ouvrages, type de réalisation, type de matériau, type de produits). Le thésaurus comprend environ 500 termes (cf. Annexes p 233).
- En ce qui concerne l'adaptation du vocabulaire à la description de l'image, chaque terme de l'indexation reprend une particularité visuelle : la forme de l'élément, la position de l'élément, le nombre d'éléments, le dispositif fonctionnel, le dispositif plein/vide.
- L'identification de 5 propriétés graphiques qui quantifient l'importance de chaque concept illustré sur une image. Celle-ci revient à associer un poids à chaque terme du thésaurus utilisé pour l'indexation. Les 5 propriétés graphiques sont : la centralité, le contraste, la surface occupée, la ressemblance à l'archétype, la totalité de la représentation. Ces propriétés pondèrent le terme : le poids associé lors de l'indexation sera pris en compte lors de la recherche afin de mieux répondre aux besoins du concepteur .
- La construction d'une base de références imagées. Cette base de données comprend aujourd'hui environ 1000 images qui ont été indexées grâce au thésaurus.
- La construction d'une interface de recherche d'image pour l'expérimentation. Cette interface repose essentiellement sur l'utilisation de l'image comme moyen de formuler la requête. L'utilisateur du système n'a pas à introduire de texte et se sert des images présentées sur l'interface pour formuler sa requête.

Une série d'expérimentation a été menée pour évaluer nos différentes propositions :

- Une expérimentation visait à mesurer l'apport d'une indexation automatique à partir des critères graphiques des images de notre base dans le domaine de la conception architecturale. Cette expérimentation nous a permis de vérifier que le concepteur, durant sa quête d'ouvrages,

associait la notion de similarité visuelle à celle portée par le sens des éléments architecturaux figurant sur les images.

- Une expérimentation visait à valider que les termes relevant du niveau courant de notre thésaurus correspondaient à ceux utilisés par les professionnels du domaine. Cette expérimentation nous permis de passer de la notion de « prototype » à celle « d'archétype », car la connaissance du concepteur évolue avec son expérience des pratiques architecturales.
- Une expérimentation visait à valider que l'indexation que nous proposions des images de notre base correspondait à celle qu'auraient proposée les professionnels du domaine. Cette expérimentation nous a permis de vérifier que décrire tous les éléments présents sur une image n'était pas nécessaire, mais qu'il fallait effectuer un choix des éléments à décrire ; cela a entraîné la définition de cinq propriétés graphiques.
- Une expérimentation visait à vérifier que le classement des termes d'indexation que nous proposions correspondait à celui proposé par des professionnels du domaine. Cette expérimentation nous a permis de vérifier que la combinaison de certaines propriétés graphiques en fonction du type d'ouvrage auquel appartient un élément architectural renforçait l'importance visuelle de cet élément sur une image.

L'originalité de la méthode proposée a consisté à combiner d'une part un langage de description, d'autre part un classement par pondération des termes d'indexation, et enfin une interface de recherche adaptée au niveau du besoin des concepteurs. Les résultats obtenus lors de l'expérimentation finale ont montré que la combinaison des trois points était essentielle. Toutefois, bien que ce travail de recherche ait abouti à des résultats encourageants, nous sommes conscients aussi de ses limites et en particulier du fait que le corpus manipulé soit restrictif au regard des pratiques architecturales courantes. C'est donc autant de possibilités de recherches ultérieures qui s'ouvrent. On pourra, par exemple, imaginer une extension du langage proposé à d'autres rubriques ou familles qui n'existent pas dans le thésaurus (par exemple les espaces, les ambiances) ou encore l'appliquer à d'autres domaines de l'architecture comme l'architecture construite en métal ou l'architecture construite en verre, …

L'outil lui-même est également perfectible. Le strict accès aux références par un mode aléatoire doit être conservé, mais n'est pas totalement satisfaisant lorsqu'une requête est partiellement ciblée. La combinaison images / mots-clefs mériterait d'être testée. De même nous pensons qu'une visualisation différente des images, notamment sous forme de graphes, pourrait en construisant des relations entre les images aider les concepteurs dans la production de sens.

Comme on le voit, le travail est loin d'être terminé et les pistes à explorer restent nombreuses. Mais nous sommes convaincus que c'est par de tels chemins que l'informatique va pouvoir changer de

degré en passant de l’état d’outil d’aide au dessin ou à la représentation à celui de véritable aide à la conception.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Fred Astaire et Ginger Rogers / « Tancicky Dum» ou « l'immeuble qui danse », Prague, Frank O. Gehry, 1995. 23
Figure 2 :Institut du Monde Arabe, Paris et les références à l'idée « d'occultation » [Scaletsky, 2003, p 23]. 24
Figure 3: Ressemblance formelle 35
Figure 4 : Mise en relation formelle 35
Figure 5 : Cathédrale de Rouen, Claude Monet, 1892 36
Figure 6 : Multitudes d'éléments sur une même photographie (Loyola School, Architecte Frank O. Gehry, Los Angeles, 1984) 37
Figure 7 : Rôle témoin de l'image photographique 38
Figure 8 : Processus cognitif par l'image. 40
Figure 9 : Traits sémantiques d'un objet 42
Figure 10 : Singularité visuelle d'un objet 43
Figure 11 : Identification d'un ouvrage avant sa mise en œuvre définitive sur chantier. 46
Figure 12 : Le processus mis en œuvre dans la recherche d'informations [Nakapan, 2003, p43]. 55
Figure 13 : Vue simplifiée d'une méthode d'indexation [Nakapan, 2003, p45]. 57
Figure 14 : Langage classificatoire 61
Figure 15 : Langage combinatoire 62
Figure 16 : Interface WordNet et résultats pour le terme « poutre » (beam) 71
Figure 17 : Les facettes de l'AAT. Exemple du niveau hiérarchique de l'objet « poutre » (beam). 73
Figure 18 : Les tables du COBOSYSTEME BB/Sfb 75
Figure 19 : Vue simplifiée d'une méthode d'interrogation 78
Figure 20 : Formule pour le calcul du taux de rappel 80
Figure 21: Formule pour le calcul du taux de précision 80
Figure 22 : Principe de la recherche par l'image 89
Figure 23 : Interface de recherche et mosaïque des résultats du site « Emporis ». 92
Figure 24 : Interface de recherche de la base « Mérimée ». 93
Figure 25 : Interface de recherche du site « Corbis » 94
Figure 26 : Interface de recherche et de résultats du site « CIRES » 95
Figure 27 : Interface de recherche Résultats d'une recherche 97
Figure 28: Rue Héré, architecte ; Emmanuel Héré Nancy. 99
Figure 29 : Empreintes digitales Visages. 100
Figure 30 : Critères graphiques 101
Figure 31 : Les images sélectionnées par les experts. 104
Figure 32 : Résultats obtenus avec la couleur globale 105
Figure 33 : Résultats obtenus avec le mixe couleur globale et couleur locale. 105
Figure 34 : Les trois niveaux du vocabulaire 108
Figure 35 : Schéma représentant la base de notre modèle d'indexation. 109
Figure 36 : Les deux familles de descripteurs d'images. 116
Figure 37 : Exemple de description d'une image selon le contenu contextuel. 118
Figure 38 : Caractéristique graphique « la forme ». 120
Figure 39 : Caractéristique graphique « le dispositif constructif». 120
Figure 40 : Caractéristique graphique « le dispositif fonctionnel ». 121
Figure 41 : Caractéristique graphique « le nombre ». 121
Figure 42 : Caractéristique graphique « l'orientation ». 121
Figure 43 : Caractéristique graphique « le dispositif plein/vide ». 122
Figure 44 : Exemple de relation transversale entre deux termes d'un même niveau 123
Figure 45 : Concept de forme remplacé par celui de bardage 131
Figure 46 : Schéma représentant la base de notre modèle d'indexation. 132
Figure 47 : La structuration de la base des références imagées 133
Figure 48 : Le modèle d'indexation réel. 135
Figure 49 : Liste d'images et liste des termes décrivant ces images. 137
Figure 50 : Capture de l'expérimentation sur les propriétés graphiques 144
Figure 51 : Interface de recherche 149
Figure 52 : Affichage des résultats d'une recherche 150
Figure 53 : Fiche descriptive 152
Figure 54 : Termes du thesaurus décrivant l'image avec la hiérarchie. 154
Figure 55 : Exercice de conception 162
Figure 56 **:** Interface d'entrée au site et première mosaïque de « Image.Idée » 165
Figure 57 : Croquis initial du sujet N°1. 168
Figure 58 : Dernière mosaïque visualisée par le sujet N°1 169
Figure 59 : Liste des résultats de la recherche du sujet N°1 170
Figure 60 : Croquis final du sujet N°1. 171
Figure 61 : Croquis initial du sujet N°2. 172
Figure 62 : Mosaïque finale de la recherche 173
Figure 63 : Liste des résultats de la recherche du sujet N°2 173
Figure 64 : Croquis final du sujet N°2 174

LISTE DES TABLES

Tableau 1: exemple d'un produit classé dans le catalogue du COBOSYSTEME. 75
Tableau 2 : Niveaux courant et supérieur des termes « poteau » et « mur ». 119
Tableau 3 : Relations transversales dans le langage de description. 124
Tableau 4 : Choix de la définition d'un ouvrage 125
Tableau 5 : Recadrage d'une image 126
Tableau 6 : Exemple de couple d'images présenté aux sujets 126
Tableau 7 : Les concepts non reconnus durant l'expérimentation 128
Tableau 8 : Une même image pour illustrer deux concepts différents 129
Tableau 9 : Description d'une image (problème de globalité) 138
Tableau 10 : Description d'une image (problème de centralité) 139
Tableau 11 : Description d'une image (lecture partiale) 139
Tableau 12 : Description d'une image (cadrage 1) 140
Tableau 13 : Description d'une image (cadrage 2) 140
Tableau 14 : Index inversé de l'image N°128 153
Tableau 15 : Index inversé de la requête concernant l'image N°128 et N°172 155

BIBLIOGRAPHIE

[AFNOR, 1993] AFNOR. Thésaurus international technique (édition enrichie du thésaurus ISO). France, AFNOR, 1993.

[Aitchison et Gilchrist, 1992] Aitchison J and Gilchrist A. Construire un thésaurus (Manuel pratique). Paris, France, ADBS, 1992.

[Alexander, 1971] Alexander C. De la synthèse à la forme. Paris, Editions Dunod, 1971.

[Alexander, 1977] Alexander C, Ishikawa S, Silverstein M, Jacobson M, Fishdal-King I, and Shlomo A. A Pattern Language. New York, Oxford University Press, 1977.

[Amar, 2000] Amar M. Les fondements théoriques de l'indexation. Une approche linguistique. Paris, France, ADBS, 2000.

[Ango-Obiang, 2004] Ango-Obiang M-F. Comparaison des méthodes d'indexation d'images. Application à la recherche d'images du domaine de l'architecture et de la construction bois, DEA, Nancy, France, 2004.

[Baeza-Yates et Berthier, 1999] Baeza-Yates R. and Ribeiro-Neto Berthier. Modern Information Retrieval. Oxford, ACM Press, 1999.

[Baltzer, 2004] Baltzer N. Photographie d'architecture : saisir l'impalpable. Architecture d'aujourd'hui. Pp 64-71, 2004.

[Benoit-Cattin et Massary, 2000] Benoit-Cattin R, De Massary X, Direction de Chatenet M, and Verdier H. Thésaurus de l'architecture. Paris, France, Du patrimoine, 2000.

[Berrut, 1988] Berrut C. Une méthode d'indexation fondée sur l'analyse sémantique de documents spécialisés : (le prototype RIME et son application à un corpus médical. Grenoble, France, Université Joseph-Fourier-Grenoble 1, 1988.

[Bignon et al, 2000] Bignon J-C, Halin G, and Nakapan W. Building product information search by images. Proceedings of the fifth International Conference in Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning (DDSS), Nijkerk, the Netherlands, pp 47-61, 2000.

[Bignon, 2002] Bignon JC. Modélisation, Simulation et Assistance à la conception-construction en Architecture (Habilitation à diriger des recherches). Nancy, Université de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 2002.

[Bjarnestam, 1998] Bjarnestam A. Text-based Hierarchical Image Classification and Retrieval of stock Photography, Electronic Workshps in Computing (eWic), the challenge of image retrieval, Newcastle upon Tyne, 1988.

[Borillo et Goulette, 2002] Borillo M and Goulette J-P. Cognition et création, Explorations cognitives des processus de conception. Liège, Belgique, Mardaga, 2002.

[Boudon et al, 1994] Boudon P, Deshayes P, Pousin F, and Schatz F. Enseigner la conception architecturale (cours d'architecturologie). Paris, France, de la Vilette, 1994.

[Boudon et Pousin, 1988] Boudon P and Pousin F. Figures de la conception architecturale (manuel de figuration graphique, les pratiques de l'espace). Paris, France, Dunod Bordas, 1988.

[Boujemaa et al, 2001] Boujemaa N and Vertan C. Integrated Colour, Texture, Signature for image retrieval. Proceedings of the International Conference on Image and Signal Processing (ICISP), Agadir, Morocco, pp 404-411, 2001.

