HAL
open science

MODÉLISATION, SIMULATION ET ASSISTANCE À LACONCEPTION-CONSTRUCTION EN ARCHITECTURE.

Jean-Claude Bignon

▶ To cite this version:

Jean-Claude Bignon. MODÉLISATION, SIMULATION ET ASSISTANCE À LACONCEPTION-CONSTRUCTION EN ARCHITECTURE.. Autre [cs.OH]. Université Henri Poincaré - Nancy I, 2002. tel-00145570

HAL Id: tel-00145570

https://theses.hal.science/tel-00145570v1

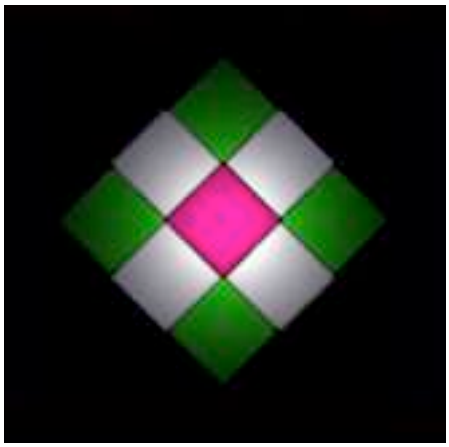
Submitted on 11 May 2007

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.

Université Henri Poincaré, Nancy 1
École d'Architecture de Nancy
Laboratoire : CRAI-MAP (UMR CNRS-Culture N°694)
Département de Formation Doctorale : Informatique
École doctorale : IAEM Lorraine

HABILITATION À DIRIGER LES RECHERCHES



MODÉLISATION, SIMULATION ET ASSISTANCE À LA CONCEPTION-CONSTRUCTION EN ARCHITECTURE.

Présentée et soutenue publiquement le 19 Septembre 2002
14 h ; Salle des diplômes ; Ecole d'architecture de Nancy

Par

Jean-Claude BIGNON

COMPOSITION DU JURY :

Parrain scientifique :
Jean-Marie Pierrel, Professeur, UHP, Directeur ATILF (UMR 7118)
Rapporteurs :
André Colson, Professeur, Chef de la mission génie civil à la DRAST (MELT)
Jean-Pierre Péneau, Professeur, Ecole d'Architecture de Nantes, CERMA (UMR 1563)
Pascal Triboulot, Professeur, Directeur de l'ENSTIB
Examinateurs :
Fréderlc Pousin, Directeur de recherche, CNRS , LADYSS (UMR 7533)
Claude Godart, Professeur, ESTIN, Responsable ECCO-LORIA (UMR 7503)
Invité :
Jean-Claude Paul, Directeur de recherche, CNRS, Responsable ISA-LORIA (UMR 7503)

à Mary, Flora, Agathe, Léo.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer mes remerciements à :

Monsieur Jean-Marie Pierrel, Professeur à l'UHP, Directeur de l'ATILF (UMR 7118) qui m'a encouragé à soutenir cette habilitation et me fait l'honneur d'être le parrain scientifique de ce travail

Monsieur Jean-Pierre Péneau, Professeur à l'Ecole d'Architecture de Nantes, fondateur et directeur du CERMA (UMR 1563), pionnier de la recherche architecturale en France, qui a accepté d'être rapporteur de ce travail.

Monsieur Pascal Triboulot, Professeur et Directeur de l'ENSTIB, qui a ouvert les portes d'une école d'ingénieur au monde de l'architecture et a accepté d'être rapporteur de ce travail.

Monsieur André Colson, Professeur, Directeur de l'ENSAIS qui s'est beaucoup impliqué pour faire avancer la cause de l'enseignement et de la recherche en architecture et a accepté de faire partie du jury.

Monsieur Claude Godart, Professeur à l'ESTIN, responsable de l'équipe ECCO au LORIA (UMR 7503), pour m'avoir accordé, dès nos premières rencontres, sa confiance et a accepté de faire partie du jury.

Monsieur Frédéric Pousin, Directeur de recherche CNRS au LADYSS (UMR 7533) qui m'a fait l'amitié d'accepter de faire partie du jury.

Monsieur Jean-Claude Paul, Directeur de recherche au LORIA (UMR 7503), responsable de l'équipe ISA, qui fut fondateur du CRAI, a contribué à structurer un des pans de la recherche à l'Ecole d'Architecture de Nancy et a accepté d'être membre invité du jury.

Je remercie également :

Tous mes collègues et amis du CRAI et en particulier Jean Pierre Perrin, Directeur du CRAI, Gilles Halin, Pascal Humbert, Daniel Léonard, Vincent Marchal, Cecile Matz avec lesquels une coopération constante a été menée et sans lesquels ce travail n'aurait pu aboutir.

Mais aussi mes collègues et amis enseignants à l'Ecole d'Architecture de Nancy et en particulier Françoise Schatz, Professeur, chercheur au LAREA dont les conseils de relecture, les remarques et les discussions furent toujours d'une grande fécondité.

Un merci particulier à Jean Pierre Epron, Professeur, fondateur de l'Ecole d'Architecture de Nancy et du CEMPA qui a fait confiance au jeune étudiant que j'étais pour l'assister dans ses travaux de recherches et dans son enseignement.

Merci aussi à :

Tous les étudiants, architectes, stagiaires et doctorants que j'ai eu le plaisir d'encadrer et qui m'ont beaucoup apporté.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS 2

1. INTRODUCTION 8

1.1. LA RECHERCHE EN ARCHITECTURE, QUELS SYSTÈMES DE CONNAISSANCES ?.. 9
1.2. LA RECHERCHE ARCHITECTURALE, UNE COUPURE ÉPISTÉMOLOGIQUE 10
1.3. RECHERCHE, LABORATOIRES ET ENSEIGNEMENT 12
1.4. RECHERCHE ET CONSTRUCTION 13
1.5. DEUX POINTS DE VUES SUR LA CONSTRUCTION 15
1.5.1. LA MODÉLISATION ET LA SIMULATION DES PROCESSUS DE 15
CONCEPTION CONSTRUCTION 15
1.5.2. LA STRUCTURATION ET LA RECHERCHE D'INFORMATIONS POUR ASSISTER LES PROCESSUS DE CONCEPTION CONSTRUCTION 15
1.5.3. MODELE DE CONNAISSANCE ET MODELE D'ACTION 16

2. MODÉLISATION ET SIMULATION DES PROCESSUS DE CONCEPTION CONSTRUCTION 18

2.1. ARTEC 19
UN MODÈLE SÉMANTIQUE DES DONNÉES DE CONCEPTION CONSTRUCTION : LE DOMAINE DE LA CONCEPTION D'OUVRAGES EN MACONNERIE ET EN BÉTON ARMÉ 19
2.1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS 19
2.1.2. MODÈLES CONCEPTUELS DE DONNÉES BÂTIMENTS; TRAVAUX ANTÉRIEURS .. 21
2.1.3. LES MODÈLES DU PROCESSUS 23
2.1.4. CONCEPTS GÉNÉRAUX DU MODÈLE 27
2.1.5. MODÈLE DE REPRÉSENTATION 35
2.1.6. EXPÉRIMENTATION 37
2.1.7. CONCLUSION 38

2.2. ARTICLE 39
UN ENSEMBLE D'OPÉRATIONS PRIMITIVES DE CONCEPTION CONSTRUCTION : LE DOMAINE DE LA CONCEPTION D'OUVRAGES EN BOIS 39
2.2.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS 39
2.2.2. MODÈLE DES OPÉRATIONS DE CONCEPTION CONSTRUCTION ; 40
TRAVAUX ANTÉRIEURS 40
2.2.3. UN MODÈLE DES OPÉRATIONS 42
2.2.4. EXPÉRIMENTATION 45
2.2.5. CONCLUSION 49

2.3. SURF 51
MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION GUIDÉE PAR LA CONSTRUCTION : LE DOMAINE DU CALEPINAGE 51
2.3.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS 51
2.3.2. LE CALEPINAGE ; TRAVAUX ANTÉRIEURS 53
2.3.3. LE CALEPINAGE, CONCEPTS ET ENTITES 53
2.3.4. ALGORITMMES DE CALEPINAGE DE SURFACES PLANES 56
2.3.5. OUTIL ET EXPERIMENTATION 59

2.3.6. CONCLUSION *61*

2.4. COCAO 62
MODÈLE D'ÉCHANGE POUR LA CONCEPTION COOPÉRATIVE : APPLICATION À LA RÉALISATION D'OUTIL D'AIDE À LA COOPÉRATION 62
2.4.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS *62*
2.4.2. MODÈLES ET OUTILS DE COOPÉRATION ; TRAVAUX ANTÉRIEURS *64*
2.4.3. EXPÉRIMENTATION ET OUTIL *68*
2.4.4. MODÈLE *71*
2.4.5. CONCLUSION *74*

3. STRUCTURATION ET RECHERCHE D'INFORMATIONS POUR ASSISTER LES PROCESSUS DE CONCEPTION CONSTRUCTION 76

3.1. DOMIITEC 77
UN MODELE DE STRUCTURATION HYPERMÉDIA DE DOCUMENTATION : LE DOMAINE DE LA DOCUMENTATION DES PRODUITS DU BÂTIMENT 77
3.1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS *77*
3.1.2. STRUCTURATION DE LA DOCUMENTATION « PRODUITS » ; TRAVAUX ANTERIEURS *78*
3.1.3. STRUCTURATION DE LA DOCUMENTATION *81*
3.1.4. MODÉLISATION DES DONNÉES *82*
3.1.5. UNE APPLICATION : DOMITEC *83*
3.1.6. CONCLUSION *87*

3.2. BATIMAGE 89
RECHERCHE INTERACTIVE ET PROGRESSIVE D'IMAGES. LE DOMAINE DES PRODUITS DU BÂTIMENT 89
3.2.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS *89*
3.2.2. RECHERCHE PAR L'IMAGE ET PERTINENCE DES IMAGES ; TRAVAUX ANTÉRIEURS *90*
3.2.3. ANALYSE DE LA PERTINENCE D'IMAGE *95*
3.2.4. LA RECHERCHE INTERACTIVE ET PROGRESSIVE D'IMAGES *98*
3.2.5. EXPÉRIMENTATION ET OUTILS *100*
3.2.6. CONCLUSION *101*

3.3. WIMEXBOT 103
EXTRACTION ET INDEXATION SEMI AUTOMATIQUE D'IMAGES 103
3.3.2.INDEXATION DES IMAGES ; TRAVAUX ANTÉRIEURS *104*
3.3.3. OUTIL ET EXPÉRIMENTATION *106*
3.3.4.CONCLUSION *109*

3.4. TROUVER 111
ASSISTANCE À LA RECHERCHE DE PRODUITS SIMILAIRES DANS UNE BASE DE DONNEES STRUCTURÉES 111
3.4.1.CONTEXTE ET OBJECTIFS *111*
3.4.2.INDEXATION PAR TRAITEMENT STATISTIQUE DES INFORMATIONS TEXTUELLES. TRAVAUX ANTERIEURS *112*
3.4.3.METHODE DE RECHERCHE STATISTIQUE *113*
3.4.4.EXPERIMENTATION ET OUTIL *115*
3.4.5.CONCLUSION *118*

4. CONCLUSION 120

4.1.DEUX ACQUIS PRINCIPAUX 121
4.1.1. UN DOMAINE D'ACTIVITÉS OPPORTUNISTES 121
4.1.2. UNE PRATIQUE DE RECHERCHE EN DOUBLE APPROCHE 122
4.2. PLUSIEURS PERSPECTIVES 123
4.2.1. L'ASSISTANCE AUX PRATIQUES DE CONCEPTION COOPÉRATIVES 123
4.2.2. L'ASSISTANCE À LA CONCEPTION PAR L'IMAGE. 125

5. ENSEIGNEMENT 126

5.1. FORMATION INITIALE (PREMIER ET DEUXIÈME CYCLE) 127
5.2. FORMATION DE TROISIEME CYCLE EN ARCHITECTURE 128
DESS "Matériau bois et mise en œuvre dans la construction" 131
D.E.A. « Modélisation et simulation des espaces bâtis » 131
Doctorat « Sciences de l'architecture » 133
5.3. AUTRES ACTIONS AU SEIN DES ÉCOLES D'ARCHITECTURE 134
Université Virtuelle Francophone 134
Centre de ressources et d'informations techniques (CRIT) 134

6. RESPONSABILITES INSTITUTIONNELLES 136

6.1. ACTIVITÉS INSTITUTIONNELLES NATIONALES 137
6.2. ACTIVITÉS INSTITUTIONNELLES LOCALES 138
6.3. COLLABORATIONS DIVERSES 139

7. RECHERCHES ET PUBLICATIONS 140

7.1. RECHERCHES (SUR CONTRATS) 141
7.2. PUBLICATIONS DANS DES COLLOQUES INTERNATIONAUX (AVEC COMITE DE LECTURE) 143
7.3. PUBLICATIONS DANS DES COLLOQUES NATIONAUX (AVEC COMITÉ DE LECTURE) 146
7.4. PUBLICATIONS À DES SÉMINAIRES 147
7.5. PUBLICATIONS D'ARTICLES DANS DES OUVRAGES OU DES REVUES 148
7.6. ORGANISATION DE COLLOQUES 149
7.7. PRODUITS DE LA RECHERCHE 150
7.8. DISTINCTIONS 151

8. BIBLIOGRAPHIE 153

9. ANNEXES 175

9.1. CURRICULUM VITAE 176
9.2. FICHE RÉSUMÉ 178

1. INTRODUCTION

Ce mémoire présente un bilan des travaux de recherches que j'ai dirigé au CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie) depuis environ dix ans. Avant de développer les deux grandes problématiques qui ont structuré ces années, je voudrais remettre rapidement en perspective mon travail global de recherche dans le vaste mais encore très récent domaine de la recherche en architecture.

1.1. LA RECHERCHE EN ARCHITECTURE, QUELS SYSTÈMES DE CONNAISSANCES ?

Jusqu'au milieu des années 1960, l'architecture est avant tout un art, c'est-à-dire une pratique reposant largement sur l'expérience, fondée sur des grands traités et infléchie par quelques maîtres.

Au niveau le plus empirique, le terme de recherche ne désigne rien d'autre que la pratique quotidienne du concepteur en situation de création pour inventer un dispositif spatial en réponse à des exigences explicites ou implicites.

Comme le musicien, le peintre ou le sculpteur, l'architecte est une sorte de « chercheur de formes », un inventeur de langages, un constructeur de sens.

Dans cet univers de la recherche-action, le concepteur utilise et produit des connaissances qui relèvent plus d'un savoir-faire que d'un véritable savoir. À cette recherche, tout ancrée dans la projetation, nous donnons le nom de recherche architectonique.

Dans ce dispositif, le terme d'architecture désigne donc à la fois un domaine de production (essentiellement les édifices et les espaces urbains) et un savoir-faire largement issu et opératoire dans la pratique du projet. Mais pour être efficace, cette économie de la production architecturale a besoin d'un discours régulateur et légitimateur destiné à permettre des choix tout au long du processus de

conception, évaluer les solutions partielles ou globales proposées et juger la qualité des œuvres produites. C'est le rôle des traités, parfois nommés théories.

Les traités d'architecture de Vitruve à Le Corbusier bien que théoriques par le recul qu'ils prenaient par rapport aux pratiques de leurs époques respectives ne peuvent pas cependant être considérés comme des théories au sens scientifique du terme. Ce deuxième type de connaissances, auxquelles nous donnons le nom de doctrine est un système de préceptes et d'axiomes transmissibles, orientés par l'action vers l'action. Par différence avec les connaissances souvent singulières et peu externalisables des savoir-faire du projet, la doctrine organise des valeurs, des règles dans un dispositif global, cohérent et généralisable qui lui confère son efficacité pratique. Comme le dit André Dalmas dans sa préface aux Dix livres d'architecture [Vitruve, 79], le traité de Vitruve est une « nomenclature des règles de l'art », l'art devant y être entendu en tant « qu'activité d'un homme qui agit en disposant les choses par observation des règles ».

Gardons-nous de voir dans ces systèmes de connaissances des dispositifs de représentation du réel architectural qui soient faux, voire mystifiants. Les traités ont été et restent des instruments indispensables à l'action et aux pratiques de projet architectural. Mais les traités ne sauraient se substituer ou faire office de théorie architecturale. Dire ce que l'on doit faire n'est pas savoir ce que l'on fait.

Si nous distinguons clairement ces différents domaines du discours en architecture, c'est bien pour pointer un écart entre plusieurs types de productions abstraites aujourd'hui encore trop souvent confondues et dont on verra qu'elles ressortent à des statuts épistémologiques différents.

1.2. LA RECHERCHE ARCHITECTURALE, UNE COUPURE ÉPISTÉMOLOGIQUE

Les années 60, promptes à questionner la légitimité de nombres de valeurs sur lesquelles fonctionnait la société, ont largement contribué à ouvrir une brèche dans le socle des savoirs liés à l'architecture. Les publications d'Herbert A. Simon sur la résolution de problèmes [Simon, 69], de Christopher Alexander sur la synthèse de la forme [Alexander, 71] ou celle de Philippe Boudon sur l'espace architectural [Boudon, 71] sont particulièrement représentatives de ces nouvelles approches de la conception.

À la différence des discours architectoniques et des traités doctrinaux, il ne s'agit plus d'énoncer de nouveaux axiomes, de nouvelles règles de composition, de nouvelles économies du projet, bref de nouveaux discours agissant dans les pratiques architecturales.

Si l'on accepte de reprendre l'expression de Gaston Bachelard [Bachelard, 00] dans « Le nouvel esprit scientifique », il existe alors une véritable coupure

épistémologique dans le champ des savoirs architecturaux. L'objet du discours architectural se trouve totalement déplacé.

Ce n'est plus l'architecture en tant que production signifiante qui est questionnée ce sont les processus et en particulier les processus de conception qui conduisent à cette production qu'on interroge.

Ce déplacement des questions de l'architecture aux questions de la conception architecturale va de pair avec un changement dans la structuration du discours et les acceptations que l'on peut en avoir.

La pertinence des discours doctrinaux repose sur des préceptes éthiques, des hypothèses qui ne sont en fait, selon l'expression d'Henri Poincaré, que des « conventions déguisées » [Poincaré, 68]. Leur acceptation dépend largement de systèmes de consensus, eux-mêmes portés par des d'appareils institutionnels (les académies, les ateliers, les écoles, les revues...) comme l'a démontré Jean Pierre Epron [Epron, 80, 81, 84]. La validité d'une doctrine ne peut être contestée que par une autre doctrine fondée à son tour sur la force de nouveaux consensus (ou rapports de force) et le changement de postures des appareils existants.

Au contraire, les nouveaux discours théoriques énoncent des principes et formulent des conjectures qui peuvent faire l'objet de démonstration pour les dispositifs les plus simples ou de réfutation pour les systèmes les plus étendus [Popper, 85].

La théorie n'a plus pour mission de dire ce que l'architecte doit faire et comment il doit le faire, mais d'aider à comprendre ce que l'architecte fait et ce qui peut en résulter. Le concept de modèle, au cœur de toutes théories, change complètement de nature. Les discours architectoniques et les traités d'architecture produisaient des « figures idéales » destinés à être imités, les nouvelles théories produisent des « moments techniques » [Badiou,70] destinés à comprendre et à simuler.

C'est cette rupture qui fonde le développement d'une véritable recherche architecturale.

Cette recherche va largement emprunter ses méthodes et ses concepts aux domaines des sciences humaines. La sociologie, l'anthropologie, l'histoire, la linguistique, la psychologie sont des référents majeurs et constituent les premières bases des sciences pour l'architecture. Dans ce grand vide disciplinaire enfin révélé, certaines de ces sciences, comme l'histoire, iront même jusqu'à se penser comme « la » théorie de l'architecture, feignant de croire que la seule connaissance des contextes suffirait à épuiser la question du pourquoi des faits.

Parallèlement, les emprunts aux sciences exactes comme les mathématiques ou la physique se feront de plus en plus pressants.

Comme dans beaucoup de domaines, l'essor de l'informatique dans les années 1960-1970 va activer ce processus et inciter à une hybridation des compétences. De même que l'idée d'une « intelligence artificielle » avait induit une convergence de domaines jusqu'alors disparates comme le raisonnement axiomatique ou la psychologie de l'intelligence, l'apparition de nouveaux outils et le besoin de mieux comprendre et simuler les processus en action vont faire se croiser des savoirs et dynamiser le secteur de la recherche architecturale.

De simples territoires fertilisants et réservoirs à concepts, les nombreux domaines des sciences vont servir à construire les nouveaux paradigmes des sciences de l'architecture.

Loin d'être homogènes, ces paradigmes vont conserver la diversité des sciences dont ils sont originaires mais aussi l'hétérogénéité structurelle de l'objet « architecture » auxquels ils se rapportent.

Il est donc toujours très difficile de répondre aujourd'hui à la question « qu'est ce que la recherche en architecture ? ». Des recherches abstraites orientées vers la compréhension des mécanismes à l'œuvre dans la création architecturale (de la conception à la construction), aux travaux plus sociologiques sur les vécus de l'architecture, le nombre de préoccupations est fort grand. Philippe Deshayes [Deshayes, 94], en prenant appui sur les travaux de Gilles-Gaston Granger [Granger, 68], a proposé un modèle de la conception architecturale comme construction d'actes virtuels en quatre pôles. Philippe Boudon [Boudon, 96] a repris cette géographie qui tente de sortir du « lit de Procuste » des disciplines universitaires. En proposant un schéma qui permet d'inscrire la recherche en architecture dans quatre directions : la conception, la représentation, la production et la réception, les auteurs pointent à la fois l'extrême variété des questions posées mais aussi la diversité des méthodes qui les sous-tendent.

1.3. RECHERCHE, LABORATOIRES ET ENSEIGNEMENT

Ces changements majeurs dans le domaine de la recherche architecturale et leurs développements, ont été concomitants de l'apparition de lieux spécifiques où les nouveaux discours s'énoncent. L'atelier ou le studio était le lieu de la fabrication conjointe des objets architecturaux et des discours doctrinaux. La formalisation de théories met en œuvre un déplacement nécessaire par rapport aux pratiques et tend à s'autonomiser dans des lieux spécifiques et en particulier les Écoles d'architecture.

La création de véritables laboratoires de recherches apparaît alors comme un enjeu clef pour les protagonistes de la recherche architecturale. En France, la fondation à la fin des années 60, du GAMSAU à Marseille par Paul Quintrand, du LAREA à Paris par Philippe Boudon, du CERMA à Nantes par Jean-Pierre Péneau ou du CEMPA à Nancy par Jean-Pierre Epron marque la volonté de leurs fondateurs d'établir sur un plan institutionnel la rupture revendiquée sur un plan conceptuel.

À la rupture épistémologique dans l'ordre de la pensée et du discours correspond une rupture organisationnelle dans l'ordre des institutions. Puisque la théorie n'est plus une légitimation des pratiques de projets, alors elle peut se faire et se dire dans des lieux autres que ceux de la fabrication du projet d'architecture.

Mais en s'attachant aux Écoles d'architecture, la recherche architecturale ne se contente pas d'entretenir un rapport nouveau aux pratiques du métier d'architecte, elle interroge également le rôle de l'enseignement et l'activité d'enseigner. Les Écoles furent pendant longtemps des ateliers ayant pour vocation de former des élèves reproducteurs du savoir de leur maître. Avec le développement de la recherche, les écoles disposent de nouveaux savoirs pour construire des pédagogies qui permettent aux étudiants d'avoir une pratique réflexive et de se forger une pensée critique pour définir leur propre chemin.

L'objet de ce mémoire n'est pas de développer plus avant cet aspect, mais on ne dira jamais assez à quel point le développement de laboratoires de recherche a été un dispositif majeur pour faire passer les Écoles d'architecture du statut d'écoles professionnelles au statut de véritables établissements d'enseignement supérieur.

1.4. RECHERCHE ET CONSTRUCTION

C'est dans ce contexte général de profonds changements dans les savoirs architecturaux et dans cette situation particulière de laboratoires universitaires initiant de toutes pièces un nouveau type de recherche en architecture que mon activité de recherche a démarré.

Pendant plus de vingt ans, d'abord sous la direction de Jean-Pierre Epron puis en partenariat avec quelques collègues (Joseph Abram, Jean-Claude Paul...), j'ai appris le métier de chercheur et d'enseignant.

Mes travaux ont depuis le début été profondément marqués par des réflexions sur la dimension constructive de l'architecture, pôle de la production selon Philippe Deshayes [Deshayes, 94], que l'on nomme communément construction.

Le terme de construction doit d'emblée être explicité tant ses acceptions sont nombreuses. La construction est un champ disciplinaire qui présente le double aspect d'une pratique et d'une théorie. Elle règle l'activité de construire, elle participe à celle de concevoir.

Elle emprunte par ailleurs son contenu à des domaines très divers, ce qui en fait une discipline hétérogène malgré l'unicité affichée par les discours et les traités qui tentent de la codifier.