[Brassac et Grosjean, 1997] Brassac C. et Grosjean S. l'émergence de l'objet : de l'objet cognitif à l'objet social, dans les objets en conception, actes de 01Design'97, Caen, Europia, pp 101-117, 1997.

[Brausch et Emery, 1996] Brausch M and Emery M. L'architecture en questions 15 entretiens avec des architectes. Paris, France, Le Moniteur, 1996.

[Brilakis et Soibelman, 2005] Brilakis I and Soibelman L. Content-based Search Engines for contruction image databases. Automation in construction 14, pp 537-550, 2005.

[Cabré, 1999] Cabré MT. Terminology: Theory, Methods and Applications. Amsterdam, The Netherlands, Juan C Sager, 1999.

[Charboneau et Robert, 2001] Charboneau N and Robert M. La gestion des archives photographiques. Quebec, Canada, Presses de l'université du Quebec, 2001.

[Ching, 1996] Ching FD-K. Architecture: form, space and order. New-York, USA, Van Nostrand Reinhold, 1996.

[Chipperfield, 1997] Chipperfield D. River and Rowing Museum at Henley-on-Thames. 2G, pp 40-52, 1997.

[Cobosystems, 1994] Le cobosystems, documentation de la construction belge, Zaventen, Belgique, 1994.

[Conan, 1990] Conan M. Concevoir un projet d'architecture. Paris, France, L'Harmattan, 1990.

[Dauzats, 1994] Dauzats M. Le thésaurus de l'image : étude des langages documentaires pour l'audiovisuel. Paris France, ADBS, 1994.

[De Singly, 1992] De Singly F. L'enquête et ses méthodes: le questionnaire. Paris, France: Nathan Université, 1992.

[Dégez et Ménillet, 2001] Dégez D and Ménillet D. Thésauroglossaire des langages documentaires, un outil de contrôle sémantique. Paris, France, ADBS, 2001.

[Del Bimbo, 1999] Del Bimbo A. Visual Information Retrieval. San Francisco, USA, Morgan Kaufmann, 1999.

[Denis, 1982] Denis M. Cognitive research in psychology, On figurative components of mental representations. Amsterdam, The Netherlands, F. Klix, J. Hoffmann, and E. Van Der Meer, 1982.

[Denis, 1989] Denis M. Image et cognition. Paris, France, PUF, 1989.

[Denis, 1997] Denis M. Langage et cognition spatiale. Paris, France, Masson, 1997.

[Dodge, 1993] Dodge Y. Statistique Dictionnaire encyclopédique. Paris, France, Dunod, 1993.

[Duffing, 1999] Duffing G. Approche thématico visuelle pour l'organisation et l'interrogation interactive d'une collection d'images hétérogènes. Nancy, France, Université Nancy 2, 1999.

[Duffing, 2001] Duffing G. Thematico-Visual Image retrieval: How to deal with partially indexed corpora. Internet Imaging II, San José, California, USA, pp 206-217, 2001.

[Duffing et Smaïl, 2000] Duffing G and Smaïl M. A novel approach for accessing partially indexed image corpo. Fourth International conference in Visual Information Systems (Visual'2000), Lyon, France, 2000, p. 244-256.

[Durand, 2003] Durand J-P. La représentation du projet, approche pratique et critique. Paris, France, Edition de la Vilette, 2003.

[Dzeng et Shih-Yu, 2005] Dzeng R-J and Shih-Yu C. Learning search keyword for construction procurement. Automation in construction 14, pp 45-58, 2005.

[Eco, 1999] Eco U. Kant et l'ornithorynque. Paris, France, Grasset, 1999.

[Eco, 1972] Eco U. La structure absente : introduction à la recherche sémiotique. Paris, France, Mercure de France, 1972.

[Eliope, 1997] Eliope C. La construction sèche, réponse au marché du logement: Colloque organisé par Eliope et le CFE en collaboration avec Archimov, 1997.

[Estevez, 2001] Estevez D. Dessin d'architecture et infographie : L'évolution contemporaine des pratiques graphiques. Paris, France, CNRS Editions, 2001.

[Gili, 1997] Gili M. River and Rowing Museum at Hentley-on-Thames. 2G International Architecture Review, Spain, 1997.

[Gosselin et al, 1998] Gosselin M, Loisel R, and Gréboval-Barry R, dans Un objet médiateur en conception architecturale : le cahier créationnel. Les Objets en Conception, EUROPIA, Paris, pp 33-43, 1998.

[Grosjean et Brassac, 1998] Grosjean S and Brassac C. L'émergence de l'objet : de l'objet cognitif à l'objet social. Les Objets en Conception, EUROPIA, Paris, pp 101-117, 1998.

[Guérard, 2004] Guérard P. Entretien, trois questions à Laurent Barbier, architecte DPLG. Construction moderne, pp 26-28, 2004.

[Halin, 1989] Halin G. Apprentissage pour la recherche interactive et progressive d'images : prototype Exprim et prototype Rivage. Nancy, France: Université Nancy 1, 1989.

[Halin, 2004] Halin G. Modèles et outils pour l'assistance à la conception. Application à la conception architecturale. (Habilitation à Diriger les Recherches.). Nancy, France, Institut National Polytechnique de Lorraine, 2004.

[Hanrot, 2002] Hanrot S. A la recherche de l'architecture : Essai d'épistémologie de la discipline et de la recherche architecturales. Paris, France, L'harmattan, Villes et Entreprises, 2002.

[Haralick et al, 1973] Haralick R.M, Shanmugan K, Dinstein I, Texture features for image classification, IEEE Systems Man and Cybernetics, 3 (6), pp 610-621, 1973.

[Heylighen, 2000] Heylighen A. In case of arcitectural design: critique and praise of Case-Based Design in architecture. Leuven, Belgique, Katholieke Universiteit Leuven, 2000.

[Hirata et Kato, 1992] Hirata K. Kato T, Query by visual example, content based image retrieval, lecture notes in computer science, vol 580, 1992.

[Holzem, 1999] Holzem M. Terminologie et documentation pour une meilleure circulation des savoirs. Paris, France, ADBS, 1999.

[Hudon, 1994] Hudon M. Le thésaurus : Conception, élaboration, gestion. Ottawa, Canada, Asted, 1994.

[Ivaiw et De Massary, 1999] Ivaiw J, De Massary X, Direction de Chatenet M, and Verdier H. Système descriptif de l'architecture. Paris, France, Editions du patrimoine, 1999.

[Javeau, 1992] Javeau C. L'enquête par questionnaire. Bruxelles, Belgique, L'université de Bruxelles, 1992.

[Jolion, 2000] Jolion J-M. L'indexation. Document numérique, 2000.

[Joly, 1993] Joly M. Introduction à l'analyse de l'image. Paris, France, Nathan Université, 1993.

[Kanizsa, 1997] Kanizsa G. La grammaire du voir. Paris, France, Diderot, arts et sciences, 1997.

[Kattnig, 2002] Kattnig C. Gestion et diffusion d'un fond d'images. Paris, France, ADBS, Nathan Université, 2002.

[Köhler, 1964] Köhler W. Psychologie de la forme. Saint-Amant, Cher, France, Galimard, 1964.

[Lamirel et al, 2000] Lamirel J-C., Ducloy J., Kammoun H. Some Basics of a Self Organizing Map (SOM) Extended Model for Information Discovery in a Digital Library Context, Second International Conference on Rough Sets and Current Trends in Computing, Springer-Verlag, London, UK, pp 399-403, 2000.

[Lassance, 1999] Lassance G, façons de voir, façons de concevoir ; un système d'information pour les phases amont du projet architectural, actes de 01Design'99 (sixième table ronde sur les sciences et techniques de la conception, p 145-163, 14-15 décembre, Saint-Ferréol, France, 1999.

[Laurent, 2000] Laurent N. Entretien avec Michel Virlogeux, ingénieur conseil : Il est nécessaire de combattre les idées reçues, Construction Moderne, pp 37-38, 2000.

[Le dicobat, 1996] De Vigan J. DICOBAT: dictionnaire général du bâtiment. Ris-Orangis, France, Arcature, 1996.

[Lebahar, 1997] Lebahar J-C. Le dessin d'architecte, simulation graphique et réduction d'incertitude. Marseille, France, Parenthèse, 1997.

[Leloup, 1997] Leloup C. Moteurs d'indexation et de recherche : environnements client-serveur, Internet et Intranet. Paris, Eyroles, 1997.

[Levy, 1977] Levy F, le traitement automatisé de l'image, France, La documentation Française, 1977.

[Lowe et al, 1998] Lowe H.J Antipov I Hersh W. Smith C.A, Towards Knowledge-Based Retrieval of medical Images. The Role of Semantic Indexing, Image Content Representation and Knowledge-Based Retrieval. AMIA (American Medical Informatics asociation) annual symposium, 1998.

[Maniez, 2002] Maniez J. Actualité des langages documentaires, fondements théoriques de la recherche d'informations. Paris, France, 2002.

[Massignon, 2002] Massignon V. La recherche d'images, méthodes, sources et droits. Bruxelles, Belgique, De Boeck, 2002.

[Masuda, 1969] Masuda T. Japon. Berne, Suisse, Architecture universelle, 1969.

[Merleau-Ponty, 1964] Merleau-Ponty. L'oeil et l'esprit. Paris, France, Gallimard, 1964.

[Moles et al, 1971] Moles A and Zetmann C. La communication : Le dictionnaire du savoir moderne, la communication (les images, les sons, les théories et techniques de Nuiener et C.Shanon à M Mc Luhan). Paris, France, De Noel, 1971.

[Moore et Allen, 1981] Moore C and Allen G. L'architecture sensible : Espace, échelle et forme. Paris, France, Dunod, 1981.

[Nakapan, 2003] Nakapan W. Recherche d'informations par l'image. Application à la recherche interactive de produits du bâtiment. Nancy, France, thèse, Institut National Polytechnique de Lorraine, 2003.

[Noy et McGuinness, 2001] Noy NF and McGuinness DL. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford, USA, Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, 2001.

[Panofsky, 1967] Panofsky E. Essais d'iconologie, les thèmes humanistes dans l'art de la Renaissance, Gallimard, 1967.

[Paulin, 2001] Paulin M. Vocabulaire illustré de la construction. Paris, France, Le Moniteur, 2001.

[Piaget, 1998] Piaget J and Inhelder B. La génèse des structures élémentaires, classification et sériations. Paris, France, Delachaux et niestlé, 1998.

[Pierce, 1978] Pierce CS. Ecrits sur le signe. Paris, France, Editions du Seuil, 1978.

[Prost, 1992] Prost R. Conception architecturale: une investigation méthodologique. Paris, France, L'Harmattan, 1992.

[Prost, 1995] Prost R. Concevoir, inventer, créer. Paris, France: L'harmattan, collection villes et entreprises, 1995.

[Raynaud, 2002] Raynaud D. Cinq essais sur l'architecture. Etudes sur la conception de projets de l'atelier Zô, Scarpa, Le Corbusier, Pei. Paris, France, L'harmattan, villes et entreprises, 2002.

[Reed, 1999] Reed KS. Cognition, théories et applications. Bruxelles, Belgique, ITP, De Boeck Université, 1999.

[Remy et Viron, 1999] Remy A, Viron A-C, and Direction de Dessaux C. Système descriptif de l'illustration. Paris, France, Edition du patrimoine, 1999.

[Riboulet, 1994] Riboulet P. Naissance d'un hopital, journal de travail. Besançon, France: De l'Imprimeur, 1994.

[Rivalta, 2003] Rivalta L. Luis I.Kahn : La construction poétique de l'espace. Paris, France: Le moniteur, 2003.

[Rosch, 1973] Rosch E. Natural categories. Cognitive Psychologie Volume 4, pp 328-350, 1973.

[Roulin, 1998] Roulin J-L, Coordinateur, Bonnet C, Camus J-F, Craddock P, Gaonac'h D, Guerrien A, Nicolas S, Passerault J-M, Ripoll T, and Roulin J-L. Pychologie cognitive. Paris, France, Bréal, 1998.

[Roy, 1998] Roy J-P and Blin-Lacroix J-L. Le dictionnaire professionnel du BTP. Paris, France, Eyrolles, 1998.

[Savonnet et al, 2002] Savonnet M, Leclercq E, and Terrasse M-N. Patterns d'architecture d'ontologies. XXème congrés informatique des organisations et systèmes d'information et de décision (INFORSID), Nantes, France, Ecole Polytechnique de Nantes, pp 291-305, 2002.

[Scaletsky, 2003] Scaletsky C. Rôles des références dans la conception initiale en architecture: contribution au développement d'un Système Ouvert de Références au Projet d'Architecture - le système "Kaleidoscope". Nancy, France: Institut National Polytechnique de Lorraine, 2003.

[Shatford, 1986] Shatford S. analyzing the subject of a picture : A theoretical approach, Cataloging and Classification Quaterly, Vol 6 (3), The Haworth Press, USA, 1986.

[Serre-Floersheim, 1993] Serre-Floersheim D. Quand les images vous prennent au mot. Paris, France, Edition d'organisation, 1993.

[Simon, 1990] Simon HA. Sciences des systèmes, Sciences de l'artificiel. Paris, Dunod, 1990.