Elle fait appel à des connaissances issues des sciences physiques voire de la chimie comme celles qui sont relatives aux matériaux et à la stabilité des structures. Elle s'appuie sur les sciences sociales et économiques pour régler le comportement des différents agents ou les processus d'échange. L'éthique n'en est pas exclue puisqu'elle permet parfois d'identifier les bonnes pratiques. Les connaissances des savoir-faire empruntés aux multiples techniques du bâtiment y sont nombreuses. Depuis une quinzaine d'années, la généralisation de l'informatique a introduit une composante supplémentaire avec le développement de méthodes et d'outils d'aide à la construction venant enrichir encore plus ce domaine si diversifié.

Ajoutons que, depuis Vitruve jusqu'au XVIIIe siècle, tous les traités associent fortement architecture et construction. Qu'elle soit considérée comme le fondement de l'architecture ou comme le moyen de la réaliser, la construction est toujours distinguée soit comme activité, soit comme savoir. Mais cette distinction n'est faite que pour mieux fonder la dépendance des deux domaines et les unir dans une même visée : l'art de bâtir.

En fait, et par différence avec d'autres disciplines, la spécificité de la construction ne peut se définir par son contenu, mais par la finalité globale poursuivie : construire un édifice [Epron et al, 74].

C'est avec cette problématique constamment hybride que j'ai d'abord mené, puis encadré et dirigé des recherches. Mon travail est donc largement marqué par un constant souci d'asseoir les connaissances produites dans des dispositifs théoriques rigoureux et en même temps d'en valider la pertinence dans des expérimentations et dans le développement d'outils d'assistance au travail de conception bénéficiant d'un fort niveau d'opérationnalité.

Convenons que la chose n'est pas toujours simple. Passer d'une connaissance approfondie d'un matériau à la production d'un modèle de coopération entre acteurs peut encore sembler étrange dans certains milieux académiques plus enclins au traitement focalisé de l'information qu'au croisement des savoirs.

Je formulerai d'emblée trois remarques :

-Tout un courant de la pensée contemporaine s'est constitué sur un refus de la parcellisation des savoirs et la volonté de construire une pensée multidimensionnelle pour reprendre l'expression d'Edgar Morin [Morin, 90].

-Dans les milieux universitaires, l'idée qu'une recherche ne soit pas guidée par l'épuisement d'un seul et même paradigme est aujourd'hui non seulement admise, mais parfois même encouragée [SHS, 01].

-Un mémoire d'habilitation à diriger les recherches doit rendre compte d'une aptitude à conduire et encadrer des travaux de recherche dans un domaine large. La diversification des objets et des méthodes de recherche, outre qu'elle correspond à une situation réelle, apparaît donc comme souhaitable dans l'esprit du législateur.

Ce qui pouvait donc sembler un « grand écart neuronal » ou une dispersion méthodologique improductive s'avère finalement être un formidable stimulant. Les risques et les dangers ne sont pas exclus, mais, à l'expérience, ils m'apparaissent bien moindres que les potentialités offertes.

1.5. DEUX POINTS DE VUES SUR LA CONSTRUCTION

En 1989, lorsque Jean-Claude Paul m'a demandé de me joindre au laboratoire CRAI qu'il venait de créer avec Jean-Pierre Perrin, c'est tout naturellement pour conduire plusieurs travaux de recherche dans le domaine de la construction puis pour mettre en place et diriger l'Équipe « modélisation et simulation des processus de construction ». C'est ce travail des dix dernières années que je vais introduire maintenant.

Les travaux que j'ai dirigés relèvent de deux grandes problématiques.

1.5.1. LA MODÉLISATION ET LA SIMULATION DES PROCESSUS DE CONCEPTION CONSTRUCTION

La construction tant au stade de la conception - ce que nous nommons la conception construction - qu'au stade de la réalisation est caractérisée par une pluralité d'acteurs qui échangent de l'information fortement finalisée par le projet à réaliser. Chaque acteur se trouve au cœur d'un réseau dans lequel sa compétence et ses activités propres sont constamment mises en relation avec les compétences et actions des autres intervenants tout au long du cycle de conception de l'ouvrage.

Dans cette première problématique, nous aborderons la question du processus de conception construction du point de vue des données sémantiques produites et distribuées, puis du point de vue des opérations de conception technique, et enfin du point de vue des documents échangés. L'hypothèse principale qui sous-tend ce premier thème est la suivante : La conception construction est un processus continu d'échange d'informations qui vise à penser la production d'un objet virtuel. Penser ce processus, et penser son instrumentation, c'est penser les mécanismes de raffinement qui vont de l'idée du bâti à l'art de bâtir.

1.5.2. LA STRUCTURATION ET LA RECHERCHE D'INFORMATIONS POUR ASSISTER LES PROCESSUS DE CONCEPTION CONSTRUCTION

La recherche d'informations est une fonction constante de l'activité de conception. En relation avec nos préoccupations dans le domaine de la conception construction, nous nous sommes plus particulièrement intéressés à la recherche

d'information sur les produits et matériaux du bâtiment Par ailleurs, l'image sous ses différentes formes représente un dispositif figuratif qui joue un rôle important dans le domaine de la conception architecturale en général et de la construction en particulier. On connaît bien le rôle du dessin codé pour l'échange d'informations entre les différents acteurs ou celui du processus figuratif lui-même comme dispositif heuristique.

Dans cette deuxième problématique, nous nous sommes donc particulièrement intéressés à la structuration de l'information, aux apports potentiels de l'image numérique à la recherche d'informations et à l'indexation d'images pour assister cette recherche. Nous formulerons cette fois l'hypothèse que l'image permet un mécanisme efficace d'induction à l'imaginaire, qu'elle peut donc assister le processus de conception en général et les processus de recherche d'informations en particulier.

1.5.3. MODELE DE CONNAISSANCE ET MODELE D'ACTION

Pour clore cette introduction, on notera la double particularité de mes travaux.

La plupart des recherches que j'ai dirigées ont été conduites dans le cadre de contrats menés en réponse à des appels d'offres. Les appels d'offres publics provenant d'institutions comme le Plan Construction et Architecture ou les appels d'offres privés émanant d'industriels ou d'entreprises du bâtiment ont balisé le contexte scientifique (et financier) de nos études. Sur un plan scientifique, l'intérêt de telles procédures est qu'elles orientent la recherche dans des domaines correspondant à des besoins clairement identifiés. Les modèles et concepts énoncés dans le processus de recherche peuvent donc trouver des terrains de réfutation et des territoires de validation afin d'asseoir la pertinence des propositions. De telles situations permettent ainsi d'éviter les écueils de certaines recherches académiques parfois trop coupées des situations concrètes. Elles obligent par ailleurs à une diversification et à un enrichissement des problématiques qui évitent la trop forte tautologie des travaux. La contrepartie est bien évidemment le risque de n'en rester qu'à une dimension instrumentale immédiate de la recherche et à une dispersion des problématiques qui n'autorise pas un véritable travail approfondi. Nous verrons comment, dans nos différents travaux, nous avons développé une méthodologie de recherche qui tente de re situer chaque demande particulière dans une perspective plus générale d'une théorisation des processus de conception construction.

La seconde caractéristique n'est pas sans lien avec la première sans pour autant en être une conséquence directe.

Nous l'avons suggéré précédemment, un aspect important de nos travaux de recherche est d'être fortement applicatif et plus précisément concret. La double nature de la construction en tant que domaine de recherche induit la production de concepts utiles pour les savoirs mais aussi de méthodes et d'outils utiles pour les savoir-faire. Cette instrumentation des pratiques n'est pas de nature

doctrinale. Nos propos ne visent pas la définition d'une éthique pour le projet. Nos travaux, et les modèles qui les fondent, s'ils sont appliqués, le sont au sens des théories scientifiques. Parmi les nombreuses classifications des modèles, l'une particulièrement importante porte sur la distinction entre les modèles de connaissances ou de compréhension d'une part et les modèles de prévision ou de décision d'autre part [Schwartz, 96]. C'est bien de cette deuxième approche que relèvent de manière dominante nos travaux. Dès lors, un modèle n'est pas pour nous seulement un instrument d'intelligibilité, mais également un dispositif d'aide à la décision et à l'action.

2. MODELISATION ET SIMULATION DES PROCESSUS DE CONCEPTION CONSTRUCTION

2.1. ARTEC

UN MODÈLE SÉMANTIQUE DES DONNÉES DE CONCEPTION CONSTRUCTION : LE DOMAINE DE LA CONCEPTION D'OUVRAGES EN MACONNERIE ET EN BÉTON ARMÉ

2.1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le domaine de l'architecture en particulier et du bâtiment en général est caractérisé par une forte segmentation de ses activités. Le processus de conception et de production y est porté par une pluralité d'acteurs. Cet éclatement du processus n'est pas sans poser de problèmes notamment en termes de responsabilités auxquels tente de répondre un environnement législatif et normatif afin d'assigner à chaque intervenant une ou des missions précises.

Cet éclatement entraîne également des ruptures dans le travail de conception et entre le travail de conception et le travail de réalisation. Ces discontinuités dans le processus qui sont pourtant caractéristiques du fonctionnement actuel de l'ingénierie du projet deviennent aujourd'hui particulièrement critiques. Dans un contexte général d'amélioration des performances (qualitatives et économiques), les ruptures de processus apparaissent comme des sources de contre-performances économiques et de moindre qualité des activités. Ainsi, la saisie multiple des informations relatives au projet lors de chaque phase du processus de conception est une cause fréquente d'erreurs et de perte de temps.

L'usage des outils informatiques dans les différents secteurs professionnels a largement servi de révélateur à cette situation. En effet, le développement

informatique a permis d'améliorer les processus de simulation et d'assistance à la conception de chacun des intervenants, mais les outils sont restés prisonniers des logiques d'action propre à chaque métier. L'informatique n'a pas contribué à améliorer la continuité des processus, mais n'a fait qu'exacerber les différences.

Pour répondre à ces problèmes de coopération dans le processus, les premières recherches ont surtout abordé les échanges à un bas niveau. Les travaux en vue d'améliorer les transferts d'informations ont essentiellement été traités en termes de format de donnée. En France, les recherches menées au début des années 90 par les grands acteurs de la filière bâtiment dans le cadre du projet SUC (Système Unitaire de Communication) en sont un bon exemple [SUC, 91, 92]. Il s'agissait essentiellement de codifier la présentation des documents informatiques afin de faciliter la reconnaissance et l'échange des documents.

Ce niveau basique était indispensable à traiter et à régler et il ne l'est toujours qu'imparfaitement. Il ne saurait cependant constituer la seule réponse au problème posé. Il ne suffit pas de coder de manière identique l'information si la manière de définir les objets et les critères employés pour les décrire est différente.

Très vite, d'autres approches portant sur la modélisation du bâtiment en tant qu'objet se sont développées. Il s'agissait cette fois de construire une sémantique dans laquelle sont décrits les propriétés statiques et les processus dynamiques de conception. Une difficulté majeure pour concevoir de tels modèles réside dans la multiplicité des points de vue sur les objets du bâtiment.

Les travaux de normalisation, en particulier ceux de l'ISO et de l'AFNOR ont tenté de proposer la modélisation des structures d'information en s'appuyant sur les pratiques et le vocabulaire des métiers (propriété des bâtiments, phases d'un projet, différents points de vue). L'objectif était de mettre en place un cadre conceptuel pouvant servir de support au développement d'outils informatiques. Toutefois ces modélisations n'ont que peu abordé la dynamique des processus.

Dans le cadre du travail de recherche « Artec » nous nous sommes donc particulièrement intéressés à la discontinuité entre le travail de conception architectural et le travail de conception technique et plus spécifiquement du point de vue de la construction.

Nous avons développé un modèle de la conception constuction qui est capable de prendre en charge les phases d'adaptation et d'interprétation des données afin d'établir une continuité dans le processus global de conception.

L'hypothèse développée dans cette recherche est qu'indépendamment du découpage normatif et professionnel, il est possible d'identifier un processus continu de transformation des données de conception. Ce processus évolue depuis un niveau de définition architectural qui porte des données principalement spatiales et fonctionnelles à un niveau de définition technique qui porte des données relatives à la réalisation (solutions techniques mises en œuvre, choix des matériaux, quantitatifs).

2.1.2. MODÈLES CONCEPTUELS DE DONNÉES BÂTIMENTS ; TRAVAUX ANTÉRIEURS

Les travaux conduits sur la modélisation des données du bâtiment dans les années 80 et au début des années 90 sont en grande partie issus des travaux menés sur la modélisation conceptuelle dans le domaine de l'informatique [Brodie et al, 84]. L'objectif de ces modèles était de répondre au besoin de structurer l'information qui décrit le bâtiment de manière abstraite, pour servir de base ensuite au développement de logiciels.

Dans ces modèles conceptuels, seule l'information (sémantique) est modélisée, et non le format, dans laquelle elle sera stockée (syntaxe).

Pour présenter les principaux travaux de cette époque, nous reprenons une typologie intéressante proposée par Björk [Björk, 95] qui situe les modèles de données du bâtiment par rapport aux modèles élaborés dans d'autres domaines.

Les cinq catégories proposées sont classées de manière hiérarchique, partant des modèles les plus génériques aux modèles les plus spécifiques avec un mécanisme d'héritage dans la structuration de l'information.

Les langages de modélisation de l'information

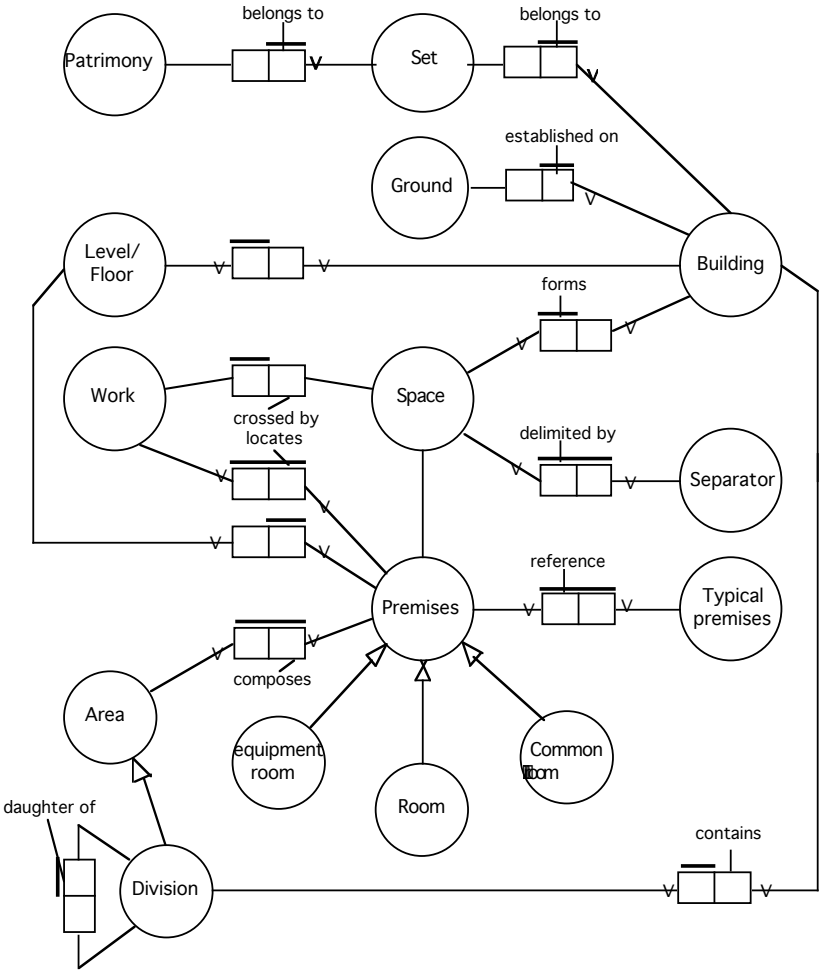
Ils sont utilisés dans tous les modèles. Ils fournissent des méthodes de formalisation qui sont appliquées dans les domaines qui nécessitent l'élaboration d'outils informatiques (industrie, gestion, bâtiment...). Dans le cas du modèle « Artec », nous avons opté pour un modèle objet [Masini et al, 89].

Les modèles génériques de description de produit

Ces modèles constituent la première génération de modèles de données développés au milieu des années 80. Ils proposent une organisation de l'information décrivant un produit manufacturé durant son processus de conception, indépendamment de la nature de l'objet. Les structures d'information présentes dans ces modèles décrivent les propriétés générales d'un produit : forme, localisation, relation avec d'autres produits. Les modèles les plus représentatifs de cette catégorie sont le modèle E.D.M. (Engeniering Data Model) [Eastman et al, 89], le modèle GARM (General AEC Reference Model)[de Waard, 90] et la norme STEP [Arbouy et al, 94]. Si les concepts proposés dans ce type de modèle sont intéressants pour la représentation des données bâtiment, ils se situent néanmoins à un niveau élevé d'abstraction et nécessitent d'être précisés dans chaque domaine.

Les modèles communs de données de produits-bâtiment

Ils contiennent des informations explicites à notre domaine. Ils constituent des noyaux communs, dans lesquels est décrite l'information générale sur le bâtiment, partagée par tous les acteurs. Dans cette catégorie de modèles, on citera en particulier le modèle SIGMA, modèle français de l'AFNOR [SIGMA, 95], le modèle RATAS [Björk, 89] développé par le laboratoire finlandais V.T.T., le modèle des objets-bâtiments proposé par l'instance ISO/T.C 59/S.C 13 de la norme ISO [ISO, 93] et le modèle des I.F.C. (Industry Foundation Classes) [I.A.I, 96].



Synthèse du modèle SIGMA

Ces modèles ont l'avantage d'avoir mis en place les premières structurations de l'information pour le bâtiment, mais ils ont vite abouti à un grand niveau de complexité qui les a rendus difficilement implémentables dans des outils opérationnels.

Les modèles partiels de données de produits du bâtiment

Ces modèles contiennent les structures d'information pour modéliser le bâtiment relativement à un point de vue ou à une phase donnée du processus. Il s'agit toujours d'un traitement partiel du domaine. Le projet européen COMBINE est un exemple de modèle partiel [Almor et al, 95] qui aborde le point de vue du calcul d'énergie dans le bâtiment. CIMSTEEL est un autre projet européen qui traite de la conception des systèmes structurels en acier [Watson, 95].
Ces modèles décrivent des informations qui ne font plus l'objet d'un consensus au niveau des modèles communs

Les modèles d'applications

Ils correspondent aux schémas conceptuels propres à chaque application. Ce sont avant tout des outils utilisés par les éditeurs de logiciels. Par exemple le concept de bloc dans Autocad est un élément d'un modèle spécifique à ce logiciel. Le concept de mur bien que partagé par des outils comme Archicad (Abvent) ou Allplan (Nemetchek) recouvre des entités différentes et propres à chaque éditeur.

2.1.3. LES MODÈLES DU PROCESSUS

Une faiblesse majeure de la plupart des modèles que nous avons évoqués est l'absence de réelle prise en compte de la dynamique des processus. Pour rendre compte du processus de conception construction et de sa segmentation, nous avons donc proposé un modèle fondé sur un phasage en trois parties permettant d'identifier des objets de conception différenciés mais combinés.

En France, le point de vue dominant jusqu'au début des années 90 en matière de phasage, notamment dans le projet SUC [SUC, 91], consiste à penser deux niveaux d'actions et donc d'informations.

Le modèle classique

Cette représentation s'appuie sur la division du travail qui engendre un fractionnement du système de compétences et donc du système informatif qui lui est lié. Elle conduit à identifier au regard des conventions établies entre partenaires une coupure entre le travail de conception et le travail de réalisation, et donc entre deux niveaux de définition technique de l'objet bâti.

Ces deux niveaux explicites sont immédiatement identifiables car portés par des acteurs, des missions et des documents "normalisés". Ils conduisent ainsi à identifier spontanément deux "modèles" de données, les données génériques du schéma architectural et les données spécifiques du schéma technique.

Le schéma architectural

Les informations génériques sont associées au travail des concepteurs. Il s'agit de l'ensemble des informations concernant le "noyau dur" du bâtiment à concevoir et délivrant à chaque métier devant intervenir en aval, les données nécessaires et suffisantes pour une exploitation spécifique. Ce type d'information correspond à la définition du programme et des fonctions. À ce stade, la représentation graphique du plan est de type "schéma architectural" [SUC, 91].

Le schéma technique

"Les informations spécifiques peuvent être associées au travail des corps d'état techniques et secondaires puisque sur la base du traitement des données génériques, il s'agit de l'enrichissement du "noyau dur" par des informations graphiques et alphanumériques spécifiques à chaque métier en général. À ce stade, la représentation graphique du plan est de type "schéma technique". Ce type d'informations correspond au processus de production des ouvrages, plan d'atelier et de chantier etc.... Ces informations intéressent et concernent le réalisateur et l'exploitant de l'ouvrage " [SUC, 91].

Les insuffisances de la bipartition

Il faut reconnaître que le schéma technique au sens donné par les entreprises à ce terme est rarement déductible du schéma architectural. Le relatif niveau d'indéfinition technique du premier conduit à des modifications indispensables, à des adaptations et à des apports informatifs sans lesquels le schéma n'est pas convertible techniquement.

Pour que la phase du projet d'exécution puisse se faire, il y a bien plus qu'un "changement de format", il y a une véritable traduction-interprétation des données, c'est-à-dire de la conception. C'est cette phase intermédiaire qu'il est important d'identifier et d'autonomiser car elle met en œuvre des pratiques spécifiques et des savoir-faire qui intéressent la conception. La difficulté pour cette autonomisation provient du fait que cette phase est praticable par plusieurs des acteurs (y compris de manière conflictuelle) et donc qu'elle n'est pas définissable socio-économiquement.

Le modèle « ARTEC »

Trois niveaux nécessaires

Nous avons fait l'hypothèse que le processus de conception-construction est représentable en trois niveaux, ou, plus précisément encore, que la représentation de l'ouvrage à réaliser peut se faire autour de trois modèles : le *modèle volumique*, le modèle *logique* et le *modèle d'élémentisation* .

Ces trois structures de figuration/anticipation de l'ouvrage sont un découpage théorique qui prend en compte la nature des entités traitées par chacun des modèles. Sans être indépendants, ces modèles ne peuvent se confondre strictement avec des tâches professionnelles comme celles des missions d'ingénierie, ni même avec des compétences d'acteurs. Le processus qu'elles décrivent nous paraît cependant conforme au processus informatif et décisionnel du cheminement d'un projet.

L'enchaînement des modèles n'est pas par ailleurs simplement linéaire. L'accroissement d'informations et leurs requalifications dans le modèle suivant peuvent conduire à une remise en cause du modèle antérieur. Des phénomènes d'aller et retour (*feed back)* sont donc fréquents.

Le modèle volumique

Le modèle volumique détermine des figures spatiales à partir d'entités géométriques 2D ou 3D. On peut dire également qu'il établit des limites ou des supports matériels à des espaces.

Le modèle volumique est le lieu où se représentent des espaces et des séparateurs d'espace avec leur première instanciation fonctionnelle (entités murs et cloisons) et l'établissement d'un dispositif relationnel (relation de chaînage et relation de calage).

Il définit un premier niveau de faisabilité de l'ouvrage. Il présuppose une première connaissance des règles de construction (différence d'épaisseur entre un mur et une cloison, superposition des structures porteuses, sens et ordre de grandeur de portée des planchers et charpentes,...).

Il intègre les contraintes d'ambiance à travers des options spatiales (orientation du bâtiment, nombre et surfaces des ouvertures, dispositions des locaux,...). Le prix y est abordé à partir des ratios surfaciques. La mise en œuvre est abordée pour la plupart des parties sur la base de solutions courantes ou pour le moins connues du concepteur. Le dimensionnement des constituants renvoie lui aussi à des solutions connues ou à des estimations rapides par ratios ou abaques.

Il ne présume d'aucun choix technologique précis et encore moins de structure d'entreprise potentielle. On notera cependant que dans certaines filières de conception (projets dans le cadre d'une filière matériaux, concours conception/construction, maîtrise d'ouvrage assurée par une entreprise,...), la conception architecturale est en face d'informations complémentaires qui peuvent intervenir comme facteurs restrictifs ou heuristiques. Mais même dans ces situations évoquées, le niveau de définition technique de l'ouvrage au stade volumique reste succinct.

Nous dirons que dans le modèle volumique, le projet est porteur d'une raison constructive mais sans être une construction raisonnée. Dans les marchés d'ingénierie, c'est le niveau que l'on rencontre au stade de l'esquisse ou de l'APS. L'échelle cartographique des documents de ce niveau se situe généralement entre 1/200e - 1/100e.

Le modèle logique

Le modèle logique correspond à un deuxième niveau de faisabilité de l'ouvrage qui prend en compte un choix de matériaux et une structure potentielle d'entreprise.

Des procédures de calcul et vérification permettent d'affiner dimensionnellement le projet, tant du point de vue de sa résistance, que des performances thermiques, acoustiques, économiques, ...

Par l'apport de spécifications de construction au modèle volumique, on détermine un modèle spatial adapté à une logique de matériau (épaisseur précise des parois, position d'éléments de renfort,....) et à une logique d'entreprise (savoir-faire dans l'exécution des détails ou des points singuliers, fractionnement de l'ouvrage en unité d'entreprises,...).