[Sperber et Wilson, 1989] Sperber D and Wilson D. La pertinence: communication et cognition. Paris, France, Les Editions de Minuit, 1989.

[Spiegel, 1979] Spiegel MR. Théorie et applications de la statistique. Paris, France, Schaum, 1979.

[Terence, 2000] Terence P. Indeterminate Identity: Metaphysics and Semantics, Oxford, Clarendon Press, 2000.

[Ullman, 2000] Ullman S. High-Level Vision : object recognition and visual cognition. London, England, The Mit Press, 2000.

[Vertan et al, 2000] Vertan C and Boujemaa N. Spatially constained colour distributions for image indexing. International Conference on Colour Grapphics and Image Processing (CGIP), Saint-Etienne, France, 2000.

[Van slype, 1976] Van Slype G. Definition of the Essential Characteristics of Thesauri. Brussels, Belgium, Bureau Marcel van Dijk, 1976.

[Zreik et Trousse, 1997] Zreik K and Trousse B. Les objets en conception. Actes de 01Design'97. Europia Productions, 1997.

[Zévi, 2001] Zévi B. Apprendre à voir l'architecture. Paris, France, Edition de minuit, 2001.

Sites Internet (visités en octobre 2005) :

[Web TLFI] www.atilf.fr/
[Web Inist] www.inist.fr/
[Web Chin] http://www.profetic.org:16080/normetic/article.php3?id_article=64
[Web Wordnet] http://wordnet.princeton.edu/online/.
[Web AAT] http://www.getty.edu/research/conducting_research/vocabularies/aat/
[Web Symbols] http://www.symbols.com/encyclopedia/54/index.html
[Web emporis] http://www.emporis.com/fr/il/
[Web culture] www.culture.gouv.fr
[Web Corbis] http://pro.corbis.com/default.aspx
[Web Cires] http://amazon.ece.utexas.edu/~qasim/
[Web metamodel] http://www.metamodel.com/article.php?story=20030115211223271
[Web CNDB} www.cndb.org
[Web Crit] www.crit.archi.fr

TABLES DES MATIERES

Remerciements _____ *5*

Sommaire _____ *7*

Introduction générale _____ *9*

Chapitre 1 : conception architecturale et références imagées. _____ *13*

Introduction _____ **14**

1. Les données dans la conception _____ **14**
1.1 Les « données programmatiques » _____ 15
1.2 Les « données contextuelles » _____ 15
1.3 Les « données référentielles » _____ 16

2. les references _____ **18**
2.1 Quelques acceptions _____ 18
2.2 une définition _____ 19

3. Les références dans la conception _____ **20**
3.1 Caractéristiques de la référence dans le travail de conception _____ 20
3.1.1 Conclusion sur la référence dans le processus de conception _____ 24
3.2 limitation du champ de la référénce _____ 25
3.3 « formes canoniques » de la reference, le mot et l'image _____ 26
3.3.1 Les mots _____ 26
3.3.2 Les images _____ 26
3.3.3 Un cas particulier de l'utilisation des images et des mots : les CBR et CBD _____ 27
3.3.4 Conclusion sur l'utilité des images et des mots dans la conception _____ 28

4. multiplicite des images dans le processus de conception _____ **28**
4.1 images mentales et images réelles _____ 29
4.1.1 Les images mentales _____ 29
4.1.2 Les images réelles _____ 30

5. supports réels et représentations graphiques _____ **31**
5.1 Les dessins d'architecture _____ 31
5.2 Le cas de la photographie _____ 32
5.3 Doit-on dire « sur » ou « dans » les images _____ 32

6. Un cas particulier « l'image photographique » architecturale _____ **34**
6.1 L'image photographique ressemble à ce qu'elle représente _____ 34
6.2 L'image photographique rend accessible le monde extérieur _____ 36
6.3 L'image photographique est témoin d'une situation _____ 37
6.4 L'image photographique rend accessible l'absent _____ 38

6.5 L'image photographique suggère des inférences 39

7. L'image photographique référence 41
7.1 Traits sémantiques 43
7.2 Raisonnement et interprétation, la place de l'image et du mot 44

8. Photo et référence comme aide à la conception 46

Conclusion 47

Chapitre 2 : une méthode pour la construction de la base de références imagées 51

Introduction 52

1. domaines pris en compte dans notre travail 53

2. La recherche d'informations 54
2.1 introduction 54
2.1.1 La navigation 54
2.1.2 La recherche formulation d'un besoin 55
2.2 Méthode de recherche d'informations 57
2.2.1 L'indexation 57

3. Langage d'indexation 59
3.1 La syntaxe 59
3.2 Les vocabulaires d'indexation 59
3.2.1 Combinatoire et clasificatoire 60
3.2.2 Les lexiques (classificatoire) 62
3.2.3 Le thésaurus (combinatoire) 63
3.2.4 Les ontologies 67
3.2.5 Bilan sur les types de langages 68

4. Quelques langages de description 68
4.1 Langages appliqués à des domaines autres que ceux de l'architecture 69
4.1.1 Thesaurus international technique (thesaurus de l'AFNOR) 69
4.1.2 WORDNet 70
4.2 Les langages appliqués à décrire le domaine architectural 71
4.2.1 L'"AAT" (Art & Architecture Thesaurus) 71
4.2.2 LE COBOSYSTEMS 74
4.3 Un langage à base d'icônes 76
4.4 bilan sur les langages de description 76
4.5 Utilisation d'un langage : le processus d'indexation 77
4.6 L'interrogation 78
4.6.1 Les modèles de demande 78
4.6.2 La pertinence 79
4.7 Conclusion 80

5. Recherche d'informations utilisant l'image 81
5.1 La recherche d'images (dont le résultat d'une recherche est l'image) 81
5.1.1 La recherche d'images fondée sur la sémantique 81
5.1.2 La recherche d'images par similarité 84
5.1.3 La recherche d'images mixte 87

5.2 La recherche d'informations par l'image 88
5.2.1 Le principe de la recherche d'information par l'image 88
5.2.2 Les exemples de systèmes de recherche par l'image 90

6. Application : les catalogues d'images 91
6.1 Catalogage manuel ou mixte d'images 91
6.1.1 « EMPORIS» 91
6.1.2 « Mérimée » 92
6.1.3 « Corbis » 93
6.1.4 « Cires » 94
6.1.5 « CNDB » 96
6.1.6 Conclusion sur les systèmes de catalogage d'images 97
6.2 expérimentation d'un système utilisant le catalogage automatique des images 98
6.2.1 Les types d'applications 99
6.2.2 L'expérimentation proprement dite 100
6.3 Conclusion sur la recherche d'images 106

7. La méthode proposée 107
7.1 Proposition et structuration d'un langage de description d'images 107
7.2 Définition d'un modèle d'indexation 108
7.3 Proposition d'un mode de recherche adapté à l'interrogation d'images 110
Le processus interactif et cognitif 110

Conclusion chapitre 2 111

Chapitre 3 : Application de la méthode au domaine du bois 113

Introduction 114

1. Particularités du domaine d'application 114

2. Application de la méthode proposée 115
2.1 Proposition et structuration d'un langage de description d'images 115
2.1.1 Proposition et Identification des familles de descripteurs 115
2.1.2 Construction et structuration du vocabulaire 118
2.1.3 Expérimentation sur les trois niveaux et centrée sur le niveau courant du thésaurus NC 124
2.2 le modèle d'indexation 132
2.2.1 Les entités du modèle 132
2.2.2 Expérimentation validant l'indexation sémantique du contenu des images 136
2.2.3 la pondération des termes d'indexation 142
2.3 proposition d'un mode d'accès aux références imagées utilisant l'image 148
2.3.1 Principe de l'interface 148
2.3.2 Le principe du système de recherche de référence 150

Conclusion du chapitre 3 156

Chapitre 4 : l'expérimentation finale 159

Introduction 160

1. l'environnement de l'expérimentation 160
1.1. la procédure utilisée 160
1.2. Choix d'un dispositif 161
1.3. Déroulement de l'expérimentation : 162
1.4. Conditions de l'expérimentation 163
1.4.1 LES SUJETS 163
1.4.2 LE MATERIEL 164
1.4.3 LES IMAGES 164
1.4.4 LE PROTOCOLE DE L'EXPERIMENTATION 164
1.5. Premiers résultats 167

2. exemple concret de deux sujets 168
2.1 Sujet N°1 168
2.1.1 CONCLUSION SUR LE SUJET N°1 171
2.2 Sujet N°2 172
2.2.1 CONCLUSION SUR LE SUJET N°2 174

3. analyse des résultats proposés par le système 175
3.1 Remarques générales sur l'expérimentation 175
3.2 Critiques des possibilités du système par les utilisateurs 175
3.3 La pertinence des résultats 176
3.4 La présentation des résultats (taille, agrandissement, classement des résultats) 177

4. Analyse des manières de faire des sujets expérimentaux 179
4.1 Utilisation et interprétation des références 179
4.2 Ce que révèlent les croquis 180

Conclusion du chapitre N°4 181

Conclusion générale 183

Liste des figures 187

Liste des tables 189

Bibliographie 191

Tables des matières 198

Liste des annexes 203

Annexe 1 205

Annexe : 2 212

Annexe : 3 217

Annexe : 4 220

Annexe : 5 222

Annexe : 6 ***224***
Annexe : 7 ***230***
Le thésaurus ***230***

Publications scientifiques dans le cadre de ma thèse : ***235***
Conférences internationales **235**
Revues **236**
Rapports internes **236**

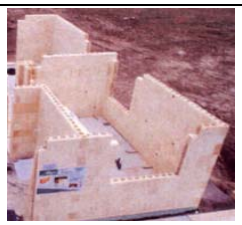
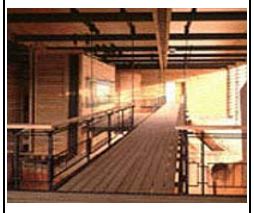
Liste des annexes

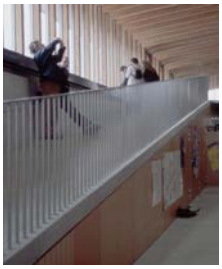
ANNEXE 1

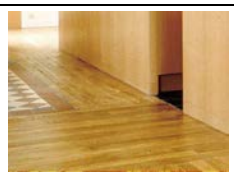
LISTE DES TERMES DU NIVEAU COURANT POUR LES OUVRAGES (P 119):

N°	Le terme courant	Def° du terme	Terme Anglais	Termes associés	Type de liens	Image associée au terme	Voir aussi
1	Assemblage	**Procédé assurant la solidarisation démontable ou définitive d'éléments rigides.**	**Joining**	Accessoires de fixation/.	Contient		Encastrement / articulation
2	Baie intérieure	**Ouverture pratiquée dans une cloison intérieure servant de passage ou à l'éclairage des locaux ainsi qu'à la vue.**	**Indoors opening**	Cloison/	Partie de		Ouverture intérieure / fenêtre d'intérieur
3	Balcon	**Plate forme à hauteur de plancher, formant saillie sur une façade, n'étant accessible que par l'intérieur du bâtiment (fenêtres) et fermée par une balustrade ou un garde-corps**	**Balcony**	Plancher/Garde-corps/porte-fenêtre	Prolonge Protège donne accès		
4	Bardage	**Revêtement de façade mis en place par fixation mécanique**	**Cladding**	Mur/	Recouvre		Vêture
5	Brise-soleil	**Divers dispositifs rapportés extérieurement en saillie sur la façade, ou en couverture sur un toit pour se protéger du soleil**	**Sunshade**	Fenêtre/bardage	Protège		Protection solaire / Pare-soleil
6	Charpente	**Constitue l'ossature porteuse et le contreventement d'un comble et de sa couverture.**	**Frame work**	Toit/	Partie de		Ferme

7	Cloison	**Désigne toute paroi verticale non porteuse de distribution des locaux et de séparation verticale entre les volumes intérieurs d'un bâtiment.**	**Partition wall**	Revêtement mural/	Recouvre		Mur de séparation
8	Construction extérieure	**Petite construction isolée dans un parc ou sur la voie publique**	**Small construction**				Abris extérieur / Edicule / Construction légère
9	Contreventement	**Ensemble de liens ou de contrevents destinés à s'opposer à la déformation latérale d'une ossature quelconque**	**Wind bracing**				
10	Toit	**Ensemble des formes des éléments qui composent le couvrement et la couverture d'un bâtiment.**	**Roof shape**	Charpente/	Partie de		Formes diverses
11	Baie de toit	**Ouverture dans un toit servant à éclairer et aérer les locaux**	**Roof opening**	Toit/	Partie de		Puits de lumière / Eclairage zénithal / Fenêtre de toit
12	Décrochement de façade	**Saillie ou retrait d'une partie de la façade par rapport à son nu général**	**Front projecting or recessed part**	Bardage/			Avancée de façade / Ouvrage ajouté / Extension
13	Equipement urbain	**Désigne l'ensemble des installations, des réseaux, qui permettent d'assurer à la population les services collectifs dont elle a besoin.**	**Urban facilities**				
14	Escalier	**Ouvrage de circulation verticale composé d'une série de marches ou degrés permettant de monter ou de descendre d'un niveau de plancher à un autre.**	**Stairs**	Garde-corps/			

15	Fenêtre	**Toute ouverture aménagée dans un mur donnant sur l'extérieur pour l'aération et l'éclairage des locaux ainsi que pour permettre la vue sur l'extérieur.**	**Window**	Volet/Poutre/Linteau/Débord de toiture en marquise/ Mur	Occulte Contient Protège Partie de Partie de		Menuiserie extérieure
16	Couverture	**Ensemble des ouvrages et matériaux de revêtement qui assurent le couvert d'un édifice.**	**Roof covering**	Toit/			
17	Garde-corps et main courante	**Dispositif plein ou ajouré de protection contre les chutes, à hauteur d'appui.**	**Guard rail**	Balcon/Rampe/Escalier/	Protège / contient		Balustrade
18	Mobilier d'ameublement	**Ensemble des meubles (objets mobiles) destinés à l'usage et à l'aménagement d'un espace intérieur.**	**Furniture**				Meuble
19	Mobilier urbain	**Ensemble des accessoires rapportés sur l'emprise du territoire public ou dans divers espaces aménagés et accessibles au public.**	**Street furniture**				Eléments extérieurs usuels
20	Mobilier sanitaire	**Désigne l'ensemble des appareils sanitaires qui équipent les locaux, possédant une alimentation en eau et une évacuation.**	**Sanitary installations**				Mobilier salle de bain
21	Mur	**Paroi porteuse verticale destinée à séparer des espaces ou à supporter des charges.**	**Wall**	Bardage/Revêtement mural/	Recouvre Recouvre		Paroi
22	Coursive	**Galerie intérieure ou extérieure permettant de traverser ou d'accéder à un espace.**	**Gallery**				Galerie
23	Plancher	**Elément porteur horizontal et séparatif dans une construction, offrant une surface plane constituant le sol d'un local.**	**Timber floor**	Parquet/Plafond/ Balcon	Recouvre Recouvre Prolonge		

24	Portail	**Large porte de clôture donnant accès aux véhicules.**	**Drive gate**	Aménagement urbain en clôture/	Partie de		Barrière
25	Porte de garage	**Désigne la paroi mobile qui permet d'obturer le lieu couvert généralement clos, destiné à recevoir des véhicules de toutes sortes.**	**Garage door**	Construction extérieure en abri de voiture/	Contient		
26	Porte intérieure	**Désigne toute porte de communication entre des locaux intérieurs d'un bâtiment.**	**interior door**	Cloison/	Partie de		
27	Porte	**Désigne une porte dont une face est soumise aux intempéries ou dont l'esthétique et les qualités de résistance aux tentatives d'effraction font l'objet d'un soin particulier.**	**Entrance door**	Débord de toiture en marquise/Débord de toiture en porche/	Protège Protège		Huisserie / Entrée
28	Poteau	**Elément vertical porteur et ponctuel, caractérisé par sa longueur (mesurée verticalement) et sa section**	**Post**	Assemblage en tête de poteau/Assemblage en pied de poteau/	Partie de Partie de		Pylône
29	Poutre	**Elément porteur horizontal et porteur linéaire destiné à reporter les charges vers les appuis verticaux (poteaux, murs).**	**Beam**	Poteau/Mur			Poutre maîtresse
30	Rampe	**Plan incliné permettant le passage sans degrés d'un niveau à un autre.**	**Ramp**	Garde-corps/	Est protégé		

31	Revêtement de plafond	**Couche superficielle de matériau qui recouvre la paroi horizontale supérieure d'un local.**	**Ceiling facing**	Plancher/	Recouvre		
32	Revêtement de sol	**Couche de finition superficielle destinée à protéger , étancher ou décorer, composant le parement d'un plancher**	**Indoors flooring**	Plancher/	Recouvre		
33	Platelage	**Couche de finition superficielle d'une surface plane exposée à l'air libre et aux intempéries, sur laquelle on peut circuler.**	**Outside flooring**				Plancher extérieur
34	Revêtement mural	**Couche de finition superficielle destinée à protéger, étancher ou décorer la face intérieure des parois verticales servant à diviser un espace clos.**	**Wall covering**	Cloison/Mur	Recouvre Recouvre		
35	Débord de toiture	**Ensemble des parties d'un toit qui se trouvent en saillie par rapport au nu de la façade.**	**Eaves overhang**	Elément de finition de toiture/	Prolonge		Protection des façades
36	Structure	**Ensemble autostable composé d'éléments verticaux et horizontaux solidaires entre eux, assurant la stabilité d'un ouvrage.**	**Frame**				
37	Véranda	**Construction légère, largement vitrée, accolée à une façade**	**Verandah**				Elément vitré
38	Volet	**Panneau mobile, plein ou ajouré obturant une baie**	**Shutter**	Baie intérieure/Fenêtre/	Occulte Occulte		Occultation

	Résille	**Charpente dont les éléments longilignes s'entrecroisent formant un quadrillage ou une nappe**	**Grid**				
	Treillis	**Charpente composée de deux ou de plusieurs membrures reliées par des montants ou des traverses perpendiculaires ou obliques aux membrures**	**Latticework**				

LISTE DES DIFFERENTES RELATIONS TRANSVERSALES AU SEIN DU THESAURUS (P 123):

Terme	Supérieur hiérarchique	Le terme lié (le niveau hiérarchique)	La hiérarchie du terme	Lien tel quel	Type de lien
Tête de poteau (3)	Assemblage / jonction/ (Ouvrage)	**Poteau (2)**	Système porteur vertical / (ouvrage)	Est la partie supérieure du poteau	Partie de
Pied de poteau (3)	Assemblage / jonction/ (Ouvrage)	**Poteau (2)**	Système porteur vertical / (ouvrage)	Est la partie inférieure du poteau	Partie de
Assemblage vissé (3)	Assemblage / jonction/ (Ouvrage)	**Vis (3)**	Accessoires de fixation /Produits / (Produit)	Est l'élément fixateur de l'assemblage	Contient
Linteau (3)	Poutre / Système porteur vertical / (Ouvrage)	**Fenêtre (2)**	Ouverture extérieure / (Ouvrage)	Encadre ou obture la partie supérieure de la fenêtre	Contient
Colombage (3)	Mur / système porteur vertical / (Ouvrage)	**Echarpe (3)**	Contreventement/ système porteur vertical / (Ouvrage)	Pièce de biais située entre les traverses de l'ossature en pan de bois.	Partie de
Revêtement mural (2)	Parement intérieur / (Ouvrage)	**Mur (2)**	Système porteur vertical / (ouvrage)	Recouvre la face intérieure	Recouvre
Parquet (2)	Parement intérieur / (Ouvrage)	**Plancher (2)**	Système porteur horizontal / (Ouvrage)	Recouvre la face supérieure du plancher	Recouvre
Bardage (2)	Parement extérieur / (Ouvrage)	**Mur (2)**	Système porteur vertical / (ouvrage)	Recouvre la face extérieure	Recouvre
Plafond (2)	Parement intérieur / (Ouvrage)	**Plancher (2)**	Système porteur horizontal / (Ouvrage)	Recouvre la face inférieure	Recouvre
Volet (2)	Fermeture extérieure / (Ouvrage)	**Baie intérieure (2)**	Equipements structuraux / (Ouvrage)	Ferment la baie	Occulte
Volet (2)	Fermeture extérieure / (Ouvrage)	**Fenêtre (2)**	Ouverture extérieure / (Ouvrage)	Obturent la fenêtre	Occulte
Marquise (3)	Débord de toiture / Toiture / (Ouvrage)	**Porte (2)**	Ouverture extérieure / (Ouvrage)	Protège et surplombe l'entrée	Protège
Marquise (3)	Débord de toiture / Toiture / (Ouvrage)	**Fenêtre (2)**	Ouverture extérieure / (Ouvrage)	Protège et surplombe la fenêtre	Protège
Garde-corps et main courante (2)	Circulation / Ouvrage	**Balcon (2)**	Saillie de façade / (Ouvrage)	Est une partie du balcon et protège contre les chutes	Contient / protège
Elément de finition de toiture (3)	Couverture / Toiture / (Ouvrage)	**Débord de toiture (2)**	Toiture / (Ouvrage)	Permet d'orner et de finir le débord de la toiture	Prolonge
Balcon (2)	Saillie de façade / (Ouvrage)	**Plancher (2)**	Système porteur horizontal / (Ouvrage)	Saillie de plancher sur la façade extérieure	Prolonge
Balcon (2)	Saillie de façade / (Ouvrage)	**Porte-fenêtre (3)**	Fenêtre / Ouverture extérieure / (Ouvrage)	Est accessible par une porte fenêtre	Donne accès
Porte intérieure (2)	Equipements structuraux / (Ouvrage)	**Cloison (2)**	Equipements structuraux / (Ouvrage)	La porte intérieure est incluse dans la cloison	Partie de
Baie intérieure (2)	Equipements structuraux / (Ouvrage)	**Cloison (2)**	Equipements structuraux / (Ouvrage)	La baie intérieure est incluse dans la cloison	Partie de
Aménagement de	Grands équipements	**Aménagement**	(Ouvrage)	Tout grand équipement	Contient

surface (2)	/ (Type de bâtiments)	**extérieur (1)**		comprend au moins un aménagement extérieur	
Portail (2)	Ouverture extérieure / (Ouvrage)	**Aménagement urbain en clôture (3)**	Aménagement urbain / Aménagement extérieur / (Ouvrage)	Le portail est inclus dans la clôture	Partie de
Brise-soleil (2)	Fermeture extérieure / (Ouvrage)	**Fenêtre (2)**	Ouverture extérieure / (Ouvrage)	Le brise-soleil protège le vitrage de la fenêtre	Protège
Fenêtre (2)	Ouverture extérieure / (Ouvrage)	**Mur (2)**	Système porteur vertical / (ouvrage)	La fenêtre est incluse dans le mur	Partie de
Porte de garage (2)	Ouverture extérieure / (Ouvrage)	**Construction extérieure en abri de voiture (3)**	Construction extérieure / Aménagement extérieur / (Ouvrage)	Un abris de voiture peu contenir ou non une porte de garage	Contient

LISTE DES RELATIONS TRANSVERSALES AINSI QUE LEUR DEFINITION (P 121) :

Le nom du lien	Définition du lien	**Exemples**
Partie de	Désigne la relation "portion-masse" qui se manifeste entre deux éléments architecturaux dont les parties sont matériellement identiques et ayant des fonctions différentes à cause de la disposition de chacune d'elles par rapport à un tout. Ainsi la « tête de poteau » est matériellement une partie de « poteau ».	*** Tête de poteau / poteau** *** Pied de poteau / Poteau**
Recouvre	Désigne la relation existant entre un élément architectural quelconque ayant une fonction particulière et un autre élément architectural ayant une fonction de recouvrement par rapport au premier.	*** Parquet / Plancher** *** Bardage / Mur** *** Revêtement mural / Cloison**
Protège	Désigne tout dispositif ayant une fonction de protection contre un risque (chute) ou un désagrément (étanchéité).	*** Garde-corps / Balcon** *** Brise-soleil / fenêtre**
Contient	Correspond à la relation ontologique appelée "Séparable" et se manifeste lorsque la partie peut se séparer du tout, ex : une bicyclette sans guidon est différente d'une bicyclette sans acier. Les deux élément sont matériellement différents contrairement à la relation « partie de » citée plus haut.	*** Balcon / garde-corps** *** Assemblage vissé / vis**
Occulte	Désigne tout dispositif ayant pour fonction d'empêcher la pénétration de lumière dans un espace.	*** Volet / fenêtre**
Prolonge	Désigne la relation qui existe entre une partie qui s'étend d'un élément architectural et son "raccourcissement", les deux ayant des noms et des fonctions différentes.	*** Balcon / garde-corps** *** Débord de toiture / Elément de finition de toiture**
Même forme que	Désigne la relation qui existe entre deux éléments architecturaux différents ayant la même forme et appartenant à des catégories différentes.	*** poteau / poutre**
Donne accès	Désigne la relation qui existe entre deux éléments architecturaux différents dont l'un permet d'entrer dans un lieu et l'autre le lieu en question.	*** Porte de garage / Abri de voiture** *** Porte-fenêtre / balcon**

ANNEXE : 2
GLOSSAIRE

Analogie :

Ressemblance entre deux choses possédant certains traits en communs. Utilisation de la solution d'un problème facile ou connu (le problème source) pour résoudre un problème nouveau ou difficile (le problème cible) [Roulin, 98, p412]. « en fait, deux problèmes sont analogues s'ils représentent une importante similitude formelle et diffèrent du point de vue du contenu sémantique des objets dans l'énoncé (par exemple les isomorphes de la tour de Hanoi et de l'ascenseur).

Behaviorisme :

Doctrine qui assigne à la psychologie l'étude du comportement des individus à l'exclusion de l'introspection – TLFI.

Caractéristique :

Ce qui constitue un signe distinctif reconnaissable entre deux éléments différents.

Catalogage :

Cela consiste à classer des documents selon un ordre défini. Ex. : ordre chronologique, ordre alphabétique, …

Composant :

Selon le Dicobat, un composant désigne de façon extrêmement large tout matériau de construction préfabriqué ou non, prêt à mélanger, à mettre en œuvre ou à assembler. Selon le TLFI un composant est tout ce qui entre dans la composition d'un tout ou d'un composé. pour faire court un composant représente de façon générale tout matériau de construction entrant dans la composition d'un tout.