Dans le modèle logique, le projet est une construction raisonnée sans être encore une fabrication rationnelle. Ce niveau se rencontre au niveau APD - PEO. L'échelle cartographique des documents de ce niveau se situent généralement entre 1/100e -1/50e.

Le modèle d'élémentisation

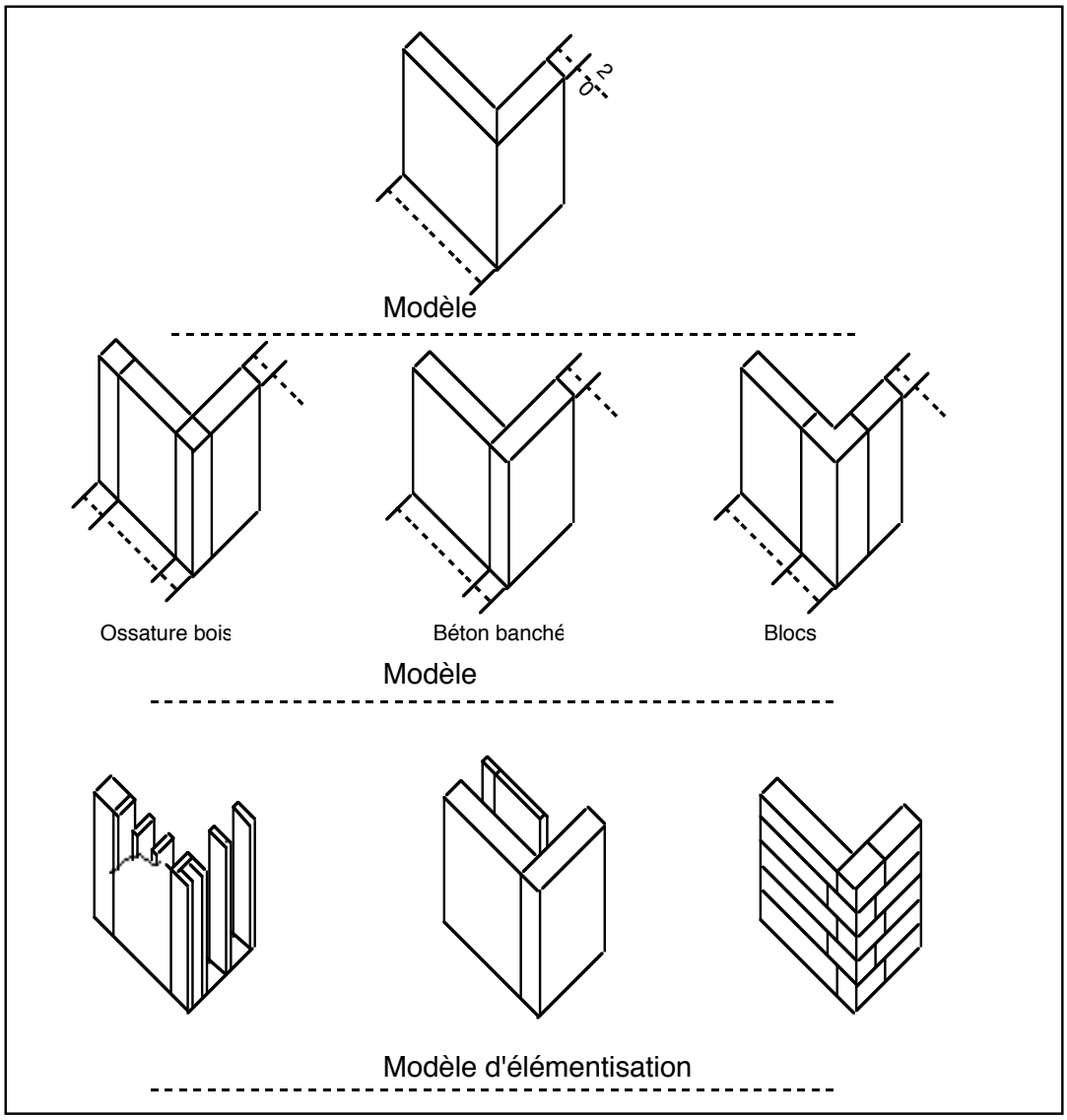
Le modèle d'élémentisation correspond à un troisième niveau de faisabilité technique. C'est le niveau de fractionnement de l'ouvrage en articles élémentaires (unités de matériaux ou produits), celui qui fait appel à l'ensemble des éléments entrant dans le processus de fabrication.

À partir de spécifications de fabrication, le projet gère un ou des matériaux donnés mais dans toutes leurs dimensions, y compris leurs disponibilités pour l'entreprise (choix de produit en lien avec le fournisseur,...).

Il gère également la capacité de l'entreprise jusque dans les choix spécifiques qu'elle opère pour le projet précis à un moment donné (disponibilité de l'outillage, main-d'œuvre affectée à l'opération,...). C'est en général le service Méthode de l'entreprise qui a la compétence et la responsabilité de ce niveau de définition.

Au niveau du modèle d'élémentisation, le projet est une fabrication complètement rationnelle, c'est une construction mesurable. C'est le niveau PEO-STD, mais

également fiche de fabrication entreprise. L'échelle cartographique des documents de ce niveau se situe généralement entre 1/50e -1/10e.



Les trois niveaux de modélisation d'un mur

2.1.4. CONCEPTS GÉNÉRAUX DU MODÈLE

Sur la base de ce premier modèle de processus, nous avons été conduits à analyser plusieurs opérations de conception-construction en partenariat avec des entreprises et des industriels dans le domaine des filières techniques maçonnerie et béton armé.

Ce travail nous a permis d'avancer dans l'élaboration de concepts constitutifs de notre modèle général et de les implémenter ultérieurement dans différents outils.

Nous devons cependant préciser qu'afin de restreindre le champ d'application du modèle, nous avons procédé à une limitation des domaines technologiques couverts.

S'il est admis que la géométrie des ouvrages du bâtiment à réaliser est rarement complexe, ceux-ci sont en revanche, nombreux et leur mode de réalisation très varié. Il en résulte une combinatoire de "solutions" très large. Toute approche conceptuelle qui tenterait d'aborder "exhaustivement" le champ de la conception technique sera nécessairement confrontée à une explosion combinatoire.

Afin de réduire le champ des possibles, nous avons emprunté la notion de "bâtiment étalon" [SUC, 91]. La notion désigne un bâtiment de logements de type R+3 avec un RDC pouvant accueillir des commerces et un sous-sol de parking.

Nous avons enrichi cette notion de celle de "technologie étalon". Notre objectif a donc été de limiter la pertinence de notre modèle aux technologies dominantes que sont le béton (voile et panneaux préfabriqués), la maçonnerie (agglomérés, briques,...) l'ossature légère (bois, acier) et les systèmes poteaux-poutres (bois, acier, béton).

Nous présentons cinq concepts clefs de notre modèle.

Objet de conception

D'une manière générale, la notion d'objet permet de désigner un ensemble de données cohérentes relativement à un point de vue.

Si le point de vue de la réalisation permet d'identifier des objets physiques (murs, planchers...), le point de vue de la conception permet d'identifier d'autres types d'objets comme l'espace ou le rythme et d'organiser autour d'un objet physique des représentations multiples (le mur comme écran visuel, comme dispositif participant d'une trame, comme enveloppe thermique...).

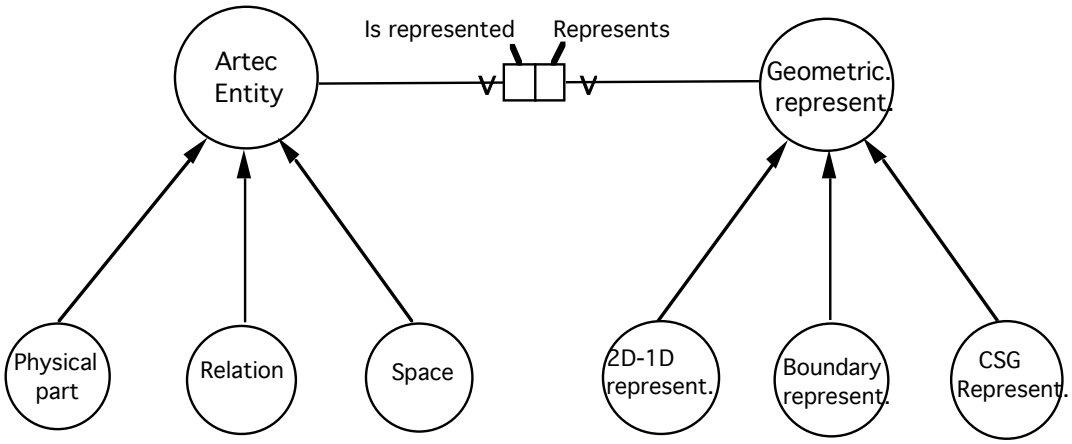
L'espace de la conception ne doit donc pas être confondu avec l'espace du bâtiment. «L'espace du faire n'est pas l'espace du fait» [Boudon et al, 94]. Au niveau de la modélisation, il faut clairement séparer le modèle de l'objet-bâtiment du modèle de la conception de cet objet-bâtiment.

Conception graphiquement assistée

En plus de l'espace de la conception et de l'espace vrai du bâtiment, il existe un troisième espace important dans notre domaine qui est l'espace de la représentation graphique.

Cet espace sert de support aux deux autres espaces. C'est par le dessin que se manifeste nombre d'opérations de conception. Le dessin « technique » est également un modèle codifié des éléments physiques de l'espace du bâtiment.

En ce qui concerne la conception technique, la définition des objets comme celle des opérations effectuées se fait largement par des représentations graphiques de ces objets. Ainsi, un modèle de la conception technique peut faire apparaître le modèle des objets et le modèle de leur représentation graphique.



Espace de la conception et espace de la représentation des objets-batiment

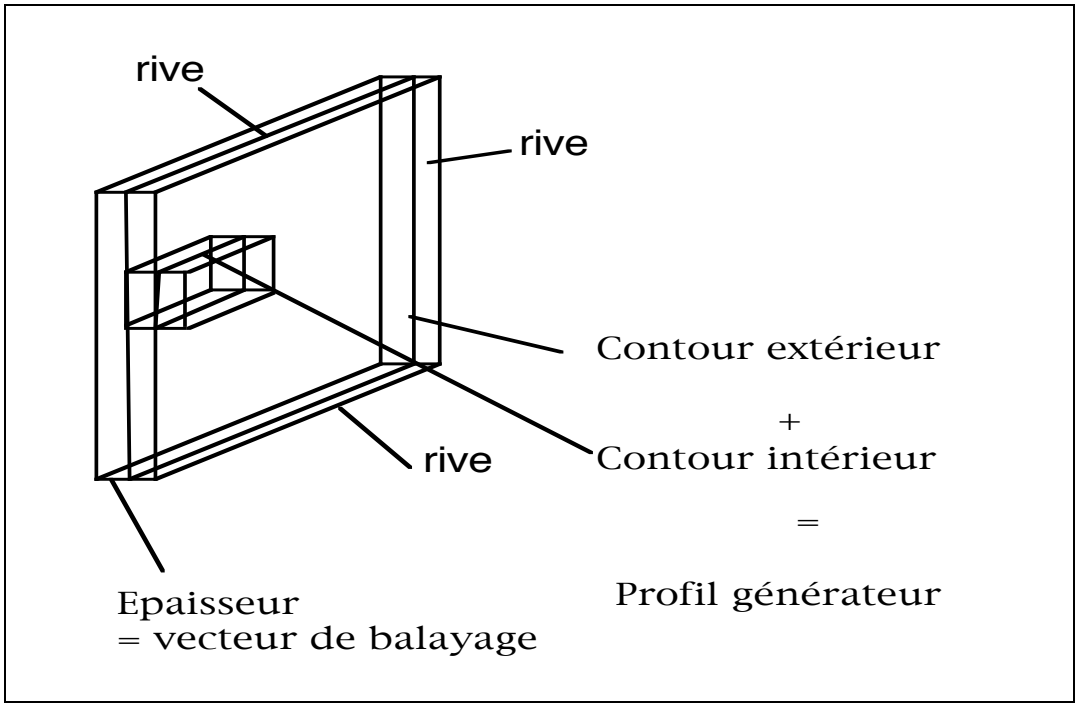
Concernant plus particulièrement les objets de type ouvrages qui sont l'objet de nos travaux, nous avons cherché à construire un modèle capable de supporter des données techniques à partir d'une représentation graphique.

La représentation graphique fait largement appel à la géométrie qui est un langage universel et qui a donné naissance à bon nombre de modèles et d'outils informatiques de représentation des entités solides [Hegron, 94]. Les modèles solides généralistes les plus connus et les plus utilisés sont le CSG (Constructive Solid Geometry) qui permet de représenter un objet par un arbre d'opérations boolèennes (union, intersection, différence), dont les feuilles sont des solides élémentaires, et la B.Rep (Boundary Representation) où le solide est défini par l'ensemble de ses frontières.

Nous avons considéré cependant que les entités manipulées dans le domaine de la conception technique du bâtiment se satisfaisaient assez mal de cette universalité. Des informations d'ordre géométrique, pouvant servir de support à des informations techniques, tels que l'axe d'un poteau ou les plans axiaux d'un mur sont en effet difficilement accessible dans ces modèles. Si l'on veut également bien admettre que nombre des problèmes techniques se posent et se règlent aux limites de ces objets (problèmes dits des « points singuliers »), nous avons décidé de représenter les parois ainsi que les ouvertures par des portions

finies et continues de plans et les poteaux et les poutres par des segments de droite.

Ainsi, toute paroi représentant un élément physique en cours de conception est défini par un contour extérieur et zéro ou plusieurs contours intérieurs correspondant à des éventuelles ouvertures. Chaque frontière de contour, appelée également limite, possède des attributs valuables, porteurs d'informations techniques qui peuvent être affinés tout au long du cycle de la conception technique. Pour compléter cette information, il est nécessaire d'y adjoindre des informations sur l'épaisseur de la paroi et ainsi, permettre sa représentation graphique en volume.



Une représentation des murs et des ouvertures par profils générateurs

Point de vue

La conception technique est un processus multi-acteurs. Chacun des acteurs interprète (et construit symboliquement) l'objet à partir d'un ou plusieurs points de vue.

Le concept de point de vue recoupe celui d'échelle architecturologique définie de manière plus limitative dans le champ de la conception architecturale par Ph. Boudon [Boudon et al, 94] pour signifier le passage d'un espace "vrai" à un espace abstrait ou espace de conception.

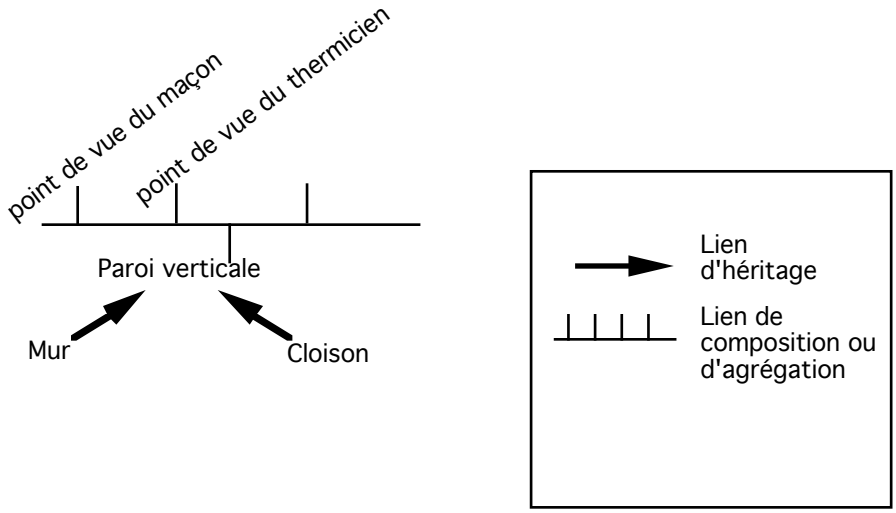
La notion de point de vue est constitutive des objets de conception, c'est-à-dire de la représentation-symbolisation des objets réels. Le point de vue est un dispositif de mise en relation d'informations formant un sous-ensemble cohérent dans une perspective donnée. Un point de vue est finalisé. Il est guidé par un but. Par exemple le point de vue acoustique prend en compte la géométrie des espaces, la nature des matériaux et leurs états de surface, le type d'utilisation des locaux pour déterminer une ambiance sonore adaptée (absorption et réflexion des ondes sonores).

Un point de vue est caractérisé par des attributs spécifiques d'une classe d'objets. Par exemple le point de vue thermique est caractérisé par les attributs matériau, épaisseur, surfaces et orientation des classes murs.

Si l'on admet que le nombre de points de vue de conception n'est ni limité ni stable, on doit convenir que le nombre d'attributs d'une classe définissant un objet de conception est ouvert.

Lors de la modélisation d'un "objet vrai", il convient donc de distinguer le modèle générique ou multi-sémantique d'un modèle particulier ou modèle mono-sémantique. Le premier peut porter l'information relative à plusieurs points de vue, le second porte les données filtrées par un point de vue.

Dans notre modèle, nous représentons un tel objet par composition de différents points de vues .



Arbre des entités génériques

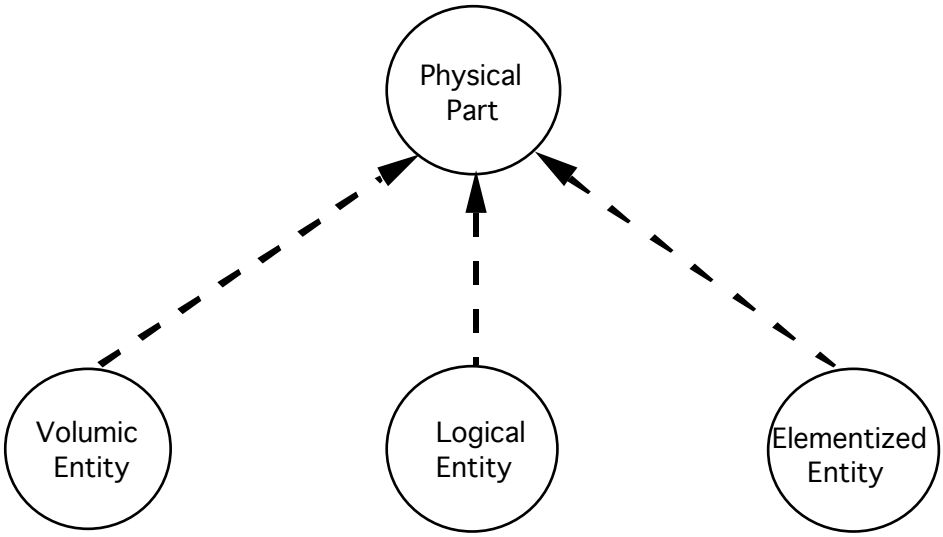
Cycle de vie

Nous avons dit que le processus de conception technique est un processus évolutif dans lequel la définition d'un même objet cible peut être défini, c'est-à-dire exprimé et représenté de manières différentes dans le temps. Bien que ne

relevant jamais d'une linéarité simple, ce processus traduit une dynamique dans la définition des données et peut être décrit par le concept de "cycle de vie ".

La généralisation/spécialisation par alternative est un principe d'abstraction [Bignon et al, 92A, 92B] que nous avons introduit pour capturer l'évolution dynamique des objets au cours du temps. Ce concept initialement proposé par Daniel Léonard [Léonard, 89] permet d'exprimer qu'une même entité peut changer de comportement et/ou de caractéristique durant son cycle de vie. C'est une forme d'abstraction analogue à la généralisation/spécialisation de nature genre/espèce ; cependant, si cette dernière forme d'abstraction permet de modéliser le fait que différentes entités participent à la même généralisation, la généralisation/spécialisation par alternative permet d'exprimer qu'une même entité revêt différents états au cours de son cycle de vie, états que nous qualifions de *spécialisations par alternatives* d'un type générique (par exemple un mur "enveloppe géométrique " et un mur calepiné sont des spécialisations par alternative de Mur).
Ce principe nous permet de rendre compte, au niveau de la modélisation, qu'un même objet est *alternativement* instance de différentes classes tout en préservant son identité.

Ce principe nous est apparu particulièrement utile pour modéliser le cheminement lors de la conception d'un objet architectural durant le cycle de vie de son instanciation technique, de l'état volumique à l'état élémentisé via l'état logique.
Pour représenter l'alternative, nous utilisons une classe générique qui se spécialise en un ensemble de classes modélisant chacune les différents états spécifiques d'une catégorie d'entités données.



Spécialisation par alternative des types d'entités d' Artec

Ce principe d'abstraction diffère sensiblement du principe d'abstraction de nature genre/espèce, principe matérialisé dans les langages à objets à l'aide du lien d'héritage. En particulier, nous ne considérons pas les différentes technologies

possibles pour réaliser un objet architectural (par exemple les technologies béton banché, ossature bois, bloc de béton apparent pour un mur) comme des spécialisations par alternative de ce type d'objet. En effet, nous considérons ces types d'objets instanciables dans une technologie donnée comme des réponses *spécifiques* et pouvant être portés par le principe de l'héritage.

Indéfinition

Nous savons que le processus de conception lors de son évolution entretient pour de multiples raisons des indéfinitions. Ce problème de l'incertitude des données peut prendre plusieurs formes.

Indéfinition par omission

L'information n'est pas nécessaire à un moment donné et peut alors ne pas être fournie.

> Ex. Au niveau volumique, le choix d'une technologie est rarement arrêté. On peut cependant penser des espaces et des objets sans connaître les matériaux qui seront utilisés.

Du point de vue informatique cette omission sera "représentée" par une absence de point de vue.

Indéfinition par valeur type modifiable

L'information est nécessaire, mais sa valeur est incertaine.

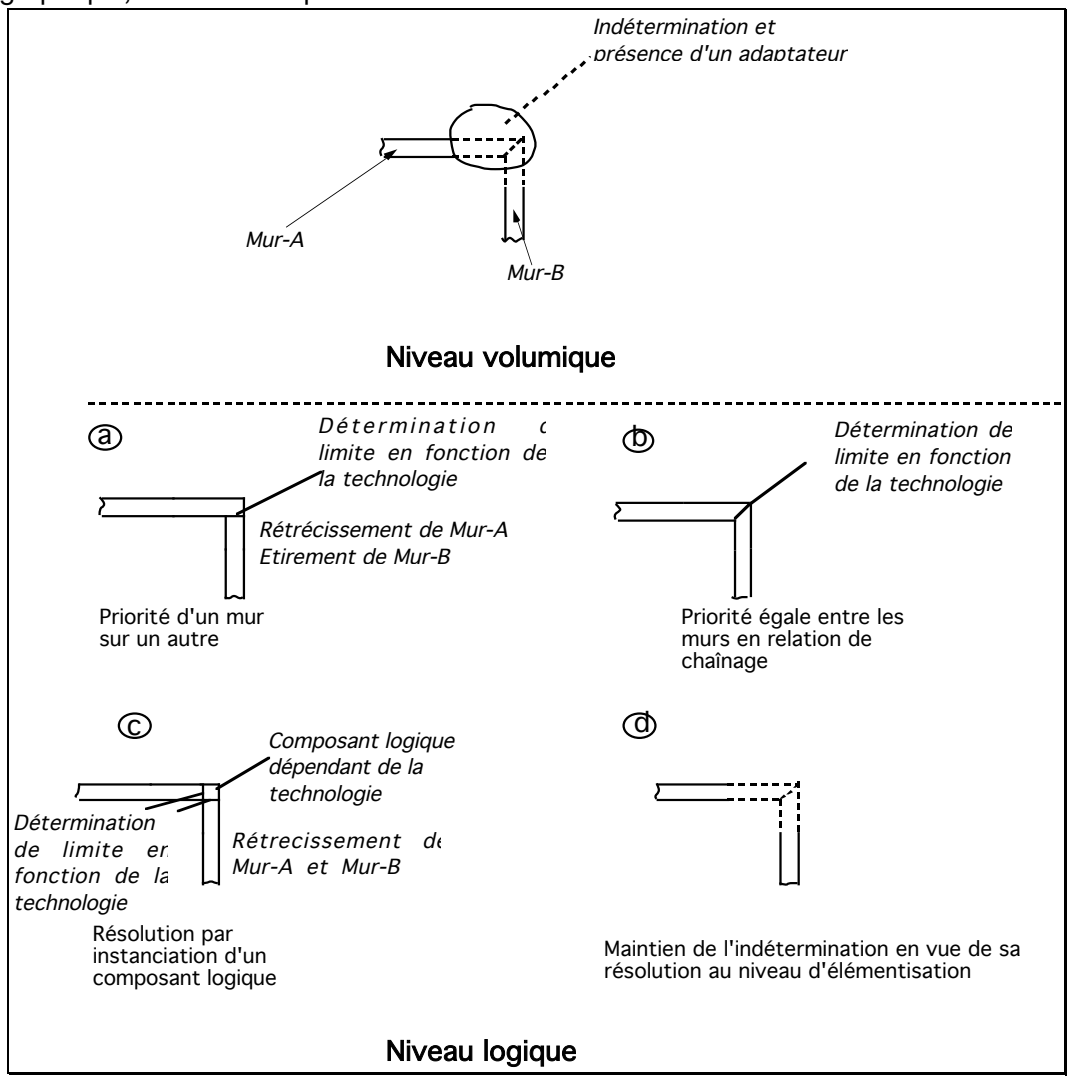
> Ex. L'épaisseur d'un mur peut être évaluée dans une fourchette de 10 à 30 cm avec une valeur par défaut de 20 cm.

On donnera alors une valeur type ou valeur par défaut qui pourra être modifiée. On peut également envisager comme dans les méthodes de la "logique floue" d'évaluer un champ dans une fourchette avec un coefficient de probabilité.

Indéfinition par convention de représentation

L'information est pertinente, mais sa représentation et sa valeur sont incertaines.
Au niveau premier des esquisses, la forme d'une pièce pourra être symbolisée par une figure géométrique simple ou une forme "indéfinie" comme une patate.
Nous avons été conduis à introduire la notion "d'objets indéfinis" ou objet flous. Cette classe d'objets se caractérise par le fait qu'ils sont une représentation graphique abstraite ou symbolique d'un "problème" à traiter mais non défini.

Les relations de chaînage entre murs peuvent être "représentées" par un objet graphique, nommé "adaptateur".



Les différentes opérations d'instanciation des adaptateurs

Opérations de conception technique

La notion d'activité de conception désigne tout acte participant au processus de transformation du modèle lors de son cycle de vie. La notion d'opération de conception a été définie par Philippe Boudon comme "ce qui règle le passage d'un état à un autre" [Boudon et al, 94]. Nous avons réutilisé le concept dans notre champ d'étude, la conception technique, pour identifier les opérations qui permettent de faire évoluer les objets de conception entre les différents niveaux décrits.

Deux grandes familles d'opérations de conception technique ont été identifiées.

Les opérations de conception relatives à la construction

Ces opérations permettent le passage du niveau volumique au niveau logique. Elles ont pour but de définir un premier niveau de faisabilité du projet. Elles supposent une première modification/adjonction d'attributs des entités du modèle volumique. Par exemple la modélisation d'objets tels que "murs" ou "fenêtres" au niveau du modèle logique à partir du modèle volumique suppose d'effectuer différentes opérations comme le changement de dimensions ou de positions. Une opération de conception n'est pas définie dans notre modèle par ses objectifs dans le projet (par exemple augmenter la résistance au flambement d'un mur, accroître la luminosité d'une pièce...), mais par ses effets sur l'objet en cours de conception (changement d'épaisseur d'un mur, augmentation des dimensions d'une fenêtre...) . Plusieurs opérations de conception peuvent donc produire des modifications analogues du modèle volumique.

Les opérations de conception relatives à la réalisation

Ces opérations permettent le passage du niveau logique au niveau d'élémentisation. Elles servent à définir un deuxième niveau de faisabilité du projet. Le dimensionnement général du projet géré au niveau du modèle logique ne sera plus remis en cause ou alors très faiblement. En revanche, le choix exact des produits élémentaires (section des montants d'ossature, type et dimensions des blocs maçonnés,...), ainsi que les règles précises de leurs positionnements (trame d'écartement, appareils,...) vont devoir être précisés afin que puissent s'effectuer les optimisations de fabrication et les choix exacts de mise en œuvre.
Les considérations industrielles sont à ce niveau de modélisation les plus déterminantes. Gestion des produits en stock, optimisation des coupes, savoir-faire en relation avec les qualifications ouvrières et les capacités instrumentales, organisation de la production,... sont autant de "points de vue" qui vont intervenir pour spécifier les entités du modèle logique.

2.1.5. MODÈLE DE REPRÉSENTATION

La conception construction s'organise autour des concepts de base que sont les espaces, les ouvrages (parties physiques) et les relations. Ces trois concepts désignent des ensembles de données cohérentes entretenant de fortes relations et manipulées par les divers acteurs comme des entités autonomes.

> Exemple. Un volume chauffé, une surface hors œuvre, un auditorium appartiennent à la classe des espaces.
> Un mur, un plancher, une ouverture, une poutre, appartiennent à la classe des ouvrages.

> Un chaînage de plancher, un renfort de mur, le parallélisme entre deux refends appartiennent à la classe des relations.

Il importe de trouver un modèle proche de cette approche par "classe de données" [Minski, 88].

Le modèle de données que nous avons utilisé est inspiré des modèles de données orientés objet. Il est organisé autour des notions de type d'entités ou de classe.
Le concept "d'objet" défini dans le domaine informatique permet la représentation d'une entité pertinente pour un domaine donné par un ensemble de caractéristiques représentées par des attributs typés et valués et des opérations sur ces attributs [Massini et al, 89]

Une classe permet de capturer les caractéristiques communes à une catégorie d'entités. Une classe peut être définie de manière ad hoc à l'aide de types d'entités de base comme les entiers, les chaînes de caractères, les réels, etc., ou à partir d'autres classes.

Nous avons retenu quatre manières différentes de définir une classe à partir d'une autre :

-La définition par spécialisation permet de définir une classe particulière à partir d'une classe générique par détermination et précision d'une ou plusieurs caractéristiques (attribut ou opération) de la classe générique.

> Exemple. La classe des parois verticales est définie à partir de la classe des parois en imposant la contrainte de verticalité au plan axial de la paroi.

-La définition par généralisation permet de définir une classe générique par regroupement de plusieurs classes spécifiques en une abstraction commune.

> Exemple. Les poteaux, les poutres et les murs ont des représentations différentes. Elles peuvent cependant être généralisées dans la même classe abstraite des parties physiques.

-La définition par composition ou agrégation permet de définir une classe en donnant à des attributs de la classe des valeurs prises dans d'autres classes.

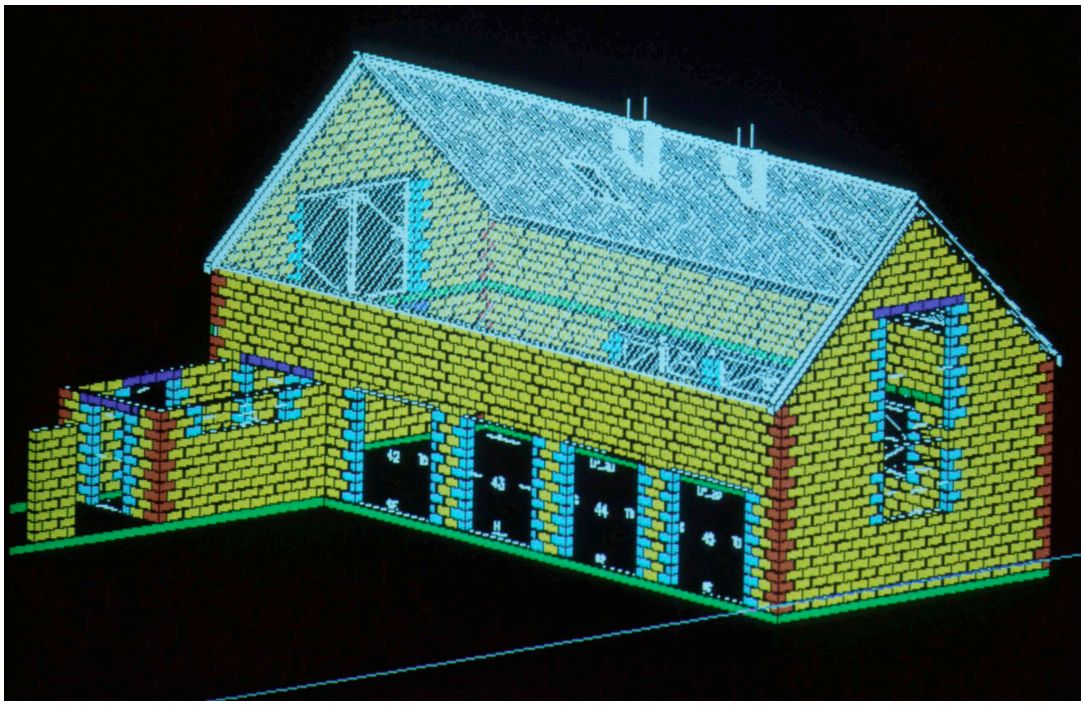
> Exemple. Un contour est « composé » d'un ensemble de segments orientés.

-La définition d'une classe par alternative de différentes autres classes est un principe d'abstraction que nous avons introduit pour capturer l'évolution dynamique des objets en cours du temps. Il permet d'exprimer qu'une même entité peut changer de comportement et/ou de caractéristiques durant son cycle de vie. Ce principe permet de définir différentes alternatives temporelles d'un même objet.

Exemple. Un objet en cours de conception peut en être au stade volumique ou au stade logique ou au stade d'élémentisation.

2.1.6. EXPÉRIMENTATION

Le modèle que nous venons de présenter a été partiellement utilisé pour définir une application originale : le logiciel CALEPIBLOC [Bignon et al , 91A, 92C] dont le développement a été mené par Said Benmejahed [Benmedjahed, 91].



Calepibloc : Calepinage de murs en blocs de béton

CALEPIBLOC est issu d'un contrat de recherche avec le CERIB (Centre d'étude et de recherche des industries du béton). CALEPIBLOC est un outil de calepinage de blocs en béton qui permet de concevoir les murs en fonction des contraintes dimensionnelles initiales, des discontinuités internes (ouvertures, linteaux) et des points singuliers (angles, intersections de murs ...).

Cet outil, utilisé par des professionnels, a permis en particulier de valider les différents concepts de notre modèle au niveau des phases « logique » et « d'élémentisation ».

L'ensemble du modèle a fait l'objet du travail de thèse de Yasmine Sahnouni [Sahnouni, 99] et a été implémenté dans un logiciel prototype avec lequel nous avons pu tester la conception « en laboratoire » d'ouvrages tels que des murs, des planchers, des ouvertures.

2.1.7. CONCLUSION

Ce travail de recherche a été l'occasion de conduire une réflexion sur la modélisation des données bâtiment pour le développement d'outils informatiques d'assistance à la conception construction.

Le modèle conceptuel que nous avons proposé a permis d'abstraire et de formaliser un savoir sur le domaine de la conception technique dans le champ de la mise en œuvre à partir de l'analyse de pratiques dans les filières maçonnerie et béton armé.

Par différence avec les méthodes et les outils métiers existants, l'analyse a permis d'identifier des caractéristiques générales et invariantes, communes aux différentes pratiques analysées.

Les expériences conduites nous ont montré en particulier :
-La pertinence du niveau logique pour la continuité du processus de conception ;
-L'intérêt de la définition d'un modèle générique des objets de conception mais également l'intérêt d'un modèle des opérations de conception.

Limitée au domaine des filières maçonnerie et béton armé, la validation des opérations de conception n'a pu être que partielle, mais, on le verra par la suite, elle a fait l'objet d'une autre recherche.

Le travail mené aujourd'hui notamment au niveau des IFC (Industrials Foundations Classes) [IAI, 96] nous montre le chemin parcouru depuis ce travail mais aussi celui qui reste à parcourir notamment en diversifiant les points de vue des acteurs.

2.2. ARTICLE

UN ENSEMBLE D'OPÉRATIONS PRIMITIVES DE CONCEPTION CONSTRUCTION : LE DOMAINE DE LA CONCEPTION D'OUVRAGES EN BOIS

2.2.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Cette recherche s'est faite en continuité de nos travaux portant sur les échanges de données dans le bâtiment, de la phase de conception des ouvrages à la phase de mise en œuvre des produits constitutifs de ces ouvrages. Si le projet « Artec » s'était largement focalisé sur la phase intermédiaire dite « du niveau logique », l'objet du projet « Article » est d'interroger les phases les plus en aval du cycle de conception construction, en particulier, celles liées à la définition précise des différents produits et matériaux mis en œuvre, à leur gestion et à leur commande. La finalité du travail consistait également à intégrer les données échangées dans un environnement logiciel d'assistance à la conception construction des ouvrages.

Pour conduire ce travail, nous nous sommes appuyés sur le modèle général du cycle de conception « Artec » qui avait déjà fait l'objet d'un premier niveau de vérification.

Nous avons complété ce modèle en nous centrant, pour cette recherche, sur la maîtrise précise des aspects dynamiques. Certes, il existe des modèles de processus qui permettent d'identifier des états d'informations (états d'entrée et états de sortie) ; ils permettent également d'exprimer des contraintes et des

conditions sur ces états. En revanche, les mécanismes internes de changement d'état relèvent le plus souvent de « boîtes noires » et la question « comment évoluent les entités lors d'un processus de conception ? » font l'objet de peu de réponse.

Par ailleurs, le travail mené a porté sur un nouveau corpus, une nouvelle filière matériau par rapport aux filières déjà étudiées : la filière construction-bois. Plusieurs raisons ont concouru au choix de ce secteur d'activités :

- Les unes sont théoriques. L'étude de cette nouvelle filière nous a permis d'enrichir et de raffiner notre modèle de données tout en préservant sa généricité. Il s'agissait en particulier de bien formaliser les opérations de conception technique.
- D'autres raisons s'inscrivent dans un souci applicatif, comme la volonté d'étendre l'intégration de la chaîne de conception technique jusqu'à la description, la fabrication et la commande de produits pour laquelle la filière construction-bois, de par son intégration structurelle, nous semblait bien adaptée.

2.2.2. MODÈLE DES OPÉRATIONS DE CONCEPTION CONSTRUCTION ; TRAVAUX ANTÉRIEURS

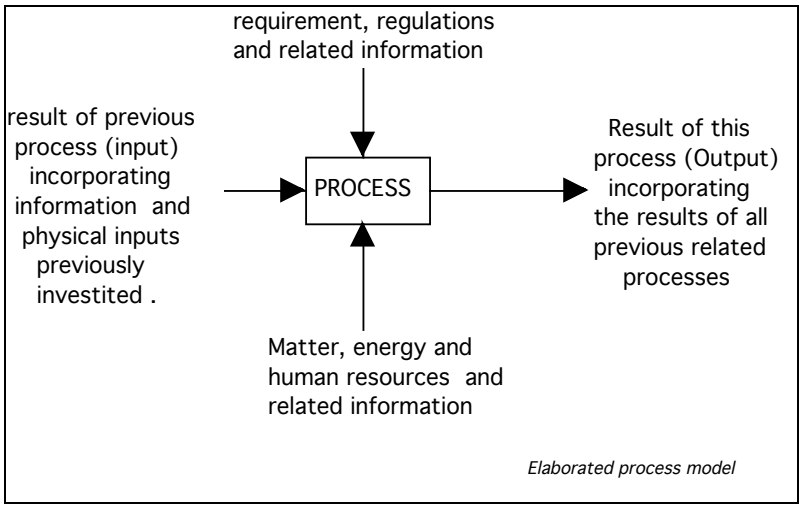
Le domaine de la construction bois est aujourd'hui bien connu. De nombreux ouvrages techniques ont été publiés pour décrire le matériau et ses mises en œuvre [Gotz et al, 83] [Gauzin-Müller, 90] [Natterer et al, 94] et font encore l'objet de publications récentes [Gauzin-Müller, 99].

C'est parallèlement un domaine actif de la recherche dans le cadre du génie civil Bois qui a connu un grand essor depuis les années 80 avec le développement des sciences du bois [Triboulot, 98].

Par contre, les méthodologies de conception liées aux utilisations des différentes techniques du bois dans le bâtiment sont peu explicites. Même un ouvrage de référence comme « construire en bois, choisir, concevoir et réaliser » [Gotz et al, 83] est plus de nature à instrumenter des opérations de fabrication que des opérations de conception.

Dans le domaine des travaux sur les modèles de processus intéressant la conception, il en existe également beaucoup, mais ceux-ci restent le plus souvent très généralistes. Le modèle architecturologique des « échelles » de Philippe Boudon [Boudon et al, 94] permet d'identifier un champ de préoccupation dans le processus de conception , l'échelle technique, mais il n'aborde pas les opérations qui relèvent de cette échelle.

Le modèle ISO des échanges et des représentations des données [ISO, 93] [ISO 43, 93] reste un modèle élémentaire qui informe des conditions de transformation mais pas des transformations elles-mêmes.



Modèle de processus selon ISO

Le groupe de structuration des données (GSD) qui a conduit des travaux spécifiques en matière de conceptualisation des données [GSD, 91, 93] [Hanrot et al, 95] est resté sur une approche statique de la définition de la conception s'attachant plus à définir des concepts communs que des opérations de transformation des concepts.

Seul le modèle IFC, parce qu'il est un modèle coopératif orienté métier, aborde le niveau de raffinement auquel nous nous situons. Le processus de conception dans le modèle IFC [IAI, 96] est en effet structuré en quatre niveaux hiérarchiques.

-Le *premier niveau* identifie des phases générales. Quatre phases sont ainsi identifiées : faisabilité, conception, construction et exploitation du bâtiment ;

-Le *deuxième niveau* décompose chaque phase en phases secondaires organisées dans un ordre chronologique. La phase de conception est en particulier divisée en programmation, conception schématique, conception détaillée, réalisation de documents d'exécution, réalisation des appels d'offres ;

-Le *troisième niveau* décline les phases secondaires en une série de processus chaînés qui correspondent à des actions de conception. Par exemple, durant la phase de conception schématique, les processus décrits sont notamment : analyse du site, diagramme des espaces, plans des murs, ... Durant la phase de conception détaillée, les processus inventoriés sont entre autres : choix des matériaux, insertion des menuiseries, gestion des flux, intervention des consultants ...

-C'est au *quatrième niveau* que chaque processus est décomposé en un ensemble d'activités. Chacune est associée à un diagramme de tâches désignées également par méthodes de conception.

La modélisation des processus dans le modèle des IFC est définie par une classe d'objet spécifique désignée par « objet-processus » qui se spécialise en deux types de classes : les activités et les taches, l'activité étant un ensemble de taches.

On remarquera que dans le modèle IFC, chaque produit est le résultat de un ou plusieurs processus mais que la relation entre produit et processus n'est pas spécialisée. De même qu'aucune spécification ne précise le lien entre les produits et leurs différentes représentations. En d'autres termes, nous pouvons dire que la description des produits dans le modèle des IFC n'intègre pas les informations sur les processus de raffinement auxquels ils sont associés.

2.2.3. UN MODÈLE DES OPÉRATIONS

Pour conduire le travail de recherche « Article », notre analyse a porté sur deux technologies particulières, celle des systèmes poteaux et poutres en bois et celle des murs par panneaux à ossature légère en bois.

Il s'agissait de comprendre la réalisation d'ouvrages dans ces deux techniques afin d'identifier les opérations de conception qu'elles supposent et de formaliser des concepts pour en rendre compte dans un modèle.

Pour la première technique, nous nous sommes appuyés sur les savoirs faire et compétences de l'entreprise Lamellix et pour la seconde, sur ceux de l'entreprise Cuny.

En utilisant le modèle « Artec » nous avons procédé à une analyse des opérations de conception pour chacun des niveaux de définition des objets, celles permettant de passer du stade volumique au stade logique et celles utiles pour transformer un objet du niveau logique au niveau d'élémentisation.

Les sept opérations que nous avons identifiées et que nous décrivons peuvent être considérées comme des opérations primitives de conception technique qu'il est possible de combiner afin de définir des opérations plus complexes.

Construction

Opération de définition d'un objet (murs, planchers, ouvertures...) par sa forme c'est-à-dire par la construction d'un profil générateur (ensemble de limites).
Une forme peut être modifiée dans le processus. On distinguera le changement de forme :

-Relevant d'un paramétrage différent des données d'origine (relève du niveau logique)
Exemple. Un poteau de section carré devient un poteau de section circulaire

-Relevant d'un changement des données d'origine (relève du niveau volumique)
Exemple. Un mur courbe devient un mur polygonal

Dimensionnement

Opération consistant à donner des mesures métriques aux entités géométriques en rapport avec la technologie utilisée (épaisseur des parois simples ou composites, longueur et hauteur coordonnées au matériau et à la technologie industrielle choisie...). Tout objet peut être redimensionné. Cette opération consiste généralement en un déplacement des limites d'un objet (Exemple : un segment).

Positionnement

Définition et modification de la position d'un objet. On fera la distinction entre deux types de positionnement :

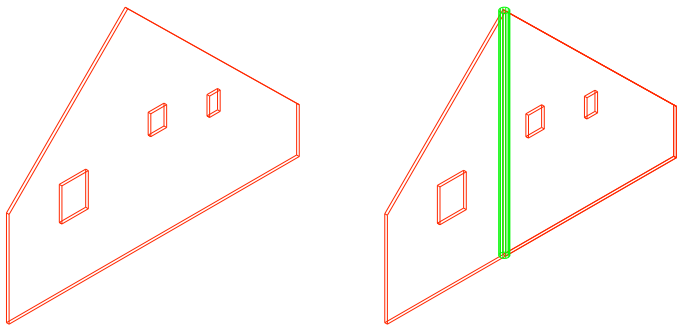
- Le positionnement absolu des éléments.
  On positionne les objets dans le projet général et donc dans les limites définies par le modèle volumique.

- Le positionnement relatif des éléments.
  Ce positionnement définit la ou les règles de juxtaposition pour chacun des éléments de base (choix d'une trame de clouage, choix d'une trame de structure...). Il tient compte par exemple du jeu entre les éléments, des longueurs maximum de coupe, ...
  Tout re-positionnement peut s'effectuer par une combinaison d'opérations de translation et de rotation.

Fractionnement

Opération de découpage d'un objet en deux sous objets appartenant à la même classe. Les objets obtenus par fractionnement ont les mêmes propriétés que l'objet découpé.

> Exemple : les contraintes de fabrication ou de transport peuvent conduire à fractionner un mur en deux ou plusieurs composants muraux.



Opération de fractionnement d'un mur en deux travées de forme simple

Fusion

Opération d'union entre deux objets appartenant à une même classe et ayant une frontière commune. L'objet résultat est un objet qui appartient à la même classe que les objets participant à l'opération de fusion. Il combine les propriétés de ces deux objets.

> Exemple : Fusionner deux poutres ayant une extrémité commune. L'objet résultat est une poutre ayant pour extrémité les extrémités distinctes des deux poutres. Si les poutres participant à l'opération de fusion entretenaient avec d'autres parties physiques des relations, alors la poutre résultant de la fusion entretient avec ces parties physiques les mêmes relations.

Caractérisation des limites

Opération d'instanciation des limites d'un objet dans une famille technologique particulière. L'instanciation des limites au niveau volumique n'a pas le même degré de raffinement qu'au niveau logique.

> Exemple : Les extrémités d'un mur au niveau logique peuvent être de type angle, mais les mêmes extrémités au niveau d'élémentisation peuvent être de type angle à montants parallèles, angles à montants perpendiculaires, ...

Association

Création d'un lien entre plusieurs objets. Les associations peuvent aussi bien s'établir entre objets de même classe qu'entre objets de classes différentes.
Ce lien pourra exprimer une relation de chaînage (relation technologique) représentée par un adaptateur.

> Exemple : un mur peut entretenir une relation de chaînage avec un autre mur ou un plancher

Il peut exprimer également des relations de calage (relation topologique) portées par un attribut spécifique

> Exemple : Une ouverture peut être associée à un mur.

Combinaison

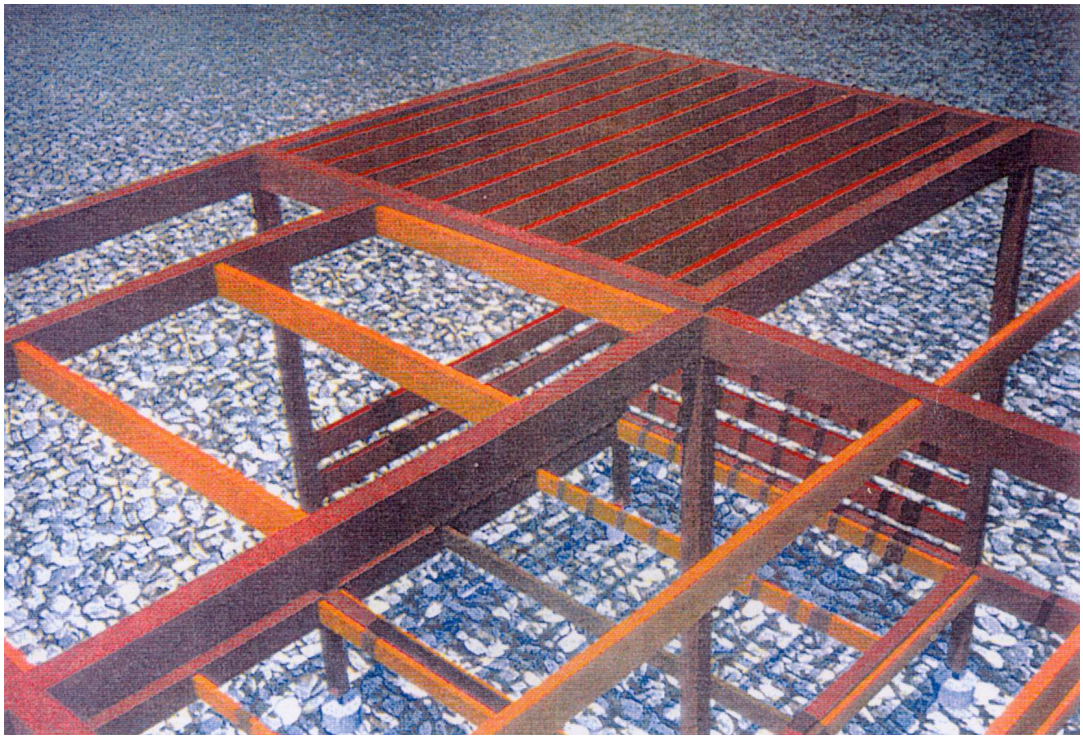
Les différentes opérations énoncées ci-dessus peuvent être combinées entre elles pour définir des opérations de conception plus complexes.