Connotation :

Concerne tous les effets de sens indirects, seconds, périphériques, implicites, additionnels, subjectifs, flous, aléatoires, non distinctifs, que peuvent engendrer les éléments du discours [encyclopédie]. Dans le domaine de l'indexation des images l'information connotée concerne toute information dont le sens n'est pas directement extractible et est périphérique à l'image. Ex. : nom de l'auteur de l'image, format de l'image, année de la prise de vue, …

Propriété :

Caractère (marque ou signe distinctif), principe, élément auquel on se réfère pour juger, apprécier, définir quelque chose -TLFI. Caractère, signe qui permet de distinguer une chose, une notion ; de porter sur un objet un jugement d'appréciation - Le petit Robert.

Dénotation :

Désigne en linguistique l'ensemble des sens d'un signe [encyclopédie]. Ou encore qui renvoie à l'existence objective d'une chose définie. Dans le domaine de l'indexation des images, cela concerne le sens attribué à l'information directement extractible figurant sur l'image. Ex : poteau, ciel, arbre, …

Elément :

Selon le Dicobat, un élément désigne de façon très large toute partie constitutive d'un ensemble, prise individuellement.

Facette :

Représente la catégorie générale abstraite permettant de classer les concepts d'un domaine [Dégez, 2001].

Fonction constructive :

Expression composée de deux mots ;

- Fonction : selon le Robert, une fonction est un rôle caractéristique que joue une chose dans l'ensemble dont elle fait partie.
- Constructive : selon le Dicobat, c'est tout ce qui concerne une technique de construction. En ce qui concerne la construction, le Dicobat la définit comme étant la partie de l'architecture qui concerne l'exécution (par opposition à la conception). Ou encore concerne la concrétisation d'un projet d'ouvrage.

La fonction constructive est donc le rôle que joue un élément dans une réalisation architecturale quelconque.

Image anticipatrice :

Image mentale d'un élément qui permet de représenter des états de choses qui n'existent pas encore. Ce genre d'images est très utilisé en situation de conception car le concepteur doit imaginer comment sera l'espace qu'il est en train de concevoir. Pour prendre un exemple : si l'on me dit que pour 2010 la ville de Paris l'ornera de boules décoratives, l'idée que je me fais de la tour Eiffel couverte de boules est une image anticipatrice, car je ne l'aurai jamais vue avant.

Image mentale :

Représentation schématique abstraite produite dans l'esprit d'une personne. Elle a la particularité de conserver la structure des relations spatiales entre les différentes entités représentées.

Image photographique :

Représentation graphique particulière qui présente les objets en cristallisant par un procédé chimique, mécanique ou électronique et en figeant le monde à un instant précis. Les objets sont représentés sous leurs formes graphiques sans modifications, tels qu'ils existent réellement. La photographie reproduit le monde tel qu'il existe selon un point de vue particulier.

Image réelle :

Illustre et représente des situations existantes. Une image réelle peut être à la fois croquis, dessin, photographie, tableau de peinture, … Un plan ou un croquis représentant une situation non encore réalisée n'est pas une image réelle, mais seulement la représentation

graphique d'une situation. Autre exemple : Le Corbusier a produit des croquis de ses projets avant et après leurs réalisations. Ainsi les croquis avant réalisation ne sont qu'une représentation graphique, alors que les croquis postérieurs à la construction sont pour nous des représentations ou des images réelles.. Une image réelle peut soit reproduire une situation existante soit la représenter avec un certain écart. Ex : image de la Joconde de Botéro.

Image référence :

Dans notre cas une image illustrant la classe à laquelle appartient l'objet source est additionnée à la singularité de l'objet lui-même :

- La classe de l'objet : si regardant un objet, je le nomme « chaise » revient au fait que je connais ce qu'est une chaise. J'en connais la définition, c'est pourquoi je ne l'appelle pas autrement. La forme idéelle correspond à une forme à laquelle nous pouvons associer un sens (nom de sa forme, nom de la fonction remplie « asseoir », …). Les traits sémantiques correspondent aux propriétés de l'objet (chaise = pieds + dossier + assise). Une chaise sans son dossier deviendrait un tabouret.
- La singularité de l'objet : si voyant plusieurs chaises mon attention se focalise sur celle-ci et non pas sur l'autre revient au fait que j'ai identifié la singularité de cette chaise. Cette singularité est propre à chacun et, dans notre cas, elle est dirigée par l'objet à concevoir ou plutôt par le besoin qu'a un concepteur durant le processus de conception.

Image reproductrice :

Images mentale qui permet de représenter des situations déjà vécues. Par exemple l'image mentale que j'ai de la tour Eiffel est telle que je l'imagine car je l'ai déjà vue. Les images reproductrices facilitent le maintien en mémoire de situation existantes [Denis, 1989].

Image :

De façon générale, c'est une représentation visuelle ou mentale qui établit une relation de conformité avec l'objet représenté.

Indexation :

Cela consiste à identifier dans un document certains éléments significatifs qui serviront de clé pour retrouver ce document au sein d'une collection [encyclopédie]. Indexer revient à formaliser des documents dans une forme différente de celle dans laquelle ils ont été émis, et principalement à identifier ce qui dans ces documents pourrait être recherché par un utilisateur. Autrement dit pour vous à associer les termes définis dans notre thésaurus aux images de notre base de données afin d'en décrire le sens, et sous une forme particulière que l'on aura définie grâce à un modèle d'indexation.

Modèle :

Selon le Robert « un modèle est ce qui sert ou doit servir d'objet d'imitation pour faire reproduire quelque chose ».

Ontologie :

Représente en (sciences cognitives) un «Modèle conceptuel spécifique élaboré dans le domaine de la gestion du savoir. Une ontologie peut représenter des relations complexes entre des objets et inclure les règles et axiomes manquants dans un réseau sémantique. Une ontologie qui décrit le savoir dans un domaine précis est souvent reliée à des systèmes de prospection de données et de gestion des connaissances ».

Ouvrage :

Selon le Dictionnaire du Bâtiment, un ouvrage est ce qui résulte d'un travail de construction. Plus précisément un ouvrage est le résultat de la mise en œuvre de matériaux de construction.

- **Ouvrage = tâche : travail,** besogne ou action, comportant une finalité. Selon le Dicobat, un ouvrage est de façon générale la mise en œuvre de matériaux sur un chantier, travaux exécutés sur ces matériaux (par exemple : ciselage, ponçage,…) et résultat concret des travaux
- **Maître d'ouvrage = client (personne physique ou morale):** dans le cadre de la conduite d'un projet, le maître d'ouvrage est celui qui spécifie les besoins, choisit et lance les moyens, suit la réalisation, réceptionne, assure l'exploitation.
- **Ouvrage = édifice ou partie de cet édifice** (objet architectural réalisé) : «Un ouvrage est tout objet ou élément architectural résultant de la mise en œuvre d'un ou plusieurs matériaux de construction remplissant un rôle caractéristique dans un ensemble constituant la réalisation architecturale à laquelle il appartient».

Problème :

Selon Roulin « on admettra qu'un sujet est en situation de résolution de problèmes lorsqu'il doit atteindre un objectif (ou un but) et qu'il ne dispose pas d'une procédure immédiate lui permettant de l'atteindre » [Roulin, 1998, p406].

Procédure :

Ensemble de consignes à appliquer pour effectuer un travail ou atteindre un objectif`- TLFI.

Processus :

Suite d'actions élémentaires dont le résultat est équivalent à l'action principale dont elles sont la décomposition. La notion de processus permet de décrire le comportement d'un système d'exploitation. - TLFI

Propriété :

Qualité propre, caractère (surtout caractère de fonction) qui appartient à tous les individus d'une espèce sans toujours leur appartenir exclusivement - Le petit robert. Caractère distinctif qui appartient à un être, une espèce, mais qui ne lui appartient pas toujours exclusivement - TLFI.

Recherche :

Prospection dans une base de données en fonction d'un questionnement posé par l'utilisateur du système. Dans notre contexte, ce questionnement est en relation directe avec les éléments ou les ouvrages figurant sur les images.

Représentation graphique :

Présente un objet absent à l'œil sous sa forme graphique. Elle permet de rendre présents les objets du monde réel en un langage spécialement conçu pour les transformer ; est équivalent d'un dessin comme expression de l'intelligence et du jugement de l'architecte durant sa production en situation de projet. [Lebahar, 1983, p5-6].

Représentation :

Selon le petit Robert, action de « présenter à l'esprit, rendre sensible (un objet ou un concept) en provoquant l'apparition de son image au moyen d'un autre objet qui lui ressemble ou qui lui correspond ».

Taxinomie :

Selon le Robert correspond à la science des lois de classification des éléments de manière générale.

Thesaurus :

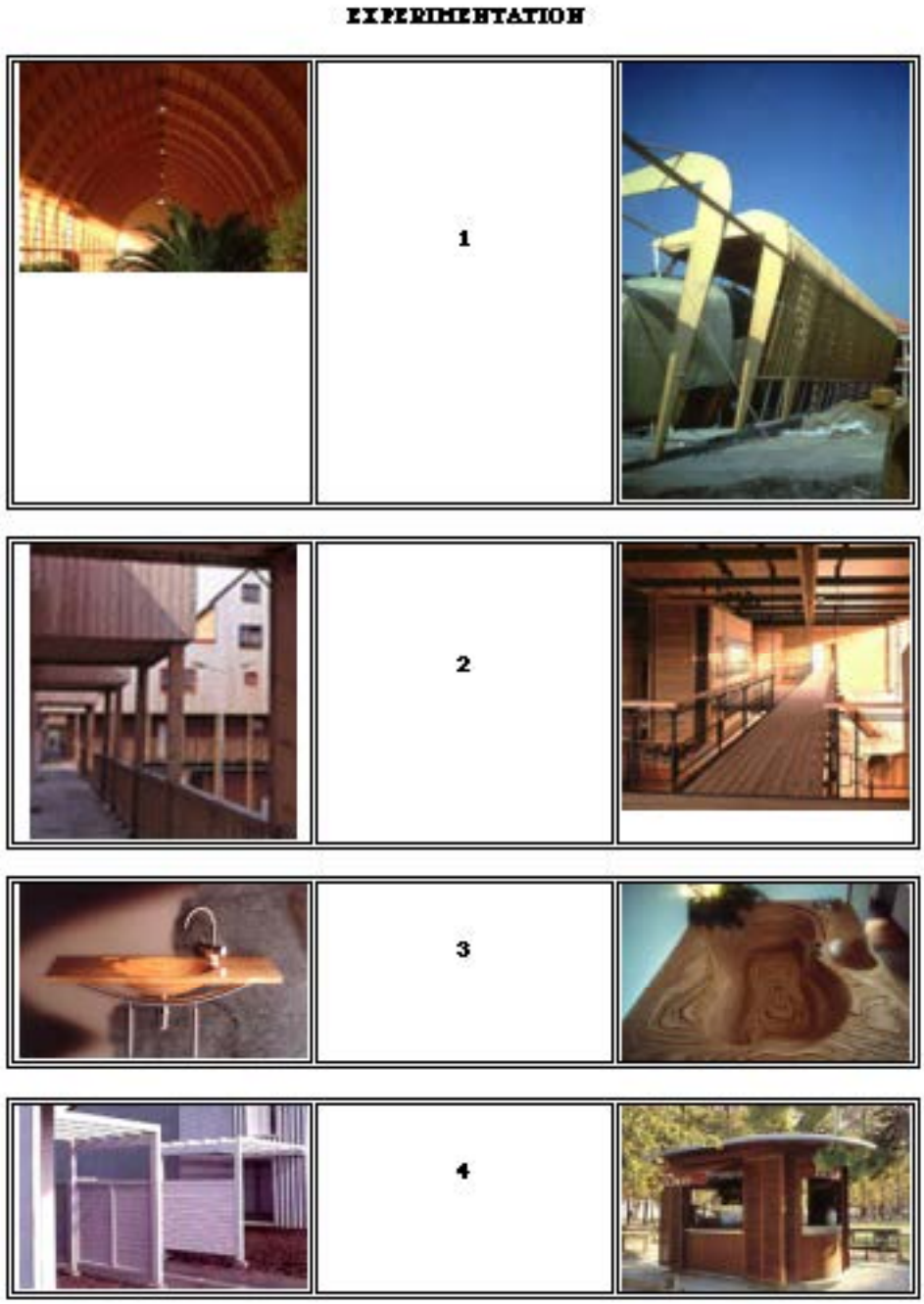
Représente la connaissance d'un domaine sous la forme d'une liste de termes hiérarchisés représentant des entités sémantiques reliées entre elles. « Un thésaurus est une liste d'autorité organisée de descripteurs et de non-descripteurs obéissant à des règles terminologiques propres et reliés entre eux par des relations sémantiques (hiérarchiques, associatives, ou d'équivalence). Cette liste sert à traduire en un langage artificiel dépourvu d'ambiguïté des notions exprimées en langage naturel » définition de l'AFNOR, reprise par Michel Hudon [Hudon, 1991]. C'est donc un langage combinatoire sous la forme d'une liste de termes décrivant les concepts d'un domaine quelconque. Ces concepts sont organisés selon une hiérarchie et sont reliés entre eux par des liens correspondant aux relations existant entre les concepts du domaine dans la pratique courante.