2.2.4. EXPÉRIMENTATION

Nous rendons compte dans ce chapitre du travail d'expérimentation et de prototypage conduit pour permettre de saisir la dynamique de conception technique des ouvrages en bois et valider notre modèle.

Deux démarches ont été menées, toutes deux à partir du prototype « Artec ».

La première a consisté à faire abstraction des problèmes d'échanges. Il s'agissait d'abord de valider notre approche de l'évolutivité des données et ceci sur des objets nouveaux pour nous : les poteaux et les poutres. Nous avons donc développé en interne dans l'environnement d'« Artec », un prototype représentant les trois niveaux hiérarchiques des systèmes poteau poutres. Ce travail a fait l'objet du DEA de Yannick Piquée [Piquée, 95].



Conception d'un ouvrage poteau-poutre au niveau d'élémentisation

La deuxième démarche a porté, de manière complémentaire, sur un chaînage d'applications logicielles. Il s'agissait cette fois de valider la pertinence du modèle en échangeant des données entre le niveau logique défini dans « Artec » et le niveau d'élémentisation défini dans un logiciel tiers, le logiciel "Woodpecker" developpé par la société Castor-product. Le recours à ce logiciel métier était pour nous une manière de gérer la composante « produits et articles » en descendant très en aval dans le processus de conception construction [Sahnouni, 99].

Ce prototype d'une chaîne d'intégration a été testé sur un projet particulier de conception d'une maison individuelle, de l'étape de conception à la fabrication et la gestion des différents produits et composants de l'ouvrage.

L'expérimentation « poteau-poutre »

L'extension du modèle de données « Artec » présentée dans cette partie a consisté à prendre en compte les nouveaux objets bâtiments de "base" poteaux-poutres. L'objectif de cette extension n'était pas d'expérimenter la circulation d'informations entre différents acteurs, mais de valider la capacité du modèle proposé (et du prototype informatique réalisé à partir de ce modèle) à s'adapter à l'ajout et à la prise en compte de nouvelles entités atomiques bâtiment autres que les parois (mur, plancher, ouverture, élément de toiture, etc.) en cours de conception.

La première difficulté a été de trouver une représentation de ces objets, qui ait les mêmes avantages, au moins du point de vue de la conception technique, que celle sous la forme de portions de plan pour les parois. Même si cela peut paraître trivial de représenter des poteaux et des poutres par des portions d'axes, d'autres représentations ont préalablement été envisagées, testées, puis abandonnées. La représentation des poteaux et des poutres par des portions d'axes s'est peu à peu "naturellement" imposée au niveau fonctionnel et géométrique du modèle car elle permettait la définition d'opérations de conception technique de base tout à fait analogue à celle déjà définie, de manière générique, pour les parois.

Une seconde difficulté est apparue pour le positionnement d'objets inclinés (type chevron) ou déversés (type panne). Le programme développé ne permettait pas la construction de tels objets. Cette caractéristique topologique peut être représentée sans difficulté au niveau du modèle et pourrait donc être portée par le prototype. Les relations de chaînage entre ces objets et leurs solutions nécessiteraient cependant un travail spécifique en particulier au niveau de la redéfinition formelle des objets (coupes biaises).

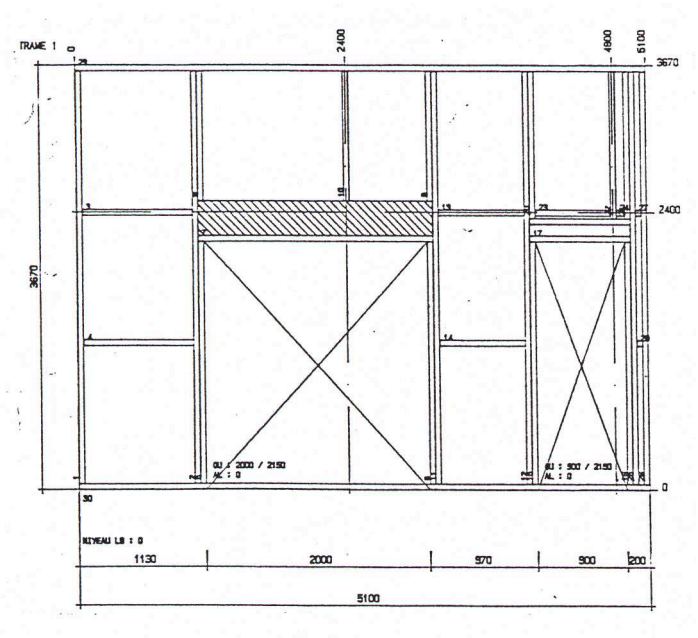
Une troisième difficulté est apparue avec la nécessité de modifier la représentation des poteaux et des poutres, au niveau logique pour matérialiser les relations de chaînage par des portions de surfaces communes à deux poteaux et poutres. Cette nécessité nous a conduit à nous éloigner du modèle de représentation des parois puis à interroger à nouveau ce modèle. En effet, si l'on veut matérialiser ce type de relation de chaînage entre parois au niveau logique (en particulier en permettant d'interroger et de qualifier techniquement la partie de frontière surfacique commune à ces deux parois), la représentation des parois par une portion de plan n'est alors également plus adaptée. Nous avons décidé de différer dans un travail ultérieur cet aspect qui a pour effet d'enrichir le modèle logique en terme d'instanciation des relations de chaînage.

On signalera enfin que le dernier niveau, celui de l'élémentisation et de la description des produits afin de permettre la commande et la fabrication, n'a été abordé dans cette partie que de manière limitée. Il ne s'agissait pour nous que de montrer la continuité du modèle. Les connecteurs représentés entre poteaux et poutres ne sont en particulier que des objets graphiques et n'ont aucune dimension technique.

L'expérimentation « panneaux à ossature bois »

La modélisation d'un projet simple (une maison individuelle), a permis de valider largement le modèle de définition du cycle de vie d'un bâtiment. Le choix d'une technologie particulière (panneau à ossature bois) n'a pas remis en cause le modèle proposé. Ce choix a au contraire montré une bonne généricité du modèle « Artec » portée par le prototype.

Les opérations primitives de conception technique sont apparues suffisantes. La caractérisation technologique, en particulier, s'est faite par ajout de types de limites aux types de limites définis dans d'autres technologies. Cette expérimentation a cependant fait apparaître plusieurs problèmes que nous voudrions évoquer.



Conception d'un panneau en ossature bois

Orientation des panneaux

Le problème essentiel dans le transfert des données a été l'orientation des panneaux permettant de repérer l'intérieur et l'extérieur. Dans le prototype « Artec », on ne peut pas considérer un intérieur et un extérieur unique pour tous les murs. Le modèle est en trois dimensions et ce qui est un extérieur pour l'un est

un intérieur pour l'autre si on se déplace dans le modèle. Cette distinction est en revanche importante dans le logiciel « woodpecker » parce que la conception des panneaux tient compte des revêtements intérieurs et extérieurs. La solution dans « Artec » a été d'orienter le profil du mur de manière à ce que l'ordre des points puisse déterminer une normale au mur désignant l'extérieur. On retiendra donc un premier problème posé aux échanges de données lorsque ceux-ci se passent entre des applications appartenant à des univers de représentation différents (2D/3D).

Indéfinition de certains types limites

Le moment de la prise de décision dans le processus de conception n'est pas une donnée rigide. Selon le contexte, les connaissances du concepteur, les relations avec l'entreprise, etc, certaines données peuvent être fixées à des moments différents. Lors de cette expérimentation, nous avons été confrontés à la question de qui prenait la décision. On peut imaginer que le concepteur n'a pas les éléments de choix et laisse ces choix se faire au niveau de l'élémentisation. Ce problème est pensé dans le modèle « Artec » par la notion d'indéfinition. Cette notion indispensable n'est cependant pas satisfaisante pour un logiciel d'élémentisation où les données de décision doivent être entièrement déterminées.

À titre d'exemple pour la définition des limites, nous avons résolu le problème de la manière suivante. Nous avons décidé qu'au niveau logique, une limite pouvait avoir une des valeurs définies dans "woodpecker". Le rajout des types limites de "woodpecker" dans la liste des limites d'« Artec » est intéressant puisque qu'il facilite la définition des données pour leur échange. Néanmoins, cette situation n'est possible qu'à deux conditions : « Artec » connaît l'application avec laquelle il doit coopérer ; l'utilisateur connaît les technologies utilisées dans le domaine partenaire.

Afin d'envisager les autres situations, nous avons préservé la possibilité de choisir une limite indéfinie. Dans le fichier d'échange, cette indéfinition est représentée par une valeur de champ spécifique. Il appartient alors à l'utilisateur de "woodpecker" d'effectuer un choix qui se traduira par une modification de la valeur du champ libre.

Informations complémentaires

L'expérimentation a fait apparaître la nécessité de transmettre de l'information qui n'avait pas été prévue explicitement. D'une manière générale dans le processus de conception, il y a de l'information qui ne peut pas être codée et que l'on pourrait appeler *souhaits ou exigences* du concepteur. C'est souvent de l'information textuelle qui peut concerner des choix arrêtés par le concepteur, des désirs, des contraintes qui doivent pouvoir être exprimés afin de ne pas engager de décision au niveau de l'élémentisation et qui pourrait provoquer d'autres contraintes. Pour résoudre ce problème, nous avons rajouté dans notre format d'échange un champ

"*commentaires*" qui contient ce type d'informations dans un format texte basique. Au dela de cette application, il apparaît important d'intégrer dans un modèle « coopératif » ce type d'information. Le concept de traçabilité aujourd'hui fréquemment avancé, devrait pouvoir intégrer ces données informatives qui participent au système de décision.

Échange normalisé des données

Pour simplifier l'échange de données, celui-ci s'est fait par des formats propres aux deux outils. La question de l'usage d'un format neutre n'a donc pas été abordée. On peut néanmoins envisager d'effectuer cet échange par le biais d'un format STEP [Arbouy et al, 94] [Step 21, 93] qui peut être traduit dans "woodpecker" comme un format texte. La traduction des entités échangées en STEP ne semble pas devoir poser de problèmes. Il conviendrait cependant de le vérifier dans un échange réel. Des formats plus récents comme les IFC ou même XML devraient également être testés.

2.2.5. CONCLUSION

Ce travail nous a permis de valider des résultats théoriques et pratiques.

Les résultats théoriques ont porté sur la validation d'un modèle de données spécifique au domaine de la conception technique, le modèle « Artec ». Plus que la définition d'un lexique des entités utilisées et de la structure de ces entités, ce modèle permet de définir une sémantique du domaine de la conception en proposant et en définissant des opérations de conception de base sur les entités du domaine. Ces opérations ont pu être validées sur différentes entités (murs, planchers, ouvertures, poteaux, poutres) et dans différentes technologies.

Ainsi ce travail et ceux qui l'ont précédé ont permis de formaliser et d'abstraire un savoir sur un domaine indépendant d'une technologie particulière situé entre le domaine de la définition formelle et fonctionnelle des ouvrages et celui de leur réalisation et de leur fabrication. Ce travail a été validé par un prototype informatique, générique à différentes technologies, et utilisé dans deux filières en simulation. Cette réalisation générique permet raisonnablement d'envisager la formalisation de méthodes de conception techniques autonomes par rapport aux technologies.

Les résultats pratiques ont porté sur l'expérimentation d'une maquette informatique d'intégration des données de la chaîne de conception fabrication dans la filière bois de la phase amont de conception conduite par l'architecte jusqu'à la fabrication des produits pour l'entreprise, la gestion de stock, l'optimisation des coupes, la préparation du chantier. Cette intégration va au-delà du simple transfert sur support informatique d'une information brute, hétérogène et spécifique à chaque métier. Elle définit en effet une continuité de l'évolution de l'information

qui répond aux logiques de métier propre à chacun, chaque acteur disposant d'opérations spécifiques pour enrichir cette information.

Cette recherche devrait se poursuivre dans plusieurs directions pour espérer irriguer le monde du bâtiment. D'un point de vue théorique, l'objectif devrait être d'affiner et d'enrichir le modèle à partir de points de vue non encore envisagés, comme le calcul de structure par exemple.

De manière applicative, il conviendrait de conduire des opérations expérimentales afin de valider par la pratique réelle le modèle et le prototype. La dernière direction de recherche serait de croiser le modèle avec d'autres problématiques afin d'avancer de manière plus globale dans les pratiques d'échanges de données. Ainsi, tout au long de ce travail, nous avons été confrontés aux problèmes particuliers des informations sur les produits (description, performances, mise en œuvre...). Les travaux menés sur les classifications et les nomenclatures mériteraient d'être également intégrés à notre réflexion générale.

2.3. SURF

MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION GUIDÉE PAR LA CONSTRUCTION : LE DOMAINE DU CALEPINAGE

2.3.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le travail de recherche que nous avons mené autour du calepinage représente une ponctuation singulière dans notre approche générale sur la modélisation et l'instrumentation des processus de conception construction. Les travaux que nous avions conduits dans le cadre des programmes « Artec » et « Article » restaient globaux dans leurs approches.

Le programme « Surf » a été, par différence, plus local. Il s'agissait d'analyser une pratique spécifique de conception, d'en produire un modèle et de construire un outil de simulation qui, bien que générique, tende vers un fort niveau d'opérationnalité. Activité caractéristique du niveau d'élémentisation selon « Artec », l'activité de calepinage met en œuvre plusieurs opérations primitives de conception techniques définit dans « Article ».

Le choix du thème du calepinage, outre qu'il correspondait à une demande des milieux professionnels, nous semblait donc intéressant pour poursuivre notre réflexion générale sur les processus de conception technique. Le calepinage comme pratique de conception renvoie à des opérations de conception particulières, celles attachées à la trame.

La notion générale de trame désigne en effet un dispositif de composition fortement présent en architecture et dans le bâtiment. Trame d'espaces, trame des parties physiques (poteaux, poutres, murs, ...), trame des matériaux (carrelages, briques, ...).

Le concept de trame est donc largement extensif et dénote d'approches multiples. La richesse instrumentale de la trame provient du fait qu'elle est autant un dispositif d'aide à la conception [Bignon, 97] qu'un outil d'aide à la réalisation.

Si l'on veut bien généraliser la typologie établie par Jean Zeitoun [Zeitoun, 76], on distingue trois grandes fonctions des trames en architecture :
La trame de *composition* qui intervient comme écriture ou comme support d'écriture dans la conception d'un bâtiment. Elle assure un traitement morphologique de l'espace ;
La trame *fonctionnelle* est une trame qui assure l'organisation et l'utilisation de l'espace en relation avec les usages de l'espace ;
La trame de *construction* renvoie, quant à elle, à plusieurs points de vue comme la répartition des charges (trame de structure), l'usage d'outils (trame de banche) ou à la mise en œuvre de matériaux (trame de produits).

C'est à cette dernière acception de la trame que renvoie le travail présenté ici. Nous nous sommes en effet intéressés à cette notion de « trame de produits » qui est souvent dénommée par le terme de métier de calepin (ou de calepinage).

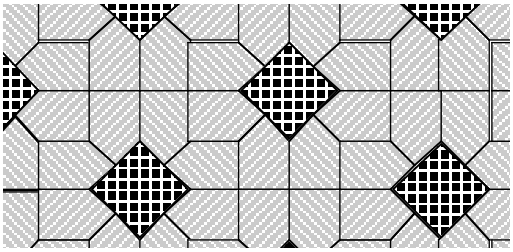
La trame recouvre des pratiques nombreuses et historiquement persistantes dans le domaine bâti. Architectes, mais aussi carreleurs, maçons, menuisiers, plaquistes, couvreurs, ... font largement appel au concept de calepin pour exprimer les pratiques d'assemblage auxquelles ils sont confrontés dans leurs métiers [Bechmann, 93], [Gimpel, 80], [Norton, 92], [Nosban, 57], [Tessier, 88].

Aujourd'hui, compte tenu de son mode de fabrication non manufacturier, le bâtiment est largement un monde d'assemblage in situ. Si le concept "d'intégration" est le plus adéquat pour rendre compte de l'économie technique des objets manufacturés, ceux "d'union" ou de "composition" apparaissent plus aptes à porter une des originalités de la logique de fabrication du bâti. Nombreux sont en effet les corps d'état qui, confrontés à des associations de matériaux ou de produits, tentent d'y répondre au niveau méthode par des règles de combinaison, d'assemblage et des outils de calepinage. Le calepinage finit donc par dénoter une pratique spécifique du secteur bâti, celui de l'assemblage par composition d'éléments modulaires.

Dans un tel contexte, il nous est apparu pertinent de conduire des travaux de recherche avec un objectif scientifique : élaborer un modèle partiel de données de produits du bâtiment (cf. notre typologie dans le chapitre ARTEC) qui tente de rendre compte des concepts fondamentaux de l'ensemble des pratiques de calepinage et un objectif applicatif : développer un outil d'assistance à la conception de calepins ce qui posait des problèmes spécifiques en matière d'algoritmique.

2.3.2. LE CALEPINAGE ; TRAVAUX ANTÉRIEURS

Alors que les pratiques du calepinage sont extrêmement répandues, paradoxalement, ce thème du calepin n'a fait l'objet que de peu de travaux scientifiques et appliqués. Les problèmes de combinatoire de petits éléments ont été abordés dans les travaux de B. Grunbaum [Grunbaum et al, 87] et de R. Rabat [Rabat, 91] mais bien que fondés sur des exemples du bâtiment, il s'agit de travaux plus proches de recherches à caractère géométrique que de conceptualisation de dispositifs du bâtiment.



Exemple de calepin de sol

Dans le domaine du graphisme relatif aux groupes, on mentionnera en particulier les recherche de P. Jullien [Julien, 78]. Enfin par son travail sur les trames planes, J. Zeitoun [Zeitoun, 76] est peut-être celui qui est allé le plus loin dans une théorisation. En abordant le concept de trame de manière très générale, J. Zeitoun a jeté les bases d'une méthodologie sans pour autant entrer dans la singularité des concepts du calepinage.

Du point de vue de l'informatique graphique, le problème du remplissage de surface a fait l'objet d'un nombre de travaux plus conséquents. Bien que le problème du calepinage ne soit pas un problème de remplissage mais un problème de décomposition-recomposition d'une surface en éléments, produits et motifs prédéfinis, il présente de fortes similitudes avec le problème de remplissage de surfaces par des pixels qui a été largement traité en informatique géométrique depuis l'émergence des terminaux graphiques [Hégron, 85] [Schweizer, 88] [Foley et al, 90] [Liebling et al, 89].
Nous avons donc proposé [Bignon et al, 96] différentes adaptations de ces algorithmes au problème spécifique du calepinage surfacique en montrant leur efficacité et leurs limites respectives.

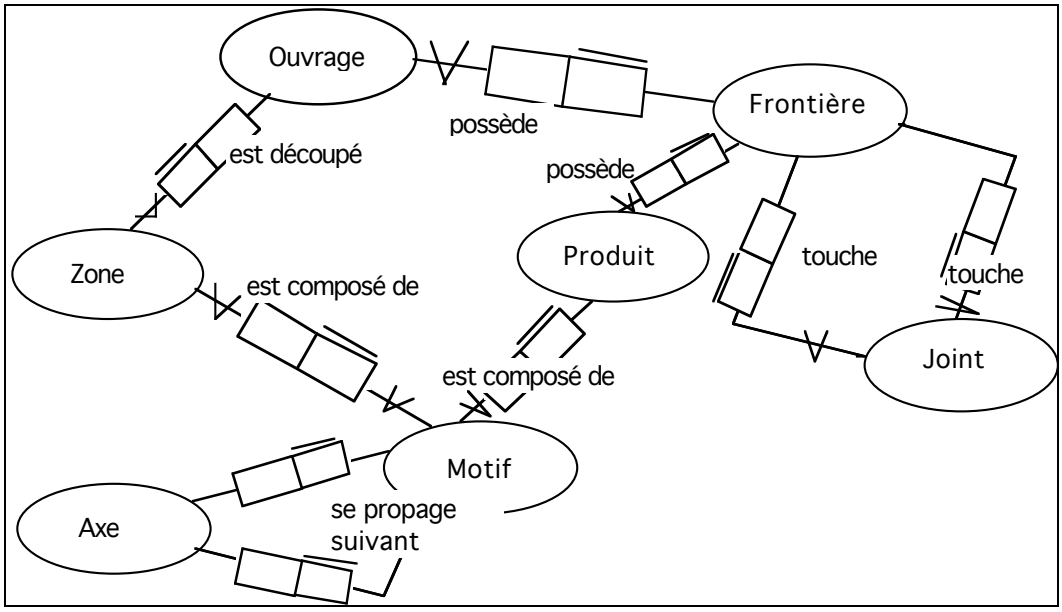
2.3.3. LE CALEPINAGE, CONCEPTS ET ENTITES

Pour fonder notre recherche, nous avons conduit un travail d'analyse de différents métiers en nous appuyant sur un corpus de pratiques que sont celles du pavage (de sol), de la toiture par petits éléments (tuiles, ardoises, ...), de la maçonnerie

appareillée (blocs, briques, ...), des faux plafonds (plafonds suspendus modulaires) et du carrelage. Cette recherche s'est appuyée à la fois sur l'analyse d'opérations réelles à partir des documents graphiques et des pratiques de chantier et sur des entretiens avec différents acteurs [Lotz, 95]. L'objectif était de formaliser et de généraliser un certain nombre de concepts qui rendent compte suffisamment des différentes pratiques tout en s'abstrayant des empirismes particuliers spécifiques à chaque pratique.

Nous avons pu ainsi identifier des concepts et des opérations qui nous paraissent fonder théoriquement les pratiques de calepinage en général et qui permettent l'élaboration d'un modèle de données du domaine.

Nous avons extrait de notre corpus sept concepts fondamentaux qui nous apparaissent comme le tronc commun de toutes les pratiques de calepinage et peuvent à ce titre servir de base à une théorie.



Modèle de données d'un calepin surfacique.

Ces concepts sont les suivants :

Ouvrage

Partie d'un édifice devant être réalisée par composition de produits. Un ouvrage peut être un élément tridimensionnel (par exemple un mur à appareiller) ou surfacique (par exemple une surface de plancher à carreler) ou linéaire (par exemple des bordures de trottoirs). Un ouvrage à calepiner commence à être spécifié au niveau logique et se raffine au niveau d'élémentisation.

Produit

Entité de « remplissage » élémentaire. Le produit constitue l'unité de base d'une opération de calepinage.
Dans une base de données, il peut être associé avec d'autres produits dans une gamme de produits ainsi qu'à des accessoires.
Lors du calepinage, un produit pourra être composé avec d'autres produits ou accessoires dans un motif. Le produit est pour nous la partie physique la plus élémentaire.

Frontière

Elément représentant la limite ou encore l'arête d'un objet (ouvrage, zone, produit). Tout ouvrage, zone et produit sera représenté par un ensemble fermé de frontières (ou limites).

Joint

Espace compris entre deux produits ou plus précisément entre deux frontières de produits ou entre la frontière d'un produit et la frontière d'un ouvrage.
Un joint peut avoir une valeur positive ou nulle pour les produits juxtaposés (par exemple les carrelages) et une valeur négative pour les produits qui se superposent (par exemple les tuiles).

Motif

Association de produits appartenant à une même gamme selon des règles de composition obéissant à des exigences techniques, économiques et esthétiques.
Un motif représente le plus petit ensemble de produits complets qui sera reproduit lors du calepinage.
Un motif peut être composé d'un seul produit (motif monoproduit).

Zone

Partie d'un ouvrage. Une zone a comme caractéristique d'être homogène par rapport aux paramètres et aux règles de calepinage (une seule origine et mêmes vecteurs de propagation).

Vecteurs de propagation

Vecteur de déplacement d'un motif lors du remplissage d'une zone. Un vecteur défini la direction de propagation et le pas de déplacement.
Un calepinage volumique met en œuvre trois vecteurs de propagation, un calepinage surfacique met en œuvre deux vecteurs de propagation. Un calepinage linéaire met en œuvre un seul vecteur de propagation.

Ce modèle des entités de calepinage a été complété par un ensemble d'opérations de conception. Nous avons, pour cette recherche, largement réutilisé les primitives de conception élaborées dans « Artec » et dans « Article » qui se sont avérées d'une bonne efficacité.

2.3.4. ALGORITMMES DE CALEPINAGE DE SURFACES PLANES

Nous indiquons brièvement ici les principes à la base des algorithmes de calepinage surfacique.

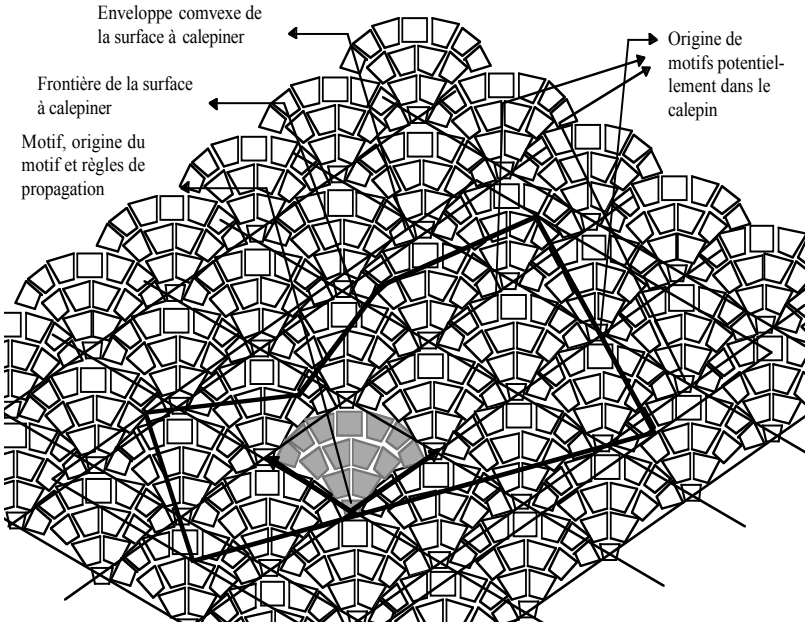
Les algorithmes de remplissages sont généralement classifiés en deux familles :

- Les algorithmes par *inondation* de la surface, limitée par la frontière, qui s'apparentent au comportement d'un liquide contraint par une forme ;

- Les algorithmes de *suivi de contour* qui s'appuient sur la définition de la frontière de la surface pour réaliser l'opération de remplissage.

Algorithme élémentaire

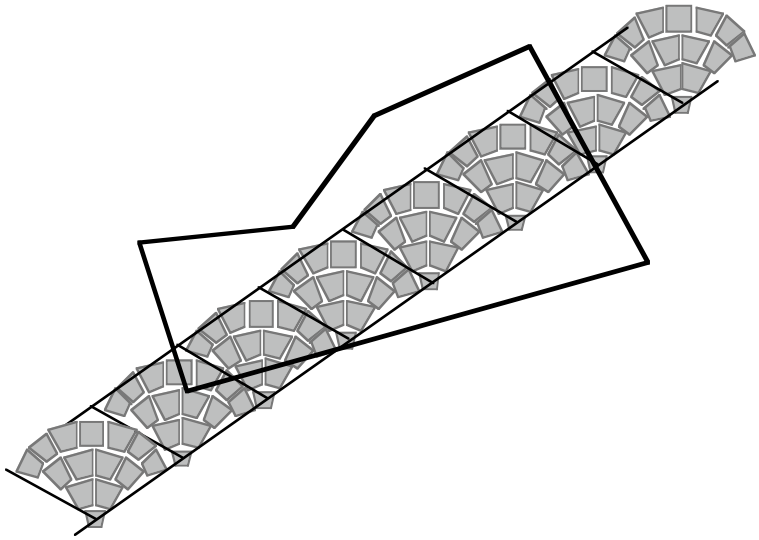
Un premier algorithme simple consiste à déterminer, pour un sur-ensemble de motifs potentiellement présents dans le calepin, quels produits se trouvent effectivement, partiellement ou complètement, dans le calepin. Les origines des motifs de ce sur-ensemble peuvent être obtenues par tramage de l'enveloppe convexe de la surface à calepiner .



Motif, Règles de propagation, enveloppe convexe et sur-ensemble de motifs

Algorithmes par balayage linéaire

Le principe général de cet algorithme consiste à tramer, parallèlement à une règle de propagation et suivant la largeur du motif, la surface à calepiner. Les origines des motifs potentiellement dans le calepin sont déterminées en limitant cette bande à la surface englobante de la surface à calepiner.
L'intérêt d'une telle approche, combinée avec un pré-traitement sur la surface est de limiter le nombre d'éléments de frontières susceptibles d'intervenir dans les opérations topologiques (appartenance, intersection). Les éléments de frontières à considérer sont ceux qui appartiennent à la bande de trame ou la coupent.
Comme pour les problèmes de remplissage de surface en infographie, cet algorithme nous semble le plus efficace, car il est le seul à limiter le nombre d'éléments de frontière de la surface à calepiner entrant dans les opérations topologiques. C'est celui que nous avons implanté dans le prototype que nous avons développé.



Bande de trame de calepinage par balayage linéaire.

Opérations sur les frontières

Appartenance au calepin

Décidons qu'un produit, élément de composition d'un motif, fait partie totalement du calepin si l'ensemble de ses frontières se trouve à l'intérieur de la surface à calepiner. Nous faisons ainsi l'hypothèse implicite qu'il n'y a pas de réservation de taille plus petite que la surface des produits entrant dans la composition des motifs. Décidons également qu'un produit donné ne fait pas partie du calepin si l'ensemble de ses frontières se trouve à l'extérieur de la surface à calepiner. Nous

faisons ici l'hypothèse qu'il n'y a pas de surface à calepiner plus petite que la surface des produits prise individuellement entrant dans la composition des motifs.
En cas d'intersection entre les frontières (frontières du produit, frontières de la surface à calepiner), l'appartenance au calepin dépend des caractéristiques des frontières (calepinage par excès, calepinage en retrait, choix d'un produit particulier dans une gamme). Par défaut, le produit est *coupé* et l'ensemble de ses frontières est constitué de l'union des frontières ou parties de frontière du produit appartenant à la surface et des frontières ou partie de frontière de la surface appartenant au produit.

Optimisation

Il est possible d'optimiser l'opération de calepinage d'une surface, en particulier en considérant le *motif englobant* du motif de composition de la surface, et de décider que l'ensemble des produits d'un motif donné ne font pas partie du calepin si les frontières du motif englobant correspondant sont à l'extérieur de la surface à calepiner. Dans le même ordre d'idée, il est également intéressant de décider que l'ensemble des produits d'un motif donné font partie du calepin si l'ensemble des frontières du motif englobant correspondant sont à l'intérieur de la surface à calepiner.
Ces deux heuristiques ne sont exactes que s'il n'y a pas de surface à calepiner masquable par un motif englobant et qu'il n'y a pas de réservation masquable par un motif englobant. Ces deux conditions sont généralement vérifiées dans les domaines où le calepinage intervient.

Appartenance des frontières

L'appartenance d'une frontière (ou d'une partie de frontière) de produit à la surface à calepiner n'est pas absolue dans l'opération de calepinage et dépend de la position du produit par rapport à cette frontière. S'il y a intersection franche entre cette frontière et l'une des frontières de la surface à calepiner ou si la frontière est franchement à l'intérieur ou à l'extérieur de la surface à calepiner, il n'y a pas de problème. En revanche, si la frontière (ou une partie de la frontière) du produit coïncide avec une frontière de la surface à calepiner, son appartenance ou non à la surface à calepiner est conditionnée par l'appartenance des autres frontières du produit à la surface : si les frontières (ou parties de frontière) du produit adjacentes à la frontière considérée appartiennent à la surface à calepiner alors celle-ci appartient aussi à la surface à calepiner ; dans le cas contraire, la frontière considérée n'appartient pas à la surface à calepiner.

Particularisation

Dans le prototype que nous avons développé, les frontières d'une surface à calepiner sont caractérisées techniquement afin d'indiquer la manière d'opérer en limite. Ces caractéristiques techniques dépendent du domaine et peuvent conduire

à couper ou non le produit (coupe par défaut, calepinage en excès ou en retrait) et à choisir un produit particulier dans une gamme (une limite qualifiée de « rive gauche » en couverture peut conduire à choisir un élément de couverture adapté pour le calepin).
De toute façon, l'outil d'assistance au calepinage que nous avons développé permet à l'utilisateur de substituer interactivement un produit par un autre dans une gamme donnée.

2.3.5. OUTIL ET EXPERIMENTATION

À partir de l'analyse de plusieurs domaines du calepinage et des concepts et opérations formalisées ci-dessus, nous avons développé un prototype informatique qui permet :

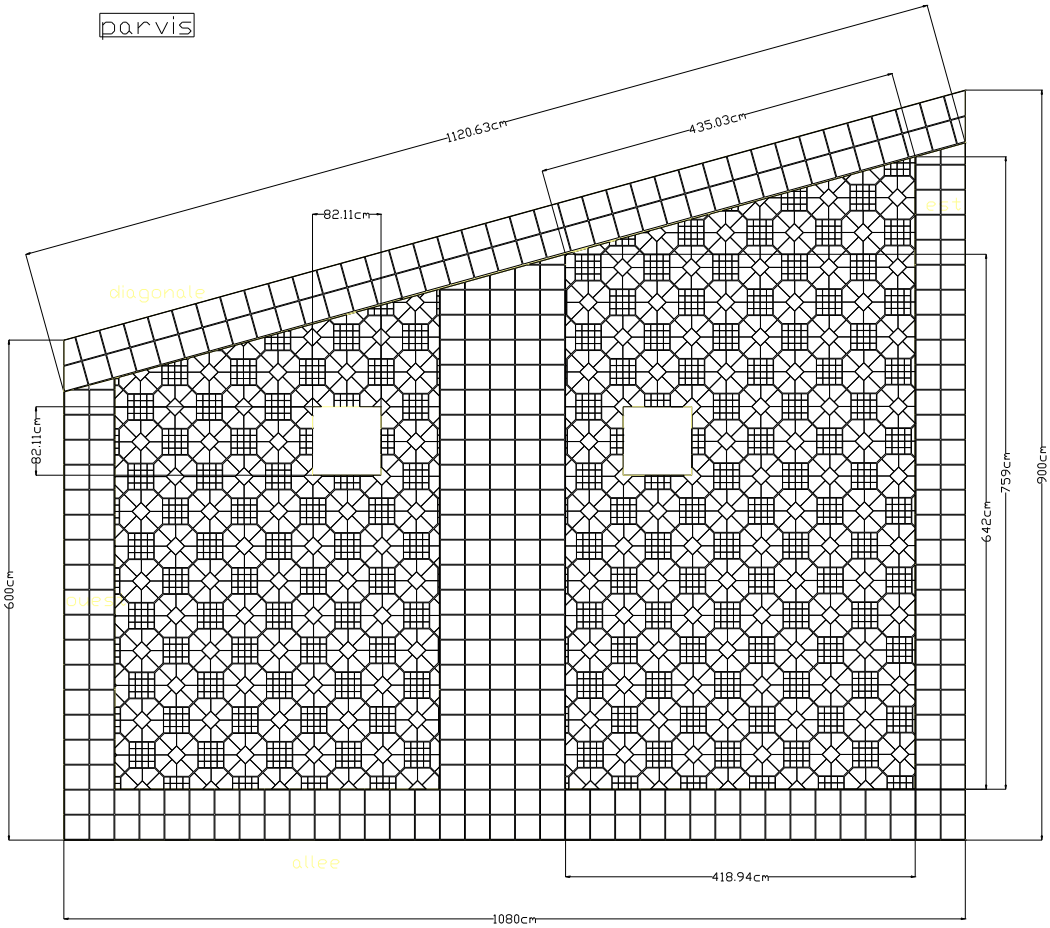
- D'aider à la conception de calepin,
- De préparer le chantier,
- De préparer la commande,
- De communiquer le projet.

La nature des problèmes posés par la conception d'ouvrages composés, nous a conduit à faire appel à la notion de « conception graphiquement assistée ». Dans un outil d'assistance à la conception, la représentation visuelle par le dessin apparaît indispensable car elle est le seul moyen de contrôler par anticipation la position de tous les éléments, de faire apparaître les intersections en limite de surface et les problèmes particuliers liés à la présence de points singuliers.

L'outil a été développé sous Autocad par Vincent Marchal [Marchal, 97]. Il est interfacé avec une base de données intégrée au logiciel qui gère les informations relatives aux produits, aux motifs, aux ouvrages et aux affaires. Le moteur de calepinage utilise les algorithmes présentés précédemment.

«Surf « a été expérimenté par Jérome Lotz [Lotz, 95] en partenariat avec des architectes, des industriels et des entreprises dans plusieurs domaines différents où il s'est montré opérationnel. C'est ainsi que nous avons réalisé les calepins d'un parvis urbain, de murs en briques, de faux plafonds d'un restaurant (avec insertion d'éléments accessoires comme les luminaires, les extracteurs d'air, etc) et de couvertures en ardoises artificielles.

Les fonctions proposées et les algorithmes développés sont apparus suffisamment génériques et efficaces pour pouvoir répondre aux besoins courants des différents domaines. Nous avons dû cependant enrichir l'application de quelques fonctions particulières pour régler des points singuliers comme la gestion des coupes complexes d'un produit.



Calepinage d'un parvis urbain

Les expérimentations ont montré également l'intérêt de l'outil dans la recherche rapide de solutions heuristiques de problèmes de calepinage tant d'un point de vue économique qu'esthétique.

La simulation effectuée pour un aménagement de place a permis par exemple de faire apparaître des problèmes de coupe en aiguille liés à une géométrie pseudo-orthogonale de la place et d'envisager un autre mode de découpage géométrique autorisant une solution plus satisfaisante.

2.3.6. CONCLUSION

Cette recherche a été l'occasion de mener un travail théorique pour conceptualiser le domaine du calepinage. Ce travail nous a montré que, derrière l'unicité du terme, existait une multiplicité de points de vues portés par des acteurs différents. Cette multiplication des points de vue a pour effet de mettre en relation une grande quantité d'informations hétérogènes et parfois contradictoires. C'est ainsi que le choix d'un axe d'origine pour répondre à une donnée esthétique conduit dans certains exemples à des contraintes de coupes fortement incidentes sur le prix. Le calepin n'échappe donc pas à ce problème somme toute classique de la conception qui consiste à rechercher des solutions en réponse à des objectifs contradictoires.

Cependant, nous avons pu vérifier qu'à partir de la diversité des pratiques des métiers, il était possible d'abstraire des concepts pertinents pour une généralisation et surtout que le calepinage apparaît comme une pratique de gestion globale du projet, de la conception des ouvrages à la pose. Cette « verticalité » du problème nous a conduit à la définition d'un système de données partagées. Le modèle proposé bien que simple a permis de réintégrer au niveau de la conception des notions véhiculées au niveau de la production. Nous avons pu ainsi continuer à avancer, dans un domaine limité, à la définition d'un modèle de conception du bâtiment qui soit plus coopératif et favorise l'échange entre les acteurs.

Ce travail a aussi été l'occasion de présenter une application originale que nous avons développée pour effectuer des simulations de calepins et assister les pratiques.

Cette recherche a enfin servi de base à un travail plus théorique sur le concept de trame qui a fait l'objet de plusieurs travaux de DEA [Malcurat, 98] [Malcurat et al, 99], [Hermann, 01]

Pour des raisons de facilité d'utilisation et compte tenu des besoins dominants des utilisateurs, nous avons restreint notre outil au domaine du calepinage de surface planes. Cette situation ne nous permet pas aujourd'hui de répondre à des cas limités (professionnellement) mais intéressants (scientifiquement) comme le calepinage de surfaces gauches fondé sur des joints non constants ou le gironnage de surfaces coniques fondé sur des modifications de produits et de joints. Ce sont là des thèmes potentiels qui pourraient donner naissance à de nouveaux travaux de recherche et de développement.

2.4. COCAO

MODÈLE D'ÉCHANGE POUR LA CONCEPTION COOPÉRATIVE : APPLICATION À LA RÉALISATION D'OUTIL D'AIDE À LA COOPÉRATION

2.4.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Nos travaux précédents avaient questionné l'évolutivité du processus de conception dans un système d'information et d'action partagé entre acteurs. La recherche « Cocao » s'est orientée vers une meilleure compréhension de cette activité coopérative en vue de définir des outils d'échanges de documents au sein du collectif d'acteurs impliqué dans un projet.

Cette question de la coopération n'est pas neuve même si ce n'est que récemment (depuis les années 60) qu'elle a été formulée comme question théorique dans le domaine du bâtiment.

Les grands chantiers de construction, des pyramides aux cathédrales ont été historiquement les premiers lieux de formation empirique de pratiques collectives de production.

Une caractéristique majeure de ces pratiques fût leur étonnante flexibilité (système d'échanges et de décisions peu hiérarchisé et peu codifié). Cette

capacité d'adaptation à des contextes de travail ou d'ouvrages forts différents leur a donné leur efficacité et l'aptitude à perdurer pendant de nombreux siècles.

Lorsque l'industrie se développe en Europe au XIXe siècle, elle introduit une rupture.

Héritière des pratiques militaires développées dans les arsenaux et les manufactures royales, l'industrie définit très vite des règles de commandement et des hiérarchisations entre les métiers et les hommes. Nous pensons qu'il y a dans ce résumé rapide de l'histoire, le fondement même de deux paradigmes du travail collectif.

Nous qualifions le premier de paradigme de production coopérative où les acteurs coordonnent leurs activités de manière implicite en fonction de chaque situation de projet et le second de paradigme de la production commandée où les activités sont planifiées a priori et la coordination entre acteurs explicite.

Aujourd'hui encore, ces deux approches perdurent même si la distance entre ces deux modèles de travail s'est atténuée. Les nécessités d'une adaptation rapide de la production manufacturière au marché ont induit une organisation plus flexible de l'industrie. La multiplication des chantiers et les exigences de qualité ont induit des formes plus organisées et contrôlées du travail dans la construction.

Il n'en est pas moins vrai que subsiste une différenciation importante des secteurs que l'on doit prendre en compte dans toute réflexion sur les méthodes et les outils d'assistance au travail collaboratif [Giard, 93].

Nous pensons que l'échec actuel d'importation des méthodes dites d'ingénierie concourante du domaine de l'industrie au domaine de la construction n'est pas dû à un retard du monde du bâtiment. Nous faisons l'hypothèse qu'elles sont fortement inadaptées à un contexte singulier de coopération.

Les outils de travail collaboratif développés aujourd'hui dans le monde de l'industrie ne sont pas directement adaptables au bâtiment. Ils requièrent un haut niveau de définition des procédures et des échanges qui est incompatible avec la flexibilité des pratiques courantes et les modes de fonctionnement de l'entreprise-projet.

Ce qui caractérise aujourd'hui ce contexte de la conception-construction du bâtiment, ce sont notamment :

-La multiplicité et la diversité (en taille et en méthode) des différents acteurs ;
-Des liens contractuels entre les intervenants qui n'existent que le temps d'une opération de construction ;
-Des relations entre intervenants fortement opportunistes du fait de l'ouverture du système d'acteurs ;
-Un système d'acteurs qui entretient des relations de dépendances peu hiérarchisées ;

-Des compétences riches mais dont les limites restent souvent floues ;
-Des modes d'échanges d'informations très empiriques où l'oral joue encore un rôle important ;
-Le caractère non routinier des démarches de conception et de gestion de projet adaptées à des ouvrages qui sont souvent des prototypes.

Face aux exigences actuelles d'accroissement de la productivité et d'amélioration de la qualité, le secteur du bâtiment doit donc trouver sa propre voie et ses propres méthodes.

Cette recherche a pour objectif de proposer un modèle de collaboration fondé sur le paradigme de la conception coopérative. Par différence avec nos travaux précédents, ce modèle ne s'appuie pas sur une sémantique de l'objet ou une typologie des opérations de conception, mais s'attache à identifier les relations qu'entretiennent les acteurs à travers les activités qu'ils mènent et les documents qu'ils produisent.

Notre modèle est fondé sur le principe d'une vision par projet qui montre, de manière dynamique, une représentation de l'équipe de conception, des activités et des documents qui structurent le projet tout au long de son cycle de vie.

Son objectif est de servir de fondement à des outils de travail collectif qui respectent les pratiques spécifiques du secteur tout en leur apportant une efficacité accrue.

2.4.2. MODÈLES ET OUTILS DE COOPÉRATION ; TRAVAUX ANTÉRIEURS

Les modèles de coopération

Les travaux en matière de sociologie des organisations [March et al, 64] [Bernoux, 85] comme ceux en matière d'analyse stratégique [Crozier et al, 77] constituent largement la toile de fond de toutes les réflexions sur la coopération entre acteurs.

Les premiers travaux en matière de gestion de projet [Bobrof et al, 93] et d'ingénierie concourante dans le bâtiment [GREMAP, 96] ont cherché à identifier les singularités du domaine. En s'appuyant fortement sur des analyses de cas, ils ont fait ressortir la forte variabilité des situations.

De nombreux auteurs se sont également attachés à cerner cette dimension coopérative dans les processus de conception. Christophe Midler [Midler, 93, 96] a proposé une caractérisation des situations de conception en six points :
-Une heuristique tendue par une finalité globale,
-Une affaire de communication et d'intégration de différentes logiques,
-La prise en compte de l'incertitude,

-La temporalité de situations de conception,
-Le statut de la singularité dans les situations de conception,
-Un espace ouvert et fluctuant.

À partir de cette caractérisation, il a montré les limites des trois modèles de coordination dominants que sont le modèle de l'entrepreneur, le modèle taylorien et le modèle de l'ingénierie et a jeté les bases d'un modèle dit concourant.

Jean-Luc Soubie [Soubie, 96] a conduit une analyse de la coopération en conception et sur les outils d'aide à la coopération qui aboutit à l'idée d'un référentiel commun de conception pour favoriser le dialogue entre les différents intervenants.

Sur la même thématique, Armand Hatchuel [Hatchuel, 96] a identifié trois éléments centraux d'une théorie de la conception collective.
-Dans le déroulement de l'activité de conception, il existe une évolution des prescriptions et des modes de coopération.
-La structuration du processus se fait par des modes de validation.
-Il existe une réversibilité des rapports de prescription entre intervenants.

Nous retiendrons également du travail d'Alain Jeantet [Jeantet, 94] le rôle important de ce qu'il nomme « les objets intermédiaires ». Pour cet auteur la production d'une foule d'objets divers dans l'activité de conception (plans, textes, calculs, maquettes...) est l'expression d'un dispositif majeur du processus de coopération. Production, réutilisation, critiques... des objets sont des activités privilégiées de la conception coopérative.

Plus proches de nous dans les préoccupations, les travaux de Michel Callon [Callon, 96] et de Michel Conan [Conan, 90] sur la conception en architecture ou ceux de G. Tapie [Tapie, 99] sur les professions de l'architecture, nous montrent à des degrés divers la part d'interaction constante entre les différents acteurs du processus de conception.

De tous ces travaux, il ressort que :

-La complexité des processus de conception-construction induit fortement la recherche de coopération entre acteurs.

-Les relations de dépendance-indépendance nouées entre acteurs reposent sur des modèles du travail de conception qui peuvent être fort différents et variables tout au long de l'activité de conception. Le modèle « hiérarchique » repose sur des relations d'ordre et de dépendance entre les différents acteurs tandis que le modèle « coopératif » présume une sorte d'égalité d'action qui conduit à un projet négocié.

-Les outils d'aide à la coopération doivent prendre en compte la spécificité des processus de conception. On notera en particulier qu'en situation de conception, la définition du problème et la définition de la solution évoluent ensemble. La

formalisation explicite de tâches ordonnées reste donc toujours délicate. De même, il existe une réversibilité des prescriptions, qui ne favorise pas la gestion des tâches.

-Les actions de coopérations prennent appui sur des objets intermédiaires (texte, oral, plans ...) qui servent autant à la formulation et à la résolution de problèmes (objet médiateur) qu' à la codification des solutions (objet commissionnaires).

-Les échanges et dialogues entre acteurs supposent un référentiel commun (vocabulaire, projet-référence, mode de représentations, conscience de l'état d'avancement du projet...) qui est toujours en construction.

Les collecticiels de projet

Afin de poursuivre cet état de l'art, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux outils d'assistance au travail collectif : les collecticiels. Nous avons identifié trois grands types d'outils informatiques pouvant participer à une instrumentation de la coopération entre acteurs.

Les armoires à plans informatisées

Ce sont les premiers outils de type base de données partagée à avoir été développés dans les années 80. Trois systèmes ont été utilisés en France (système SGT, Prosys et EDI Management) pour la conception et la réalisation d'opérations de nature exceptionnelle (Bibliothèque Nationale de France, Hôpital Georges Pompidou, Stade de France, Technocentre de Renault ...).
Les principales fonctionnalités de l'armoire à plans sont le classement et l'organisation des documents, la communication entre les partenaires grâce à une messagerie associée et le maintien de la cohérence des données : un découpage par domaine technique, un découpage par phase (esquisse, APS, APD...) et un découpage en zones géographiques (bâtiments, niveaux...) proposé par chaque acteur en fonction de la pertinence de ses interventions.
Les armoires à plans permettent à tous les acteurs d'un projet de partager un espace de stockage électronique de documents. L'accès à l'armoire est personnalisé en fonction de chaque intervenant selon ce que stipule le contrat d'interchange adjoint au marché d'études et de travaux.

Plusieurs bilans ont été réalisés sur l'utilisation de ces armoires dans des contextes d'opération différente [Chimits et al, 96].
Les principaux avantages reconnus sont :
-La compilation automatique des plans fournis. À titre d'exemple, le dossier des ouvrages exécutés est réalisé « au fil de l'eau » ;
-La traçabilité qui peut favoriser l'identification des responsabilités surtout en cas de conflit.