ANNEXE : 3

EXPERIMENTATION SUR LES TROIS NIVEAUX CENTREE SUR LE NIVEAU COURANT DU THESAURUS (P 124):

Cette expérimentation a pour objectif de répertorier les termes appartenant au niveau courant de notre vocabulaire. Cette expérimentation a été menée sur deux supports papiers, dont l'un présentait les images et l'autres des lignes où noter le nom des ouvrages.

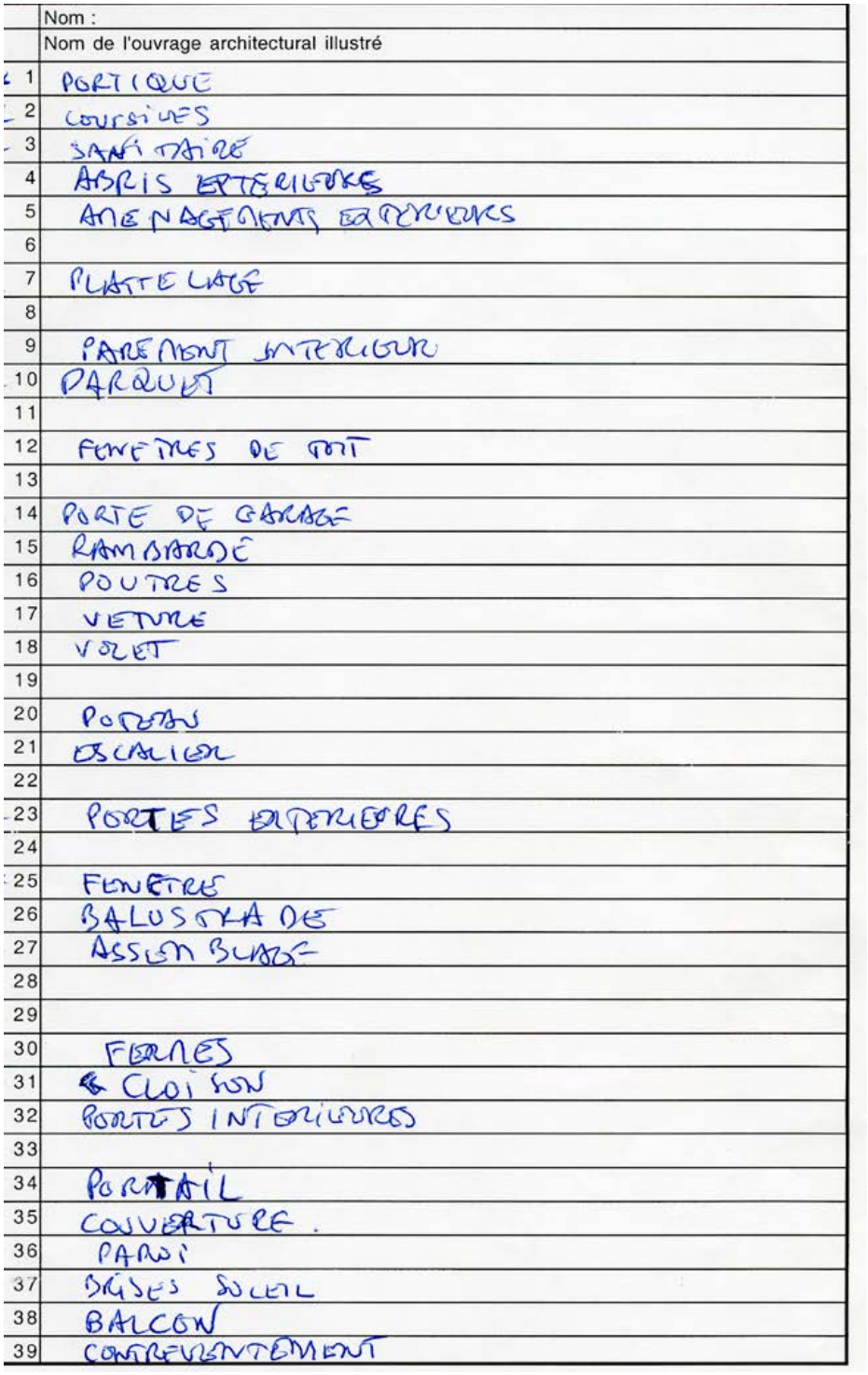
Liste des couples d'images à identifier



Dans ce qui suit nous avons les réponses d'un sujet architecte

	Nom de l'ouvrage architectural illustré
1	Portique L.C.
2	Cadevis.
3	Evier.
4	Petit agencement.
5	Aménagement Extérieur.
6	Ouvrage vaporisé.
7	Aménagement urbain.
8	"Construction".
9	Agencement intérieur.
10	Parquet.
11	Mobilier urbain.
12	Ouverture de toiture.
13	Dôlorol de toiture.
14	Porte de garage
15	Rampe.
16	Poutre.
17	Revêtement ext bois.
18	Occultation.
19	Elément vitré
20	Poteau porteur.
21	Escalier.
22	Agrafé.
23	Porte-Extérieur.
24	Table.
25	Fenêtre.
26	Garde corps.
27	Assemblage.
28	"Plateforme"
29	Revêtement mural.
30	Arbre
31	Claustra
32	Porte Menuisé.
33	Entrée.
34	Portail.
35	Couverture.
36	Mur.
37	Protection solaire.
38	Balcon.
39	Contreventement

Dans ce qui suit nous avons les réponses d’un des sujets ingénieur



	Nom :
	Nom de l'ouvrage architectural illustré
1	PORTIQUE
2	COURSIVES
3	SANITAIRE
4	ABRIS EXTERIEURES
5	AMENAGEMENTS EXTERIEURS
6	
7	PLATTE LAGE
8	
9	PAREMENT INTERIEUR
10	PARQUET
11	
12	FENETRES DE TOIT
13	
14	PORTE DE GARAGE
15	RAMBARDE
16	POUTRES
17	VETURE
18	VOLET
19	
20	POTEAU
21	ESCALIER
22	
23	PORTES EXTERIEURES
24	
25	FENETRE
26	BALUSTRADE
27	ASSEN BLANC
28	
29	
30	FERMES
31	CLOISON
32	PORTES INTERIEURES
33	
34	PORTAIL
35	COUVERTURE.
36	PANI
37	DIGUES SOLEIL
38	BALCON
39	CONTREVENTEMENT

ANNEXE : 4
EXPERIMENTATION VALIDANT L'INDEXATION SEMANTIQUE DU CONTENU DES IMAGES (P136):

L'objectif de cette expérimentation était de vérifier que l'indexation et la description des images que nous proposions correspondaient à celle des professionnels du domaine.

Dans ce qui suit nous présentons la description faite par un sujet architecte



Image D1

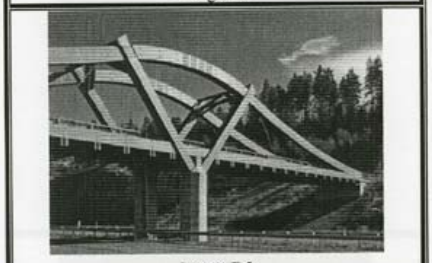


Image D2

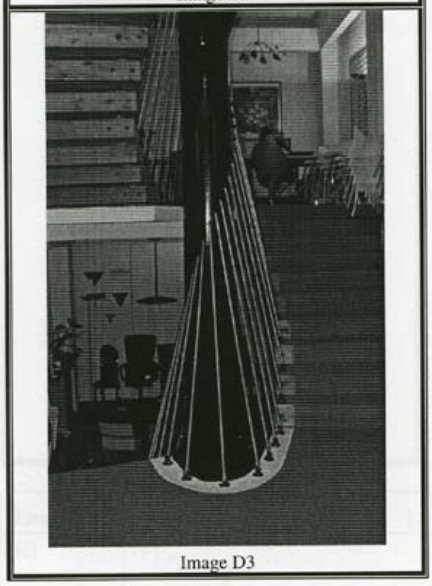


Image D3

3	Bâtiment d'exposition
/	Bâtiment d'habitation
3	Bois associé
2	Bois associé bois et béton
1	Bois reconstitué
1	Bois reconstitué lamellé collé
3	Circulation
3	Escalier
3	Escalier balancé
/	Escalier massif
/	Escalier suspendu
2	Essence
1	Fenêtre extérieure de type percement
1	Habitation collective
1	Mur à ossature légère
/	Mur Système porteur vertical
1	Ouverture extérieure
2	Ouvrage d'art
1	Plancher à solivage
2	Pont
1	Poutre
2	Poutre moisante
/	Poutre treillis
2	Structure en arc
1	Système porteur horizontal
2	système porteur structurel
1	Type de bâtiment

Les images	Les termes absents
D1	Dalle.
D2	
D3	

Dans ce qui suit nous présentons la description faite par un sujet ingénieur

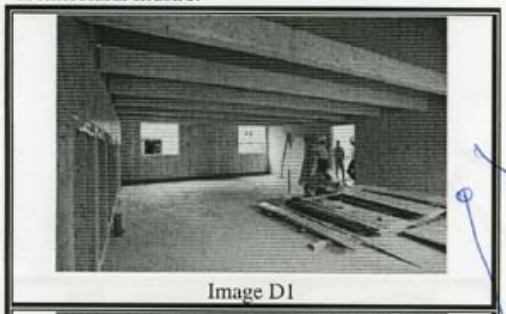


Image D1

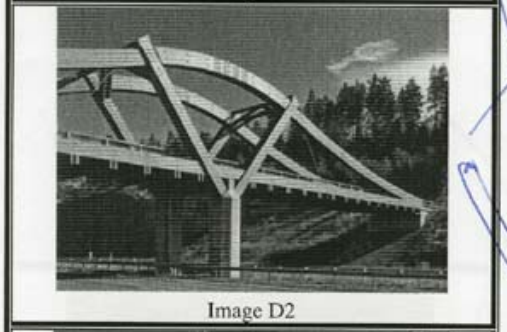


Image D2

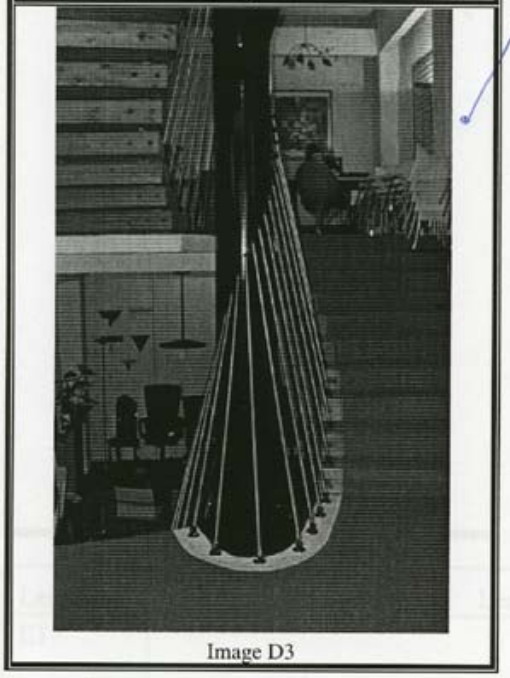


Image D3

	Bâtiment d'exposition
	Bâtiment d'habitation
	Bois associé
	Bois associé bois et béton
	Bois reconstitué
	Bois reconstitué lamellé collé
	Circulation
	Escalier
	Escalier balancé
	Escalier massif
	Escalier suspendu
	Essence
	Fenêtre extérieure de type percement
	Habitation collective
	Mur à ossature légère
	Mur Système porteur vertical
	Ouverture extérieure
	Ouvrage d'art
	Plancher à solivage
	Pont
	Poutre
	Poutre moisante
	Poutre treillis
	Structure en arc
	Système porteur horizontal
	système porteur structurel
	Type de bâtiment

Les images	Les termes absents
D1	
D2	
D3	

ANNEXE : 5

EXPERIMENTATION SUR L'INFLUENCE DES PROPRIETES GRAPHIQUES DANS LA RECONNAISSANCE D'UN OUVRAGE (P143):

Dans cette expérimentation le but était de définir quel était la propriété graphique liée à la représentation de l'éléments architectural figurant sur l'image.

Dans ce qui suit nous présentons les réponses données par un sujet architecte concepteur.