Le principal inconvénient énoncé, outre le coût qui en limite l'usage à des grosses opérations, est que la formalisation du contrat d'interchange est lourd car il se fonde sur un modèle de coopération fortement structuré et explicite. La seconde critique concerne l'application au jour le jour du contrat d'interchange. Parce que sa complexité le rend difficile à respecter, les acteurs commettent souvent des erreurs.

Les gestionnaires de flux de tâche

Un gestionnaire de flux de tâche est un système informatique qui permet de définir, créer et contrôler l'exécution de procédures liées à la pratique d'un métier. Une procédure est un ensemble d'activités qui réalisent collectivement un objectif.

Les outils ont surtout été développés pour répondre aux besoins de la gestion administrative ou de la gestion productive par exemple dans le domaine de l'automobile. La gestion en flux de tâche suppose qu'il est possible de décrire à l'avance des procédures complètes. Les procédures doivent être connues et acceptées par tous les participants. Il est possible de décrire des rôles procéduraux et d'identifier les participants qui les remplissent.

De telles conditions sont difficiles à réunir dans le domaine du bâtiment [Dauguet, 99].

La phase de conception rend difficile l'utilisation des procédures prédéfinies. Seule la gestion des grandes phases lors de la conception qui font l'objet d'une définition contractuelle reconnue semble pouvoir faire l'objet d'une application de ces méthodes.

Pour contrôler la coopération, les modèles à flux de tâches sont basés sur la connaissance explicite des procédés exécutés par les activités coopératives. Il s'agit de décrire l'application coopérative complètement, c'est-à-dire en tenant compte de toutes les ressources, de toutes les activités et de toutes les coordinations, ce qui est difficile dans les équipes virtuelles [Tata, 00].

Le niveau du chantier est celui qui se prête le mieux à l'utilisation de gestionnaire de flux de tâche [Pierre, 91]. Certaines activités comme la commande de produits peuvent être formalisées en terme de procédure avec un début et une fin et un collectif d'acteurs bien identifié et peu variable d'une situation à une autre. Les plannings de Gant ou les plannings Pert sont des gestionnaires simplifié de flux de tache pour l'organisation des interventions sur le chantier.

Les outils de CAO à fonction augmentée de collaboration

Face à la demande, mais aussi dans un souci d'enrichir les fonctionnalités de leurs logiciels, plusieurs éditeurs de logiciels de CAO ont ajouté des fonctionnalités de groupe. Ainsi, le logiciel Archicad (Graphisoft) permet de définir des rôles

d'utilisateurs avec une liste d'action possible. Teamwork Projectbank est un outil client/serveur proposé par Bentley qui permet à plusieurs utilisateurs de travailler sur un même fichier, de pouvoir détecter des modifications et le cas échéant de revenir à une version antérieure.
Ces outils, qui se fondent sur des formes de coopération plus implicites, semblent mieux adaptés aux caractéristiques du bâtiment, mais leur usage est gravement compromis par une limitation inhérente à ces systèmes. Ils ne travaillent qu'à partir d'un modèle de données propre au logiciel support et ne peuvent inclure les données provenant d'autres logiciels, ce qui fragilise toute idée de référentiel commun et repose le problème de la discontinuité des données échangées que nous avions évoquée lors de nos précédentes recherches.

2.4.3. EXPÉRIMENTATION ET OUTIL

Dans nos précédents travaux, nous avons respecté un ordre conventionnel de la méthodologie scientifique qui place la partie expérimentale à la suite des parties consacrées à la modélisation et à la création de prototype, dans le but de valider des concepts ou des outils définis à priori.

Dans cette recherche, nous avons eu une approche beaucoup plus inductive. Plutôt que de partir d'un modèle abstrait qui nous semblait difficile à établir, nous avons préféré conduire une expérimentation afin de nous aider à fonder notre modèle à posteriori.

Par ailleurs, et vu l'importance du travail de prototypage d'outil, il n'apparaissait pas envisageable d'aboutir à un logiciel suffisamment développé et fiable en vue d'une expérimentation. Nous nous sommes donc appuyés sur un collecticiel opérationnel avec lequel nous avons conduit notre expérimentation.

Il est bien évident qu'un outil est toujours sous tendu par un modèle des tâches et des relations entre acteurs. Aussi nous avons cherché par l'analyse critique d'un collecticiel « représentatif » à approfondir notre modèle de coopération et à préciser les besoins et exigences des utilisateurs.
L'expérimentation s'est appuyée sur un travail mené par deux étudiants du DEA « modélisation et simulation des espaces bâtis » relatif à l'aménagement d'une place de Nancy : la place Paul Painlevé [André, 01], [Peupion, 01].

Les expérimentations d'outils logiciels coopératifs sont rares dans le secteur du bâtiment [Maher et al, 96] à l'exception des armoires à plans.

La première exigence concernant le logiciel, motivée par l'incertitude quant aux moyens informatiques de tous les acteurs fut la simplicité et l'universalité de son accès. Nous avons répondu par un collecticiel exécutable dans un navigateur Internet.

La deuxième exigence concerne la représentativité du collecticiel : elle doit être suffisante pour donner valeur à une généralisation de sa critique. La priorité étant donnée à la conception coopérative de documents sur une période de temps correspondant à la durée d'un projet. Le choix s'est fait sur un collecticiel de projet partagé fondé sur des échanges asynchrones (sans exclure les échanges synchrones). Notre choix s'est porté sur BSCW [Appelt, 99] [Bentley et al, 96] [Appelt et al, 98].

Projet d'aménagement de la place Painlevé à Nancy

Tout projet coopératif requiert de la part des participants, dès son démarrage, un savoir méthodologique commun. Cet aspect était d'autant plus important que le projet était conduit par des étudiants. Nous nous sommes employés à en fournir un, sous la forme d'un document que nous avons nommé « Plan d'Assurance Qualité » en référence à un document ayant cours dans des projets architecturaux ou urbains de plus grande envergure. Cette approche avait fait l'objet d'une réflexion menée par un autre étudiant de DEA, Damien Hanser [Hanser, 00].

Ce PAQ contient plusieurs points répondant à des exigences diverses : identité et rôle des acteurs, phasage, format de fichier, structure de répertoire et nomenclature de fichiers, formes des requêtes, contenu du répertoire public.

Afin de conserver la trace du maximum d'actions effectuées par les différents acteurs durant le projet, nous avons également mis en place deux systèmes complémentaires fondés sur l'établissement de fiches de suivi. Les premières appelées « fiches de suivi de BSCW » rapportent toutes les actions effectuées sur le serveur. Les secondes appelées « fiches de suivi hors BSCW » sont destinées à

capturer les actions importantes du point de vue de la compréhension générale du projet, mais qui ne sont pas produites par l'intermédiaire du collecticiel. Ce sont en particulier les réunions physiques des personnes, les échanges de disquettes, les coups de téléphone... Ces fiches étaient établies par les acteurs eux-mêmes. Ces fiches nous ont permis de donner des résultats objectifs sur le déroulement du projet. Pour une analyse plus subjective, des entretiens informels ont été conduits avec les étudiants pendant et après le projet afin de recueillir leur avis sur le collecticiel et leur représentation de la coopération.

Structuration des documents dans BSCW

Résultats

Un bilan détaillé de cette expérimentation a été conduit par Olivier Malcurat [Malcurat, 01]. Nous en retirons quelques éléments utilisables pour la suite de notre recherche.

La gestion hiérarchique des répertoires et des documents empruntée à des dispositifs fréquents de classement en informatique est mal adaptée à une représentation diversifiée pouvant se faire par acteur (plan de structure, plan d'électricité...), par types de documents (plan d'étage, plan masse), par version (date), par état des documents (validés, en cours...). Il convient donc de penser un autre type de présentation des documents plus ouvert à des recherches et des interprétations multi-points de vue.

Les règles pour nommer les documents sont difficiles à respecter, surtout si elles doivent exprimer toutes les caractéristiques attachées au document (auteur, date, version, type de document...). Les règles d'identification du monde papier que le

projet SUC avait déjà essayé de réinterpréter [SUC, 91] semblent trop contraignantes dans l'univers du document numérique.

L'absence d'une prescription explicite des tâches rend délicate leur gestion. On peut dans une certaine mesure la simuler en recourant aux « fils de discussion », mais on n'obtient pas tout ce qu'elle pourrait apporter si la notion de tâche était présente en tant qu'objet explicite. Or, il apparaît que la prescription réciproque (de tâche) est un moteur essentiel de coopération.

La gestion limitée des droits d'accès ne permet pas de gérer de manière fine la confidentialité nécessaire à certains documents. De plus, les indicateurs d'événement qui signalent les changements effectués sur les répertoires et les fichiers en ont été d'une pertinence réduite dans la mesure où il arrivait souvent qu'un utilisateur soit alerté d'une modification qui ne le concernait pas.

Le nombre de réunion est important. Cet aspect est sans doute lié au caractère pédagogique de l'expérimentation, mais il traduit aussi le fait que, en tant que dispositif de coordination implicite, la réunion est une pratique coopérative essentielle pour la gestion d'une opération.

2.4.4. MODÈLE

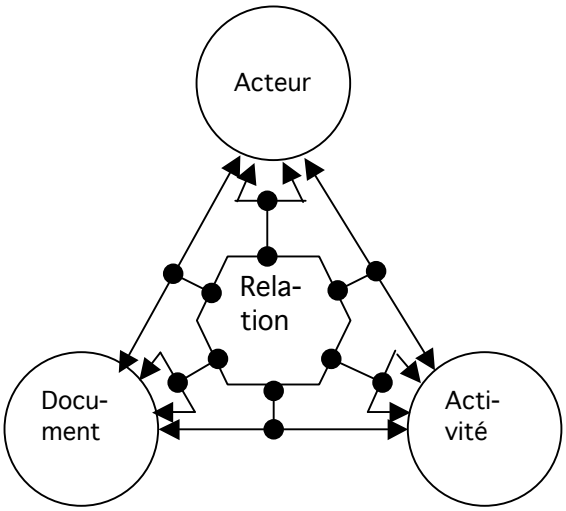
Au-delà des aspects purement instrumentaux de l'expérimentation, nous avons construit une représentation plus théorique de la coopération en action. Les trois concepts fondamentaux autour duquel s'organise notre modèle sont les acteurs, les documents et les activités. On peut rapprocher ce triplet des concepts décrits dans le modèle de Denver [Salvador et al, 95]

Les acteurs sont les personnes physiques ou morales qui participent à un projet donné. Ils forment une équipe virtuelle.

Les documents sont des objets intermédiaires qui formalisent un travail individuel ou collectif. Il ne faut pas les comprendre dans un sens informatique du terme, comme de simples fichiers, mais au sens professionnel. Ainsi, un dossier de permis de construire est un document. Dans notre modèle, chaque document a une configuration qui représente un état d'avancement et donc un degré de réversibilité. Cette configuration du document donne aux acteurs en permanence une vision générale du projet en cours de conception.

Les activités sont les tâches élémentaires ou composées nécessaires à l'accomplissement des missions des acteurs et aboutissant à des documents.

Nous apportons une contribution spécifique en affinant ce modèle basique par la notion de relations typées.



Trèfle de coopération

La notion de relation s'attache autant à décrire les rapports entre les éléments des trois concepts du modèle (acteur/activité, acteur/document...) qu'entre les éléments relevant d'un même concept (document/document, acteur/acteur...)

Ce modèle « par relation » permet de rendre compte de plusieurs fonctions importantes dans les activités de coopération. Nous en avons plus particulièrement analysé trois .

Les rôles

Chaque acteur a une mission spécifique dans le projet en accord avec les termes des missions définies par la loi, le contrat de maîtrise d'œuvre et les contrats complémentaires éventuels (plan qualité ...). Pour assurer sa mission durant le projet, l'acteur joue un rôle. Ce dernier définit la position occupée par l'acteur dans la coopération. Dans le cadre de ce rôle, l'acteur mène des activités spécifiques et intervient sur des documents particuliers.

À partir de l'analyse de plusieurs opérations et sur la base de notre expérimentation, nous avons identifié plusieurs rôles.

-Concepteur,
-Co-concepteur,
-Responsable,
-Contrôleur,
-Consultant.

Il convient de ne pas confondre les rôles avec les métiers des acteurs. Un même acteur peut jouer des rôles différents. Par exemple, l'architecte peut être concepteur et responsable. Des acteurs peuvent également jouer des rôles différents selon l'activité. Le bureau d'études peut être consultant pour l'esquisse et concepteur pour un plan technique.

Les droits

La relation qu'entretient un acteur avec un document dépend de son rôle et de ses activités en particulier de sa position dans le système de requêtes. Chaque acteur a donc des droits d'intervention différenciés sur les documents.

Les relations identifiées sont les suivantes :

-Créer
-Valider
-Modifier
-Diffuser
-Annoter
-Lire

Les droits d'accès peuvent être implicitement déduits de la relation de l'acteur avec le document. Par exemple, quand un acteur a validé un document, ce dernier devient visible pour le prochain acteur qui doit l'utiliser selon les relations qu'il a avec lui.

Les requêtes

Les requêtes sont des activités spécifiques de coopération. Elles décrivent l'attente d'un acteur par rapport à ses partenaires. Cette attente peut être croisée, c'est à dire que deux acteurs peuvent être demandeurs l'un de l'autre (prescription réciproque)

En général, la communication dans l'activité de projet se fait sur le mode de l'échange (discussion, courriers, plans...). Nous préférons le terme d'échange à celui de partage d'une part parce qu'il est induit par des acteurs et ensuite parce qu'il permet un meilleur contrôle des procédures.

Dans les collecticiels, les documents de type courriers et de type plans sont généralement gérés indépendamment. Mais une information non formalisée dans des messages assure la coordination du projet. Nous unissons les messages et les documents dans le concept de requête typée.

Une requête typée représente une relation non instantanée entre deux acteurs ou entre un acteur et un groupe d'acteurs. Dans laquelle le premier acteur émet la requête et le second a la charge de satisfaire à la requête.

Nous avons identifié plusieurs motivations aux échanges qui permettent de typer l'échange.

-Requête pour consultation
-Requête pour information
-Requête pour avis

-Requête pour validation
-Requête pour modification
-Requête pour réunion
-Requête libre

Le simple fait de porter des documents à la connaissance d'autres acteurs, même s'il s'agit d'une première étape qui participe à la coordination implicite, ne suffit pas à dire ce que l'on attend des destinataires. Nous proposons un mécanisme de coordination explicite sous forme de requêtes.

Toute requête est initiée par un acteur et se termine par l'accomplissement de ce qui a été demandé ou par l'annulation d'une des deux parties (initiateur ou destinataire).

L'originalité du modèle repose, pour chaque projet, sur la création d'un « réseau relationnel de coopération » liant les acteurs à des activités et des documents. Les relations étant typées, elles permettent d'assister de manière explicite les actions coopératives.

Contrairement au modèle de structuration hiérarchique des documents fondé sur une relation implicite des acteurs avec les documents, notre modèle utilise les rôles des acteurs pendant les activités pour définir les relations des acteurs avec les documents.

2.4.5. CONCLUSION

La spécificité du secteur induit des pratiques coopératives originales qui associent à la fois de la coordination explicite et de la coordination implicite [Godart et al, 01].

Bien qu'il existe des relations de prescriptions impératives induites par le rôle et la responsabilité de certains acteurs, comme l'architecte par exemple, l'activité de coopération doit être fortement entendue comme une activité de prescription réciproque dans laquelle la critique et la négociation jouent une fonction importante.

L'activité de coopération s'exprime fortement sur des objets intermédiaires que nous nommons documents.

Les réunions demeurent un moyen d'échange habituel et privilégié des acteurs.

Nous avons fait état de l'utilité de décomposer l'ensemble de l'information relative à un projet en fonction de chaque acteur pour des raisons de confidentialité aussi bien que pour des raisons de pertinence de l'information (tous les fichiers n'intéressent pas tous les acteurs). Les collecticiels actuels à l'image de BSCW rendent cette tâche lourde et difficile, le risque étant qu'aucune politique de

gestion des droits d'accès aux données ne soit suivie. Nous pensons que la définition d'un « réseau relationnel de coopération » devrait être une solution à ce problème.

Dans un collecticiel, la seule présence de fichiers à l'intérieur d'un espace partagé ne suffit pas d'emblée à donner aux utilisateurs suffisamment d'indications sur ce qu'ils peuvent ou doivent faire. La représentation explicite des tâches à partir de requêtes typées pourrait être un vecteur de stimulation du projet, mais aussi un composant supplémentaire destiné à favoriser la conscience de groupe.

La notion de fichier issu de la terminologie informatique est impuissante à représenter dans sa complexité la notion de document telle qu'elle est entendue dans le monde du bâtiment. Ce manque de différentiation est à l'origine d'une perte d'intelligence, par exemple les plans et coupes d'un même ouvrage architectural devraient être mis en relation pour la simple raison que la modification des uns induit probablement la modification des autres.

Les règles portant sur la nomenclature et la localisation des fichiers sont lourdes à respecter et sources de nombreuses erreurs. Elles devraient faire l'objet d'une gestion automatique par le collecticiel.

Afin de prendre en compte le modèle que nous avons défini, deux approches semblent aujourd'hui possibles.
-Débuter une réflexion sur un nouvel outil de travail collaboratif qui intègre au mieux les différents concepts du modèle.
-Conduire une approche pour définir un protocole de coopération qui rendrait interopérable les différents outils existants. Cette idée n'est encore que balbutiante compte tenu de la concurrence qui existe entre les principales sociétés proposant ces services mais à l'image de ce qui se produit avec les IFC, les concepteurs de solutions coopératives et les professionnels du bâtiment auraient tous à y gagner.

3. STRUCTURATION ET RECHERCHE D'INFORMATIONS POUR ASSISTER LES PROCESSUS DE CONCEPTION CONSTRUCTION

3.1. DOMIITEC

UN MODELE DE STRUCTURATION HYPERMÉDIA DE DOCUMENTATION : LE DOMAINE DE LA DOCUMENTATION DES PRODUITS DU BÂTIMENT

3.1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans nos précédents travaux, et en particulier, ceux concernant les phases les plus avales du processus de conception (ARTICLE, SURF), nous avons été largement confrontés aux besoins d'informations sur les produits du bâtiment.

Cette situation loin d'être propre à notre démarche, ne fait que dénoter un besoin plus général dans l'activité de conception : la recherche et l'utilisation d'informations relatives aux produits du bâtiment.

DOMITEC (Système de données informatives sur les produits du bâtiment) a donc été une de nos premières recherches pour aborder ce domaine. En visant à échanger des données entre les fabricants de produits et les prescripteurs (architectes, économistes...) nous avons cherché à comprendre quels étaient les types d'informations échangées et de quelles manières procédaient les architectes pour retrouver cette information.

Nous avons cherché ensuite à proposer un modèle de ce système d'information qui permette de structurer un outil ou plutôt un environnement de données « produits » informatisées dédié à la conception -prescription architecturale .

Ce travail correspond à plusieurs besoins du secteur de l'architecture et de la construction :
-Ceux des fabricants de produits chargés d'éditer de l'information tant à des fins techniques que commerciales ;
-Ceux des architectes en position d'utilisateurs d'informations tant à des fins de conception que de prescription ;
-Ceux de la filière conception-construction dans son ensemble qui par l'amélioration des échanges de données informatisées gagne en qualité, en fiabilité et en productivité.

Notre hypothèse principale est que face à la diversité des besoins, un modèle de structuration de l'information relative aux produits ne doit pas être subordonné à une approche unique mais doit autoriser des organisations de données et des parcours différenciés.

3.1.2. STRUCTURATION DE LA DOCUMENTATION « PRODUITS » ; TRAVAUX ANTERIEURS

La documentation « produits » des fabricants.

Jusqu'au début des années 90, l'information sur les produits a reposé majoritairement sur les catalogues « papier » des fabricants parfois complétés par des disquettes, des CD Roms et quelques serveurs télématiques. Une analyse de cette ressource et des usages de la documentation « produits » a été conduite par M. Minaca [Minaca, 85] dans le domaine du second œuvre. Elle fait clairement apparaître la diversité des sources d'information, la grande variété des modes de structuration de cette information et les besoins variables des architectes en matière d'information. L'analyse à laquelle nous avons procédé [Bignon, 92], [Malmberg, 94] nous a montré également que si les informations sur les produits sont en général très riches (grand nombre et grande variété des informations), elles restent fortement « propriétaires » des fabricants dans leur contenu et leur présentation.

Toute approche comparative est donc extrêmement difficile. On peut cependant retirer quelques thématiques constantes utiles pour avancer dans la définition d'un modèle de structuration de l'information.

Si l'on excepte des informations particulières du type glossaire ou actualités, il existe deux grands types d'informations.
Les informations relatives à l'industriel identifient le fabricant et le réseau de distribution (présentation de la société, adresse, services commerciaux et techniques...)

Les informations relatives aux produits caractérisent le produit à partir de plusieurs points de vue. Elles peuvent être classées en trois catégories :
- Les données de description permettent de présenter le produit sous plusieurs aspects : formes, dimensions, poids, couleurs, caractéristiques, performances, contraintes d'utilisation...
- Les données d'exécution décrivent la mise en œuvre et les détails d'exécution : conditionnement, stockage, conditions d'exécution, précautions...
- Les données de prescription permettent l'établissement des pièces écrites pour les passations de marché : normes à respecter, prescriptions techniques, description de l'ouvrage en relation avec le produit...

La structuration de l'information par les éditeurs

Bien que le problème de la classification de l'information soit récurent, il n'existe pas dans le contexte français de classification normalisée de la documentation technique.

De nombreuses tentatives de classification ont pourtant été conduites. NODEP a été une des premières classifications ayant pour but d'établir pour le compte du Ministère de l'Industrie, les statistiques annuelles des branches industrielles. Elle était très liée aux matériaux et mal adaptée à la recherche de produits .

La classification TEC Habitat de l'Union Nationale des HLM a pour objectif de retrouver les noms de fabricants, les informations descriptives et les conditions d'utilisation des produits. Elle a également permis d'avancer sur une classification par « famille de produits ». Elle reste pourtant partielle car orientée essentiellement logement .

Le CIB (club informatique et bâtiment) a consacré aussi plusieurs numéros [CIB, 86] de ses cahiers à la structuration des données dans le secteur de la construction. Le cahier N° 2 a en particulier porté sur la classification par « ouvrages ». Ce travail a été poursuivi par le CSTB dans le cadre du projet FARTEC, mais avec comme objectif de faciliter l'accès à la réglementation technique ce qui en a limité fortement les applications.

On fera enfin état du projet AXIBAT [ICS, 89] qui a étudié les problèmes liés à la consultation des banques de données et qui préconise la définition d'un « langage commun ». On retiendra du rapport de ce projet deux conclusions fortes :
-Il n'existe pas de classification universelle et la conception d'une classification est toujours liée à un objectif précis.
-Les classifications utilisées par les fédérations professionnelles ou celles mises au point par l'administration sont inadaptées pour faciliter la recherche des produits.

Nous trouvons là une nouvelle expression de la forte hétérogénéité du système d'acteur du bâtiment (besoins fortement différenciés) mais aussi une expression du caractère fortement opportuniste de l'activité de conception (l'information recherchée sur les produits dépend largement des situations de conception).

Afin d'avancer dans notre recherche nous avons procédé à l'étude de plusieurs approches de documentations classifiées par des éditeurs qui font largement références dans leur domaine. Par différence avec les fabricants, ou les organisations professionnelles, les éditeurs développent des structures générales d'informations des différents produits qu'ils cherchent à harmoniser.

Tous les systèmes ont en commun une indexation par nom de fabricant, de marques et de produits qui permet à un utilisateur connaissant au moins un de ces noms d'accéder directement au produit recherché. Mais ils présentent également une classification fondée sur d'autres critères afin de trouver ou retrouver un produit dont on ignore le nom.

Le « Cobo-systeme » diffusé en Belgique est une base documentaire fondée sur la classification SfB, système de classification développé au départ par un organisme suédois « Sammarbets kommintten för Byggnadfr°agor »[Havenne, 91]. Le BB/SfB est un système de codification à plusieurs facettes [Régie, 90]. Un produit est décrit à travers une structuration arborescente en cinq tables (le programme du bâtiment, la fonction remplie par les parties du bâtiment, la forme du ou des matériaux de construction , la matière dont sont constitués les produits de construction, les caractéristiques et les performances des parties du bâtiment). Cette structuration permet une classification très complète passant du général au détail en décrivant même les limites spatiales des éléments, des matériaux et des produits employés. Cette codification apparaît cependant complexe comme en témoignent les nombreux codes de base non remplis dans les fiches produits des bases de produits existantes. Par ailleurs les notions de mise en œuvre et de corps d'état ou lot, bien que couramment pratiquées, ne sont pas véritablement présentes.

Le « Sweet » est le système de documentation qui fait largement référence aux États-Unis [Sweet, 92]. Il propose une classification en dix chapitres qui est essentiellement une classification par lots puis à un niveau inférieur par fonctions constructives. On remarquera qu'il n'existe pas de classification par propriétés des produits (formes, performances). Le « Sweet » permet de dire à quoi sert un produit mais pas ce qu'il est. Ceci fait apparaître la forte réticence des industriels à donner une information qui permettrait une approche comparative qu'ils ne contrôleraient pas.