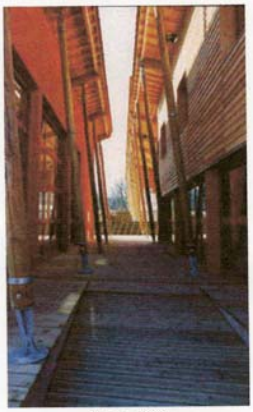


Image N°4

Rang	L'ouvrage	La surface occupée	Ressemblance à l'archétype	Le contraste	La centralité	La totalité de la représentation
1	Bardage	X	X	X		
5	Fenêtre					
2	Poteaux					
4	Rampe				X	
3	Saillie de toiture	X	X			



Image N°5

Rang	L'ouvrage	La surface occupée	Ressemblance à l'archétype	Le contraste	La centralité	La totalité de la représentation
4	Bardage		X			
1	Construction extérieure terrasse					
5	Fenêtre					
3	Revêtement de sol extérieur		X			
2	Volet	X			X	

Dans ce qui suit nous présentons pour les mêmes images les réponses apportées par un architecte constructeur



Image N°2

Rang	L'ouvrage	La surface occupée	Ressemblance à l'archétype	Le contraste	La centralité	La totalité de la représentation
1	Cloison	X	X	X	X	X
2	Revêtement de sol intérieur	X		X	X	



Image N°3

Rang	L'ouvrage	La surface occupée	Ressemblance à l'archétype	Le contraste	La centralité	La totalité de la représentation
1	Charpente	X	X	X	X	X
3	Equipement urbain					
2	Poutre	X		X	X	
0	Verrière					

4

ANNEXE : 6
LES CALCULS STATISTIQUES POUR L'ANALYSE DES RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION (P146, 147):

1) Première partie du calcul (dépendance rangs/propriétés graphiques)

Afin de tirer des résultats significatifs de l'expérimentation que nous avons mené, nous avons demandé l'aide d'un statisticien M Prevot qui a proposé le test du CHI-2. Ce test permet de vérifier que deux variables sont indépendantes. Il s'effectue essentiellement par un principe de « comptage » pour chacune des propriétés et pour l'ensemble des sujets. Cette indépendance se vérifie donc grâce au comptage et les valeurs issues de ce comptage sont reprises dans un tableau « de contingence » qui permettra de vérifier qu'il y a bien indépendance, si certaines conditions sont vérifiées. Ce tableau de contingence est à deux dimensions. Le principe du comptage se fait principalement en deux étapes ;

- Dans un premier temps, on déduit par comptage le propriété graphique (parmi les cinq identifiés) qui a été le plus souvent associé au rang un.
- Dans un deuxième temps, on comptabilise le nombre de fois ou le propriété en question à été associé par chaque sujet à ce même rang.

Pour l'aspect mathématique.

Le test du Chi-2 a été utilisé dans un premier temps afin de vérifier s'il y avait un lien entre le rang que les sujets attribuaient aux ouvrages de la liste et les propriétés associés à ce même ouvrage.

Pour le coté mathématique., nous donnons ;

I : lignes du tableau de contingence

J : les colonnes du tableau de contingence

nij → le nbre de personnes ayant attribue le rang Rgi au propriété Prj également désigné par Oij.

$$\sum nij = n$$

Nij → la fréquence observée pour la catégorie (correspond au nombre de fois où je vois apparaître le couple (Xi, Yj) dans l'expérimentation.

Oij → valeurs observées = Nij

$$ni. = \sum_{j} nij$$

$$n.j = \sum_{i} nij$$

Eij → valeurs espérées = $\frac{ni. \times n.j}{n}$

Pour la première partie de l'expérimentation qui tend à prouver qu'il existe dépendance entre le rang et les propriétés graphiques identifiées.

Ainsi dans ce tableau :

	1	2	3	4	5	6
RK1	3,	4,	2,	3,4,	2,	1,
RK2	2,3,	2,	3,	1,2,4,	3,4,	4,
RK3	5,	5,	3,	4,	2,3,	2,
RK4	3,	2,3,	4,	2,4,	2,	2,4,
RK5	1,2,5,	1,2,	1,2,3,4,5,	2,	3,	1,2,3,4,5,

- La première ligne comprend les sujets identifiés par un numéro (seule une partie a été représentée dans le tableau ci-dessus).
- Dans la première colonne figure les rangs.
- Dans chaque cellule figure le ou les propriétés (identifié par un numéro) le plus souvent cité par rang.

Par exemple le sujet N°1 a associé le plus souvent le propriété 3 (contraste) au rang 1. ou alors le sujet 5 a associé le plus souvent au rang 2 les propriétés 3 (contraste) et 4 (centralité). et ainsi de suite. Pour repère nous donnons la codification des propriétés (Numéro survit du nom du propriété) :

1. Surface
2. Archétype
3. Contraste
4. Centralité
5. Totalité

Un autre tableau, celui qui permettra le calcul du CHI-2.

		Surface	Archétype	Contraste	Centralité	Totalité	Somme
Rk1	Oi	18	3	9	11	13	54
	Ei	10,53658537	15,80488	9,219512	8,56098	9,87804878	54
	Yi	5,286585366	10,37432	0,005226	0,69488	0,986690756	17,3477
		30,47%	**59,80%**	**0,03%**	**4,01%**	**5,69%**	100,00%
Rk2	Oi	9	18	7	6	3	43

	Ei	8,390243902	12,58537	7,341463	6,81707	7,865853659	43
	Yi	0,04431367	2,329552	0,015882	0,09793	3,010039705	5,497719
		0,81%	**42,37%**	**0,29%**	**1,78%**	**54,75%**	100,00%
Rk3	Oi	8	11	4	8	10	41
	Ei	8	12	7	6,5	7,5	41
	Yi	0	0,083333	1,285714	0,34615	0,833333333	2,548535
		0,00%	**3,27%**	**50,45%**	**13,58%**	**32,70%**	100,00%
Rk4	Oi	4	14	10	6	7	41
	Ei	8	12	7	6,5	7,5	41
	Yi	2	0,333333	1,285714	0,03846	0,033333333	3,690842
		54,19%	**9,03%**	**34,84%**	**1,04%**	**0,90%**	100,00%
Rk5	Oi	9	26	12	8	12	67
	Ei	13,07317073	19,60976	11,43902	10,622	12,25609756	67
	Yi	1,269066254	2,082393	0,027511	0,64721	0,005351292	4,031531
		31,48%	**51,65%**	**0,68%**	**16,05%**	**0,13%**	100,00%
	Somme	48	72	42	39	45	**246**

Le degré de liberté de ce tableau est égal à 16. c'est un paramètre de la loi du CHI-2. Ce paramètre se réfère au nombre de termes linéairement indépendants impliqués dans le calcul du CHI-2. Dans notre cas, il y a r=5 lignes et c=5 colonnes variables en lignes et cinq en colonne. Ce qui nous conduit à préciser le degré de liberté comme étant égal à :

(r-1)*(s-1) = (5-1)*(5-1) = 16.

Ce petit calcul définit le degré de liberté et nous permet de nous reporter au tableau donnant les valeurs du YC (Y critique) valeur critique qui nous permettra de déduire s'il y a dépendance ou non entre les propriétés et les rangs. Pour que l'hypothèse de dépendance soit confirmée ou pour que l'hypothèse d'indépendance soit infirmée, la valeur de Y représentant la valeur du CHI-2 doit être supérieure à la valeur du Yc du tableau correspondant au degré de liberté « 16 ».

- Au risque 5%, YC = 25,296 .
- Au risque 1%, YC= 32.

Ce qui signifie que la valeur du chi-2 que l'on trouvera devra être supérieure au moins à la première valeur « 25,296 » afin d'infirmer l'hypothèse d'indépendance. Ceci constitue la seconde contrainte nécessaire à la validation de cette hypothèse. Dans un premier temps, il faut vérifier que la majorité des Ei « les valeurs espérées » sont au moins supérieures à « 5 ».

Oij ou Nij désigne l'effectif empirique ou Observé.

Eij :=ni.*n.j désigne l'effectif théorique ou Espéré sous l'hypothèse dite d'indépendance.

La fonction de décision est :

$$Y := \sum_{i.j} yij := \sum_{i.j}\left[\frac{(oij-eij)^2}{eij}\right] = \sum_{i.j}\left|\left(nij - \frac{ni.\times n.j}{n}\right)^2 \Big/ \left(\frac{ni.\times n.j}{n}\right)\right|$$

Si Y > YC ; alors on pourra dire que l'hypothèse d'indépendance est infirmée et donc qu'il y bien dépendance entre les variables sur lesquelles se sont portés les calculs.

Ainsi, après calcul pour le cas précédent nous trouvons un Y=33,11633 il est supérieur au YC(1%) =32 ce qui veut dire qu'il est très significatif. Donc nous pouvons en conclure que l'hypothèse d'indépendance est infirmée, il existe bien une dépendance entre les propriétés graphiques associés aux ouvrages par les sujets de l'expérimentation et les rangs attribués à ces mêmes ouvrages par les sujets.

En second lieux nous pouvons identifier quel est le propriété le plus lié en fonction du rang. Par exemple :

- Pour le rang N°1 le propriété qui a le plus fort taux de contribution au chi-2 est l'archétype. Ce propriété participe à près de 60% au taux du CHI-2. En second apparaît la surface à un peu plus de 30% suivit de la totalité à environs 5% puis la centralité à 4% et enfin le contraste avec un taux de 0,03%. Ainsi pour ce rang nous retiendrons l'archétype et la surface.
- Pour le rang N°2 le plus fort taux a été obtenu pour le propriété totalité pour plus de 54% suivit de l'archétype à plus de 42%.
- Pour le rang 3 le plus fort taux a été obtenu pour le contraste à plus de 50% ensuite vient la totalité à plus de 30% et enfin la centralité à plus de 13%.
- Pour le rang 4 le plus fort taux est obtenu à plus de 54% pour le propriété surface suivi par le contraste à plus de 34% et enfin l'archétype à environs 9%.
- Pour le rang 5 le plus fort taux de participation est obtenu avec le propriété archétype pour plus de 51% suivi de la surface pour plus de 30% et enfin la centralité pour plus de 16%.

2)Deuxième partie du calcul :

Dans cette deuxième partie, nous avons catégorisé la liste complète des ouvrages proposés lors de l'expérimentation en 4 catégories :

- Les ouvrages volumiques
- Les ouvrages surfaciques
- Les ouvrages linéaires
- Les ouvrages ponctuels

Comme pour la première partie du calcul, nous avons utilisé le test du CHI-2 afin de vérifier s'il y avait dépendance entre une famille d'ouvrage et les propriétés graphiques. En d'autres termes nous voulions identifier quel était le ou les propriétés graphiques les plus liés par catégorie d'ouvrages.

		Surface	Archétype	Contraste	Centralité	Totalité	Somme
Ouv Vol	O	25	8	6	7	9	55
	E	11,89189	14,617117	8,6711712	11,396396	8,423423	55
	Y	14,44871	2,9955455	0,8228595	1,6960011	0,039466	20,00258
		72,23%	14,98%	4,11%	8,48%	0,20%	100,00%
Ouv Surf	O	8	10	6	6	5	35
	E	7,567568	9,3018018	5,518018	7,2522523	5,36036	35
	Y	0,02471	0,0524071	0,0420997	0,2162274	0,024226	0,359671
		6,87%	14,57%	11,71%	60,12%	6,74%	100,00%
Ouv Lin	O	5	13	6	18	5	47
	E	10,16216	12,490991	7,4099099	9,7387387	7,198198	47
	Y	2,622269	0,0207422	0,2682686	7,0079339	0,67129	10,5905
		24,76%	0,20%	2,53%	66,17%	6,34%	100,00%
Ouv Ponct	O	10	28	17	15	15	85
	E	18,37838	22,59009	13,400901	17,612613	13,01802	85
	Y	3,819555	1,2955736	0,9666152	0,3875487	0,301755	6,771047
		56,41%	19,13%	14,28%	5,72%	4,46%	100,00%
	Somme	48	59	35	46	34	222

Nous avons procédé comme pour la première étape. Nous obtenons pour cette partie un degré de liberté (5-1) * (4-1) = 12.

Pour cette valeur, le Yc est égal :

- Au risque de 5% Yc=21,026
- Au risque de 1% Yc=26,217.

Nous avons obtenu un Y=Chi-2=37,7238,3 cette valeur est largement supérieure aux valeurs du Yc donc le résultat est qu'il y a bien dépendance entre les propriétés et les types d'ouvrages. Nous pouvons donner comme valeurs :

- Pour la catégorie ouvrages volumiques, les propriétés qui ont le plus fort taux de participation au CHI-2 sont la surface pour un taux supérieur à 72% suivit de l'archétype pour plus de 14%
- Pour la catégorie des ouvrages surfaciques le plus fort taux a été obtenu pour le propriété centralité à plus de 60% suivit de l'archétype à plus de 14% puis le contraste à un peu plus de 11%

- Pour la catégorie des ouvrages linéaires, le plus fort taux de participation du Chi-2 a été obtenu pour le propriété centralité à plus de 66% suivit par la surface à plus de 24%.
- Pour la catégorie des ouvrages ponctuels les plus forts taux de participation ont été obtenus par la surface à plus de 56% suivit de l'archétype et enfin le contraste à plus de 14%.

ANNEXE : 7
ALGORITHME GENERAL (P 147):

L'objectif de cet algorithme est de classer une liste de termes par ordre décroissant des poids associés aux termes. Nous tenons à préciser qu'afin que les valeurs utilisées dans cet algorithme soient significatives d'un point de vue statistique, nous avons du regrouper les valeurs obtenues lors des test du CHI-2 pour les ouvrages volumiques et surfaciques. Ce regroupement est du à leur faible nombre dans notre thésaurus.

Données :

Liste de terme « L »

Chaque case à cocher représente une valeur qui permettra d'obtenir un poids final. Cette valeur est issue du tableau du CHI-2. Ainsi chaque valeur correspond au taux de participation des trois propriétés graphique qui ont le taux de participation au chi-2 le plus important en fonction de chaque type d'ouvrage. Nous avons donc :

Pour les ouvrages surfaciques, les trois propriétés graphiques qui avaient le taux de participation le plus important au chi-2 étaient (la surface, la centralité et l'archétype).

Pour les ouvrages linéaires, les trois propriétés graphiques qui avaient le taux de participation le plus important au chi-2 étaient (la centralité, la surface et la totalité).

Pour les ouvrages ponctuels, les trois propriétés graphiques qui avaient le taux de participation le plus important au chi-2 étaient (la surface, l'archétype et le contraste).

Le poids final du terme surfacique correspond au résultat obtenu par la formule suivante pds = surface + (surface+ centralité+ archétype)

Pour chaque terme « T » de « L » faire :

```
    Cas de « T » parmis ‘
            ‘ouvrages surfaciques’
            Poids de « T » = calcul_1

            ‘ouvrages linéaires’
            poids de « T » = calcul_2

            ‘ouvrages ponctuels’
            poids de « T » = calcul_3
    Fin de cas
```

Fin de pour

Tri les termes dans l'ordre décroissant des poids associés.

Pour les ouvrages surfaciques : calcul_1

Début

Affichage d'une boite de dialogue avec 3 cases à cocher
- Case_à_cocher_surface
- Case_à_cocher_centralité
- Case_à_cocher_archétype.

Si aucune case n'est cochée

Alors calcul_1 = 9,42

Sinon

si case_à_cocher_surface est Vraie
alors la valeur de surface = 9,42
sinon la valeur de surface = 0,0
Fin de si

si case_à_cocher_centralité est Vraie
alors la valeur de centralité = 1,71
sinon la valeur de centralité = 0,0
Fin de si

si case_à_cocher_archétype est Vraie
alors la valeur de archétype = 1,71
sinon la valeur de archétype = 0,0
Fin de si

Calcul_1 = valeur de surface + (valeur de surface+ valeur de centralité+ valeur de archétype)

Fin de si

Fin

Pour les ouvrages linéaires : calcul_2

Début

Affichage d'une boite de dialogue avec 3 cases à cocher
- Case_à_cocher_centralité
- Case_à_cocher_surface
- Case_à_cocher_totalité.

Si aucune case n'est cochée

Alors calcul_2 =7,0

Sinon

si case_à_cocher_centralité est Vraie

alors la valeur de centralité = 7,0
sinon la valeur de centralité = 0,0
Fin de si

si case_à_cocher_surface est Vraie
alors la valeur de surface = 2,62
sinon la valeur de surface = 0,0
Fin de si

si case_à_cocher_totalité est Vraie
alors la valeur de totalité = 0,67
sinon la valeur de totalité = 0,0
Fin de si

Calcul_2 = valeur de centralité + (valeur de centralité+ valeur de surface+ valeur de totalité)

Fin de si

Fin

Pour les ouvrages ponctuels : calcul_3

Début

Affichage d'une boite de dialogue avec 3 cases à cocher
- Case_à_cocher_surface
- Case_à_cocher_archétype
- Case_à_cocher_contraste

Si aucune case n'est cochée

Alors calcul_3 =3,81

Sinon

si case_à_cocher_surface est Vraie
alors la valeur de surface = 3,81
sinon la valeur de surface = 0,0
Fin de si

si case_à_cocher_archétype est Vraie
alors la valeur de archétype = 1,29
sinon la valeur de archétype = 0,0
Fin de si

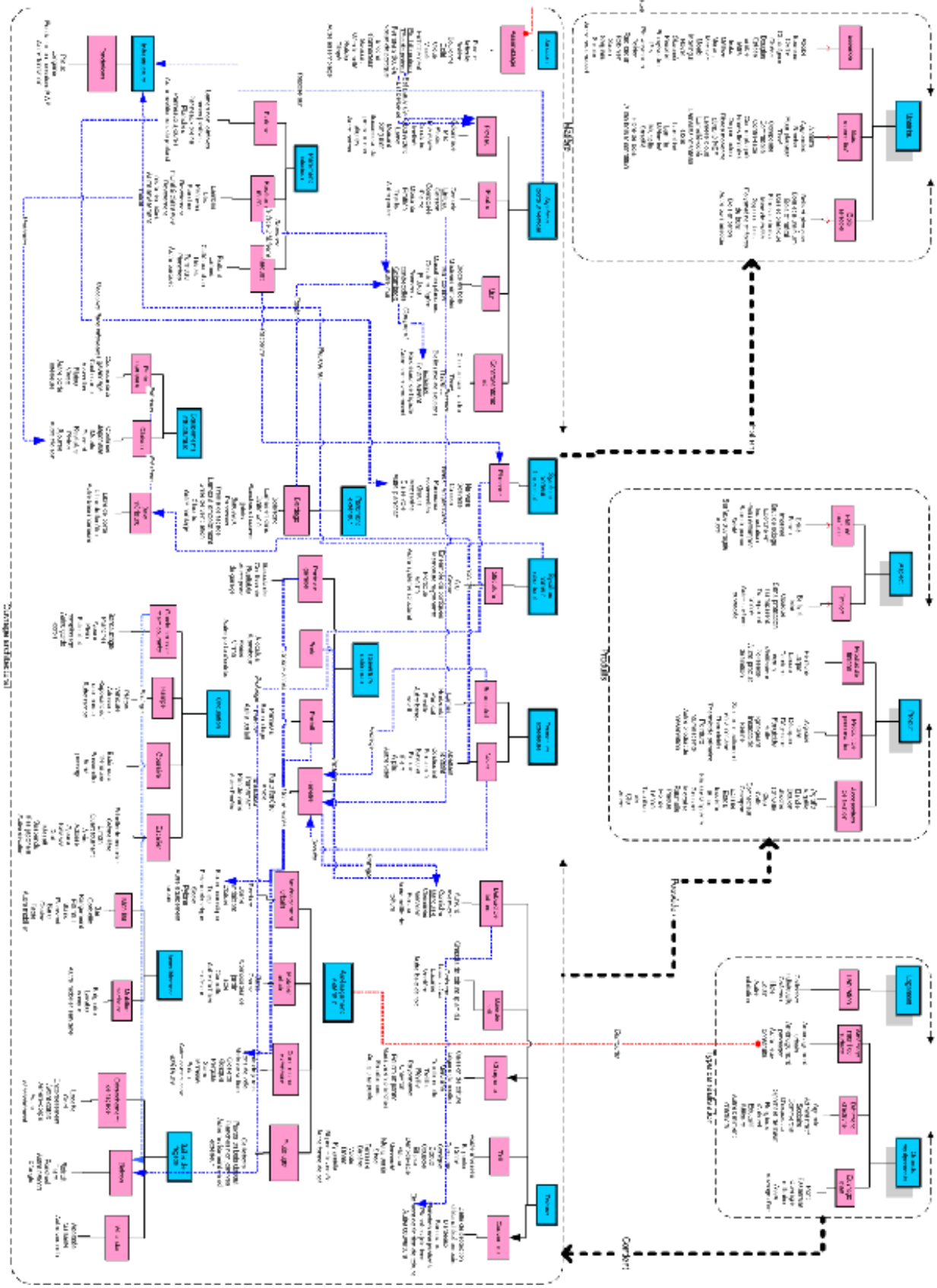
si case_à_cocher_contraste est Vraie
alors la valeur de contraste = 0,96
sinon la valeur de ciontraste = 0,0
Fin de si

Calcul_3 = valeur de surface + (valeur de surface+ valeur de archétype+ valeur de contraste)

Fin de si

Fin

Le thésaurus



PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DANS LE CADRE DE MA THESE :

CONFÉRENCES INTERNATIONALES :

1. S.Kacher J-C Bignon and G.Halin, Research by image applied to the image based reasonning, The Ninth international Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2002), April 3-5 2002, Taipei, Taiwan, p103-p108.
2. S Kacher, J-C Bignon, G Halin and G Duffing, The content-based image retrieval as an assistance tool to the architectural design, Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning (DDSS 2002), Ellecom, The Netherlands, July 7-10, 2002.
3. S Kacher, J-C Bignon, G Halin and G Duffing, The content-based image retrieval as an assistance tool to the architectural design domain, The 6thWorld Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2002), Orlando, USA, in July 14-18, 2002, p54-p59.
4. Gilles Halin, Jean-Claude Bignon, Celso Scaletsky, Walaiporn Nakapan and Sabrina Kacher, Three approaches of the use of image to assist architectural design, CAADRIA 2003 [The Association for Computer Aided Architectural Design Research In Asia], May 3rd-5th, 2003,Bangkok, Thailande.
5. S.Kacher J-C bignon and G.Halin, Image indexing vocabulary in architecture ; Taxonomic hierarchy and categorisation, EIA9: E-Activities and Intelligent Support in Design and the Built Environment, 9th EuropIA International Conference, 8-10 October 2003, Istanbul, Turkey
6. Sabrina Kacher, Jean-Claude Bignon, Gilles Halin, A method to index images in the wooden architecture domain, Terms hierarchy and weight given to terms, DDSS 2004, 7th International Conference on Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning 2 - 5 July, 2004, Netherlands
7. Sabrina Kacher, Jean-Claude Bignon, Gilles Halin and Pascal Humbert, A semantic indexation method to assist with the architectural design process by images, Sigradi

2004, VIII Iberoamerican Congress of Digital Graphic, november 2004, Porto Alegre, Brasil.
8. Sabrina Kacher, Jean-Claude Bignon, Gilles Halin, Pascal Humbert, A method to index and retrieve images to improve reasonning during the design process, CGIV05, International Conference Computer Graphics, Imaging and Vision, 26-29 juillet 2005, Pékin, Chine

REVUES :

- Sabrina Kacher, Jean-Claude Bignon, Gilles Halin and Pascal Humbert, A method for constructing a reference image database to assist with design process. Application to the wooden architecture domain, International Journal of Architectural Computing - IJAC, Volume 3, Issue 2, June 2005.

RAPPORTS INTERNES :

- Réunion de l'UMR CNRS n°694 Modélisation pour l'architecture et le paysage, Apport d'images indexées par le contenu à la reconnaissance d'images similaires, Sousse Tunisie, Avril 2002.
- Réunion de l'UMR CNRS n°694 Modélisation pour l'architecture et le paysage, Méthode d'indexation appliquée à la recherche d'ouvrages architecturaux par l'image, Colloque - Actes du séminaire MAP. Arc et Senans, France, novembre 2003.

RESUME en français :
Diverses études ont montré que l'activité de conception en architecture en général s'apparente à ce que nous nommons un cheminement sémantique. En situation de projet, le passage d'un objet de conception à un autre objet, d'une représentation à une autre ou d'un état de définition à un autre se fait par conservation, enrichissement ou épuisement de sens.
Pour assister ce processus de conception, nous avons travaillé sur la mise en oeuvre d'une base de données d'images qui joue le rôle d'un dispositif sémantique référentiel à partir duquel les concepteurs peuvent inférer et construire de nouveaux systèmes sémantiques orientés vers leur projet. Nous savons également que concevoir une solution architecturale impose d'introduire des références externes au problème de conception. Pour cela, nous proposons des images illustrant des réalisations architecturales existantes qui constitueront des références architecturales et visuelles pour le concepteur. L'objectif de notre travail est de proposer une méthode pour construire cette base d'images à partir de laquelle le concepteur pourra inférer et construire de nouveaux systèmes de formulation/résolution de problèmes orientés vers son projet. Cette méthode repose sur trois points fondamentaux qui sont : (i) la construction d'un langage adapté à la fois à description du domaine et des images, (ii) la pondération des termes utilisés pour l'indexation des images et enfin (iii) la proposition d'une interface de recherche adaptée aux besoins du concepteur.

TITRE en anglais :
The proposition of a method to reference images to assist with design process: application to the built works research.

RÉSUMÉ en anglais
Several researches have shown that architectural design is usually associated to the semantic progress of through. In a project situation, crossing from an object to another, from a graphic description to another or from a definition state to another one happen by conserving, enriching or exhausting meaning.
To assist the design process, we worked on the construction of a reference image database where designers can infer and construct new semantic systems oriented toward their project. We also know that designing an architectural solution requires the introduction of other external references than those included into the design problem. For this we suggest images illustrating real architectural realisations that will constitute both architectural and visual references for the designer. The objective of our research work tackles the identification of which principles to follow to better construct this reference image database. In this thesis we will also present a concrete application of the proposed method to a particular domain : the wood construction domain. This method is based on three main points : (i) the construction of a language adapted to describe both the wooden domain and images, (ii) the use of a weight value associated to every term used to index images and finally, (iii) we propose a specific research mode using images adapted to precision state of the user's need.

DISCIPLINE : Sciences pour l'Architecture

MOTS-CLES
Conception architecturale; indexation d'images, thésaurus.
Images références; raisonnement; méthode d'indexation.

INTITULE ET ADRESSE DU LABORATOIRE :
CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie) – UMR MAP 694
Ecole d'Architecture de Nancy - 2, rue Bastien Lepage B.P. 40435
54001 Nancy Cedex