« Système doc » est un système de classification qui a été développé en France par le centre Infobâtir [Infobâtir, 91]. À côté d'une liste de mots-clefs définis par « éléments » et par « type de produits », il propose une classification essentiellement structurée par fonctions constructives. On retrouve donc des concepts voisins de ceux du « Sweet » ou du « Cobo », mais la définition des fonctions ne recouvre cependant pas exactement les mêmes réalités montrant ainsi toute la difficulté à codifier une présentation de l'information sur les produits.

Face à l'hétérogénéité des concepts manipulés tant par les fabricants que par les éditeurs, plusieurs travaux de recherche ont été menés en matière de nomenclature comme celle du GT5 d'Ediconstruct [Ediconsrtruct, 91] qui a aboutit

à l'idée d'une classification référentielle partagée. Il faut pourtant constater qu'aucune de ces démarches n'a véritablement réussi dans la définition d'un vocabulaire référentiel structuré. Outre l'importance du travail de constitution de nomenclatures, la difficulté repose sur une extrême variabilité de la demande. Par ailleurs on doit également dire que ces approches étaient largement fondées sur des besoins de structuration de l'information papier et dans une moindre mesure télématique et n'avaient encore que peu intégré toutes les potentialités de gestion de l'information numérique, ses possibilités de liens et de parcours, ni même son caractère multimédia.

3.1.3. STRUCTURATION DE LA DOCUMENTATION

Le développement d'un outil hypermédia dans un contexte d'acteurs fortement différenciés et peu enclins à une coordination uniformisante nous a confronté à une situation particulière. Nous retrouvons là un aspect problématique qui dans un autre domaine avait été évoqué par Middler [Middler, 96], celui du traitement de la singularité.

La construction d'un modèle des données informatives n'obéit pas à un besoin unique clairement identifié mais à des exigences d'acteurs contradictoires qui vont interférer sur la structure des données et sur les modes de parcours.

Les modes de structuration

Les travaux d'analyse que nous avons conduits permettent de constater que les modes de structuration obéissent au moins à deux logiques antagonistes :

- La logique de la différenciation revendiquée par les industriels au nom de la spécificité des produits et des enjeux de concurrence commerciale invite à une structuration uniquement formelle des informations et des documents. Son objectif peut se réduire à la définition d'un "format" d'échange. C'est par exemple le sens de la démarche des industriels regroupés dans le consortium « Edibatec » qui a structuré un format d'échange des produits du génie climatique afin de favoriser la gestion de cette information par les industriels, les négociants et les entreprises

- La logique de l'harmonisation revendiquée par les concepteurs au nom de l'efficacité du travail de collecte et de recherche de l'information et de la possibilité de conduire une approche comparative des produits invite à une structuration plus sémantique des données. Son objectif est une classification hiérarchisée des données par unité de sens défini dans un métier. On trouve une telle logique dans les bases d'éditeurs orientées utilisateurs, comme celles du « Centre Infobâtir » ou du « Centrex », qui tentent de construire une présentation harmonisée afin de favoriser les approches comparatives.

Les modes de parcours

Le système de parcours est également confronté au même problème. Nous avons identifié chez les architectes deux logiques de recherche d'information :

-Une logique de recherche raisonnée de l'information. C'est une approche fondée sur des parcours structurés. Elle suppose en général une connaissance du produit. On la rencontre bien sur chez les fabricants mais aussi chez les concepteurs au stade de la prescription.

-Une logique d'exploration heuristique. C'est une démarche plus inductive de la part du concepteur qui invite à un parcours moins structuré et plus opportuniste. Elle est plus orientée « ouvrages » que « produits ». Le concepteur recherche moins un produit précis qu'une manière plus générale de solutionner un problème d'espace. On la rencontre surtout dans des stades plus amont du processus de conception.

3.1.4. MODELISATION DES DONNEES

Pour répondre à cette double exigence, expressive d'une filière répartie d'acteurs autonomes mais aussi de besoins différenciés dans le processus de conception, nous avons choisi de représenter le domaine des données informatives par un modèle comprenant plusieurs niveaux d'organisation des informations [Bignon et al, 95]. Nous avons également réalisé une application présentant plusieurs chemins d'accès à l'information.

Les niveaux d'organisation :

Nous distinguerons deux niveaux :

-Le niveau sémantique organisé à partir des nomenclatures de métiers comprend trois classes génériques de données : fabricants, gammes, produits. Chacune des classes se compose de sous-classes d'informations définies par types d'usage (descriptions, prescription, représentation graphique,...). Ce niveau obéit à une structuration de type base de données.

-Le niveau syntaxique organisé à partir des structures traditionnelles des constituants d'un document comprend des thèmes, des titres de chapitres et des corps de chapitres. Ce niveau obéit à une structuration balisée de type SGML.

Le premier niveau « discipline » l'information dans une structure identique pour tous. Le deuxième niveau définit des espaces de liberté qui préserve la différence et autorise les particularismes.

Les chemins

En matière de recherche d'informations, nous avons identifié deux chemins :

-Le premier chemin est de type « parcours arborescent ». Il suit la définition sémantique des données commune à tous les produits. Il correspond à un parcours raisonné.

-Le deuxième chemin est de type « promenade ». Il arpente le champ de l'information de manière transversale. Il correspond à un parcours plus libre.

Ce modèle général a d'abord été testé dans ses principes sur un ensemble de produits émanant d'une vingtaine de fabricants puis validé de manière plus approfondie sur les catalogues de cinq industriels. Nous avons testé à la fois la capacité de notre modèle à structurer l'information recueillie mais aussi sa capacité à permettre à un utilisateur de retrouver l'information qui lui est pertinente. Ce travail a été mené par deux étudiants de DEA [Malmberg, 94] [Boukkara, 95].

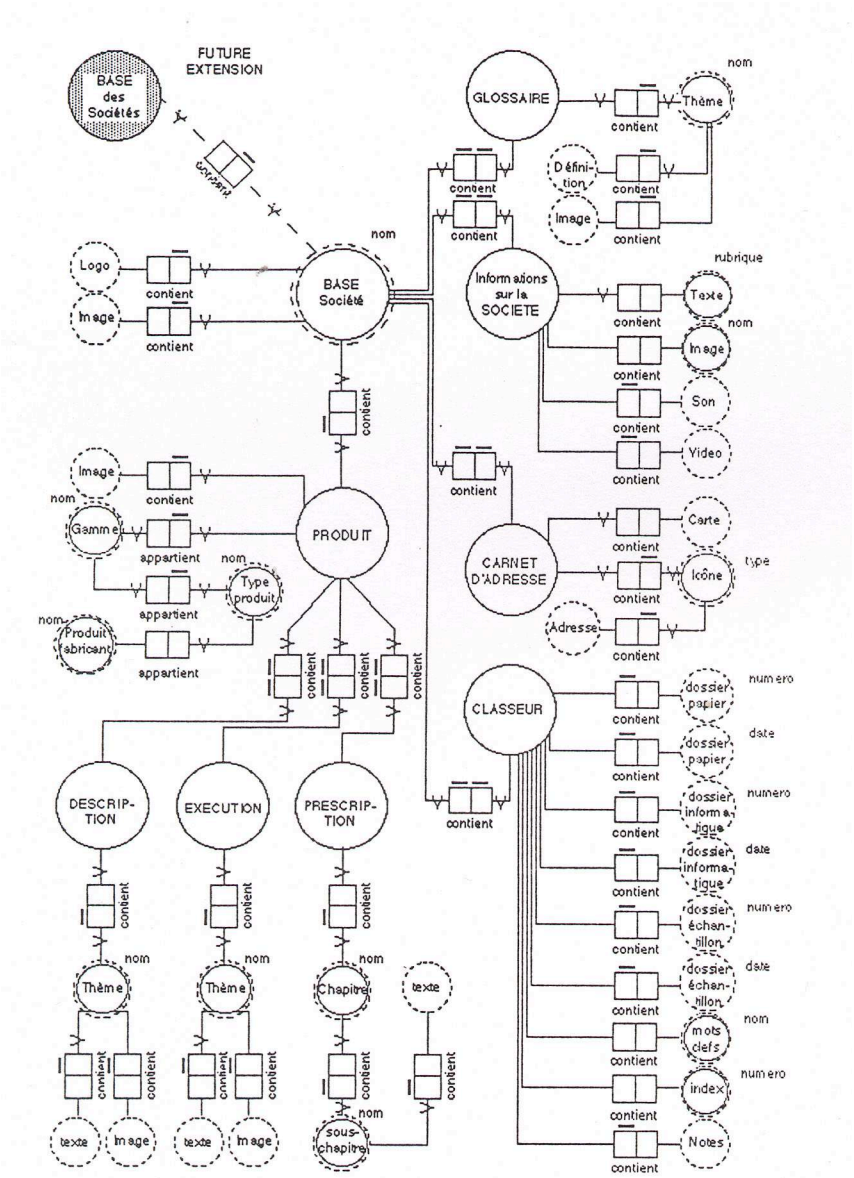
Nous avons pu globalement trouver et structurer l'information selon notre modèle à partir des documents « papier » et électroniques des industriels. On fera cependant une remarque qui intéresse autant la collecte d'information que nous avons conduite que le parcours de l'information par un utilisateur final. La collecte et le tri d'information se sont fait aisément sur les catalogues « papier ». La même opération sur des catalogues numériques a été plus délicate. Nous avançons l'explication suivante. Sur les catalogues papier, l'utilisateur arrive assez vite malgré l'hétérogénéité des informations à se faire une représentation d'ensemble de l'information et réussit ainsi à retrouver les données essentielles. Avec les outils numériques, l'utilisateur doit utiliser des outils de navigations fortement particularisés qui brouillent sa représentation globale de l'information et rendent plus délicates ses recherches.

3.1.5. UNE APPLICATION : DOMITEC

Sur la base du modèle développé, nous avons défini un premier prototype, DOMITEC. Une application construite avec HyperCard a été développée par Dominique Sornette dans le cadre de sa formation au CNAM [Sornette, 95]. Il a permis une présentation de type Hypermedia d'un ensemble de produits émanant d'un fabricant (tuiles, système constructif bois,...)

Les informations peuvent être de tous types (texte, image, graphique, son, vidéo) mais elles doivent toutes être rattachées à une entité définie dans le modèle de structure (gamme, produit ...).

Les informations peuvent alors être consultées de deux manières :
-En respectant la structuration pré-définie (fabricant, gamme, produit ...) ;
-En feuilletant librement l'ensemble de la documentation (texte, image, vidéo..), avec la possibilité de passer d'un mode à l'autre en gardant le contexte de la consultation.



Modèle de données d'un catalogue

Ce premier prototype développé à partir des informations de la société Guiraud Frères nous a permis de valider la structuration type d'une documentation produit et de proposer un ensemble de parcours originaux.

La validation a été effectuée avec des architectes (futurs utilisateurs) et le fournisseur de produits. Elle nous a permis de soulever un certain nombre de problèmes qui intéressent la construction d'outils hypermédia :

-Comment gérer la problématique analogie/différence dans la structuration des données? À quel degré de personnalisation l'hypermédia peut il être généré ?

-Sous quel format les échanges d'informations entre les documents du type "informations sur les produits" et un système hypermédia sont-ils les plus pertinents au regard des problèmes évoqués: SGML ,HTML, HTML+ , ISO 12083, aujourd'hui XML ?

-Comment prendre en compte, lors de la conception d'un catalogue multimédia, la diversité des documents à gérer et la diversité des parcours des utilisateurs futurs ?

Sur la base de cette première expérience, nous avons développé une méthode de modélisation de catalogue hypermédia et deux outils applicatifs.

Méthode de modélisation d'hypermédias

Il existe plusieurs méthodes spécialisées dans la conception d'hypermédias [Isakowitz et al, 95] [Garsotto et al, 93], proposant chacune une conception par niveau où l'organisation des données et les parcours prennent une place prédominante. Seule la méthode OOHDM [Schwabe et al, 95], à notre connaissance, propose un processus allant jusqu'à la définition des composants de l'interface utilisateur .

Dans le cadre de la recherche Domitec, Gilles Halin a donc proposé une méthode qui suit la même orientation que ces différentes méthodes [Halin et al, 97] mais qui permet cependant, dés la modélisation des données, une meilleure prise en compte des différents types de médias utilisés et des formes d'interactions et de parcours qu'ils offrent.

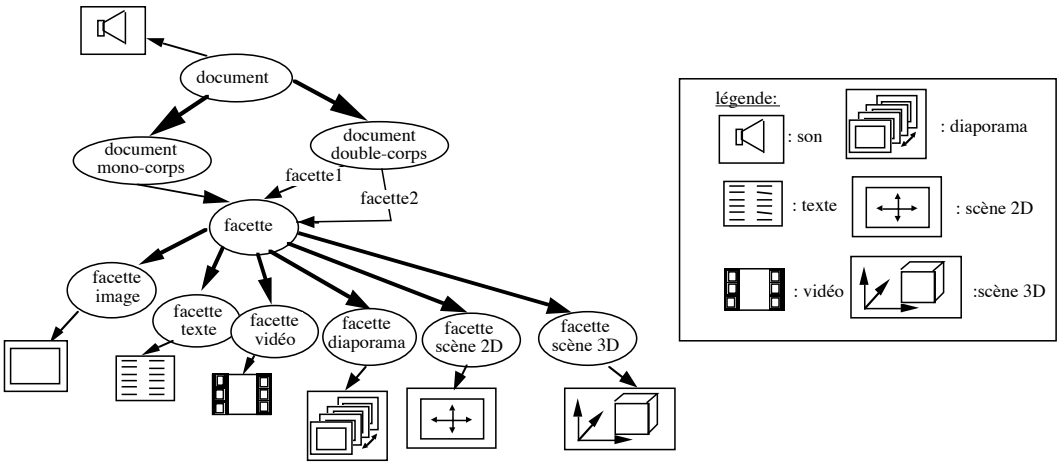
La méthode repose sur trois étapes définissant chacune un niveau de représentation de l'hypermédia et produisant trois ensembles d'objets qui interagissent :

-Les objets de l'information représentent l'ensemble des données que manipule l'hypermédia. La structure de ces objets est définie à l'aide d'un schéma de données mettant en évidence les liens entre les différentes informations et les types de médias disponibles ;

-Les objets du parcours sont représentés par des nœuds. Chaque nœud définit un type d'interaction ou de parcours portant sur un ou plusieurs objets de l'information. Les nœuds sont déterminés en fonction des types de médias disponibles ;

-Les objets de l'interface matérialisent ce que manipulera l'utilisateur pendant son parcours. En général, un objet de l'interface est construit pour chacun des nœuds définis dans le schéma de parcours. Ces constituants sont ceux fournis dans les bibliothèques graphiques (boutons, menus, fenêtres de type liste...).

L'intérêt de cette méthode est d'intégrer non seulement les médias qui seront consultés par les utilisateurs mais également les parcours qu'ils pourront emprunter. De plus, elle permet une conception modulaire et une bonne réutilisabilité des composants que représentent les objets des différents niveaux de structuration de l'hypermédia.



Modèle des objets de l'information

Développement de deux applications hypermédias

Nous avons utilisé cette méthode pour prototyper plusieurs applications hypermédias comme par exemple la présentation de l'œuvre de Jean Prouvé faite par François Mathieu dans le cadre de son DEA [Mathieu, 96]. Mais c'est essentiellement pour créer deux outils d'aide à la consultation d'une documentation technique qu'elle a été utilisée.

Le premier outil « Domitec 2 » a été écrit par Pascal Humbert comme un outil générique dans un environnement multimédia multiplateforme [Humbert, 96]. L'outil a en particulier été utilisé par la société CME pour la réalisation et l'édition du catalogue sur CD Rom de la société Rehaut (fabricant de menuiseries en PVC)

Le deuxième outil « Servitec » est un prototype développé par Ghislain Sillaume. Il reprend la méthode proposée et les concepts de domitec2, mais dans l'environnement Internet [Sillaume, 97]. Il s'agissait cette fois de réaliser un outil modifiable aisément par le fabricant et visible à distance par les utilisateurs.

Catalogue sur cédérom de la société REHAU

3.1.6. CONCLUSION

Cette recherche a été l'occasion de conduire un premier travail dans le domaine de la structuration de l'information relative aux produits du bâtiment. Afin de faciliter la recherche des utilisateurs nous avons proposé un modèle de données fondé sur une structure de l'information en quatre grandes familles : les données de présentation, de description, d'exécution et de prescription. Ce modèle a été testé et validé dans plusieurs outils. Il nous a montré en particulier qu'une structuration de l'information est nécessaire à un niveau général pour faciliter le travail de l'utilisateur mais qu'elle doit restée très « ouverte » au niveau de chaque produit afin de laisser au fabricant une grande liberté de présentation.

Plusieurs remarques peuvent cependant être formulées, et servir à ouvrir de nouvelles pistes de recherche :

Une pratique courante de recherche d'information dans les catalogues papier est le feuilletage. Cette fonction est possible dans notre application mais limitée. Il semble que la définition et le développement d'interfaces de parcours rapides devraient permettre d'offrir des modes de recherche d'une grande efficacité

L'utilisation de nombreuses images dans notre outil n'a été qu'illustrative. On peut donc imaginer des utilisations plus interactives dans lesquelles l'image pourrait servir à structurer l'information. Cette idée sera donc développée ultérieurement dans des travaux plus spécifiques de recherche d'information par l'image.

Enfin, mentionnons un aspect qui n'a pas été étudié dans ce travail. Nous pensons qu'il est possible d'imaginer une documentation informatique qui contienne des fichiers transférables vers des outils de CAO (dessins de détails par exemple). Une telle approche rejoindrait alors nos travaux sur la conception coopérative et l'échange de documents.

Par ailleurs cette recherche a été l'occasion de développer une méthode de conception d'outils hypermédias organisée autour de trois grandes familles d'objets (documents, parcours, interfaces).

Cette méthode a montré son efficacité au moins sur trois aspects :
-Elle permet une prise en compte des types de médias et des formes de parcours dés la modélisation des données ;
-Elle autorise une évolution des fonctionnalités de l'application ;
-Elle facilite la communication entre les différents intervenants lors de la conception d'une application.

Cependant, si la division en trois familles est pertinente du point de vue de l'analyse et du développement, elle demande de la souplesse lors de son application. En effet, il existe une interaction forte entre les objets car aucun n'est strictement déductible d'un autre.

3.2. BATIMAGE

RECHERCHE INTERACTIVE ET PROGRESSIVE D'IMAGES. LE DOMAINE DES PRODUITS DU BÂTIMENT

3.2.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Nous avons vu dans notre précédente recherche (DOMITEC) que le besoin d'information sur les produits apparaît comme une dimension critique du processus de conception architectural et technique. Cette situation a induit le développement dans les années 90 de bases de données informatives sur les produits.

La recherche d'informations dans ces bases de données a été le plus souvent fondée sur des méthodes de requêtes issues de l'ingénierie documentaire « papier ». L'approche dominante s'appuie sur la formulation de critères explicites (nom d'un produit, nom d'une marque, performances particulières...). Cette méthode est bien adaptée à des situations où la formulation de problème est aisée. C'est souvent le cas dans les phases finalisées de la conception où le travail de conception relève moins d'une activité de création que d'une activité de vérification (calcul de structure, thermique, rédaction de CCTP...). Elle est en revanche souvent mal adaptée à des stades antérieurs lorsque le concepteur doit faire des choix alors qu'il ne dispose pas de toutes les informations pour le faire ou qu'il doit trouver des solutions répondant à des critères multiples. Dans ce type de raisonnement plus incertain, il est utile de travailler sur des modes de recherche de l'information plus flous et moins focalisés.

Le terme d'assistance à la conception attaché à la recherche d'informations renvoie donc à des méthodes et des attitudes différentes selon que l'on se situe à l'amont du processus (Esquisse, APS) ou à l'aval (APD, PEO...). Le travail que nous avons conduit a porté plus spécifiquement sur l'assistance à la recherche d'informations relatives aux produits du bâtiment. Un tel thème concerne généralement une phase déjà avancée du processus de conception, mais rien n'interdit de penser que dans certains contextes de conception, une partie des attributs des produits puissent être utilisés en amont du processus. Par exemple au stade l'esquisse, il n'est guère utile de connaître les dimensions exactes des produits mais la connaissance d'attributs comme la couleur ou la symbolique des matériaux sont utiles car elle participe de « l'esprit du projet »

Par ailleurs on peut constater que dans le domaine des produits et matériaux, comme dans beaucoup d'autres domaines, les architectes font largement appel à des images pour les aider à formaliser les problèmes et rechercher les informations et les solutions à ces problèmes.

Nos travaux ont donc visé à mettre en place des méthodes et des outils de recherche par l'image qui utilisent au mieux les potentialités de ce média et les aptitudes des architectes à raisonner à partir de figures visuelles [Boudon et al, 88] [Lebahar, 83]. Ils viennent en complément d'autres travaux portant sur la structuration de l'information dans le domaine du bâtiment comme les IFC ou ceux relatifs aux potentialités des NTIC pour aider à la conception ou à la réalisation des édifices.

3.2.2. RECHERCHE PAR L'IMAGE ET PERTINENCE DES IMAGES ; TRAVAUX ANTÉRIEURS

L'objectif poursuivi renvoie au moins à deux grands domaines de recherche autour de l'image. Le premier concerne la recherche par l'image. Quelles sont les grandes méthodes appliquées ? Le deuxième concerne la reconnaissance efficace d'une image pour un utilisateur. Quelles sont les caractéristiques d'une image pertinente au regard du problème posé ?

La recherche par l'image

Les systèmes d'indexation et de recherche d'images peuvent être classés en deux grandes catégories suivant les méthodes utilisées. La première catégorie regroupe les systèmes d'indexation et de recherche qui exploitent les caractéristiques physiques de l'image. Les systèmes de la deuxième catégorie reposent sur une indexation textuelle associée aux images.

Les moteurs de recherche dits « par le contenu ».

Ces systèmes utilisent des techniques d'analyse qui se basent sur le contenu graphique des images. Elles se fondent sur des analyses mathématiques de déploiement de pixel. La plupart des systèmes s'appuient sur l'identification de caractéristiques primitives d'une image comme les textures, les couleurs ou les formes [Eakins, 98]. Ces attributs d'images sont codés et forment la signature de chaque image. Chaque signature est ensuite stockée en machine dans un index.

Ce type d'indexation est actuellement bien utilisé sur le Web car ne manipulant que l'image et ses propriétés, il peut être automatisé facilement.
Excalibur Visual Retrieval Ware est un exemple de ce type de système. Il analyse la couleur, les formes, la texture et la luminosité comme caractéristiques de la recherche par similarité. Ce moteur est utilisé par le site de recherche « Yahoo ». Le moteur WebSeek utilise la même stratégie.

IBM propose, au travers du projet QBIC (Query by Image Content) [Niblach et al, 93], une approche semblable illustrée par un exemple d'utilisation dans une recherche de logo. Cette méthode est efficace lorsque l'image source peut être clairement identifiée comme les images de marques commerciales [Graham et al, 98].

D'une manière générale, ce type de recherches donne des résultats intéressants quand le besoin de l'utilisateur repose sur une base d'images relativement homogène graphiquement (paysages, portraits, mammographies, images satelitaires ...). Ces bases fondées sur la « vérité-terrain » permettent à partir d'une image source de retrouver les images de signatures proches.

Mais l'inconvénient des méthodes de recherche fondées sur des signatures de bas niveau est que l'on ne peut trouver que des images qui ont soit des teintes proches, soit des textures similaires, soit des formes semblables à l'image sélectionnée. Par ailleurs le cadrage de l'image est prépondérant. Deux images contenant des objets semblables mais photographiés différemment ne seront pas considérées comme similaires.

Pour améliorer la recherche, différents travaux s'attachent à produire des signatures plus riches fondées sur des modèles complexes d'images et parfois sur l'analyse statistique des bases de données. On citera les « images flexibles » ou les « spectres de formes » [Nastar et al, 97] [Murase et al, 95]. L'Inria a ainsi développé des méthodes fondées sur une combinaison de signatures qui améliorent grandement la recherche dans des bases plus hétérogènes [Nastar et al, 98].

L'usage de ces méthodes reste pourtant limité lorsque la recherche relève d'une sémantique de haut niveau faisant appel à une forte connaissance à priori. La distance métrique entre des images ne saurait se confondre avec une similarité sémantique. La représentation perceptuelle n'est pas identique à la représentation

conceptuelle. Nous pensons que dans de telles situations, la recherche doit alors faire appel à d'autres indices que les indices visuels et en particulier à l'indexation textuelle pour tendre vers une véritable indexation multimédia.

Les moteurs de recherche d'image utilisant le texte

Les premiers travaux dans la construction de thésaurus pour les bases d'images sont apparus dans les années 80. Ils ont été le plus souvent le fruit de grands musées. Le thésaurus de la division de l'iconographie des archives publiques du Canada [Ohlgren, 82] en est un des plus grands au monde. L'AAT (Art et Architecture Thésaurus) commencé en 1979 et présenté en 1990 [Petersen, 90] est un thésaurus de plus de 50 000 termes. Toutefois, il semblerait qu'un indexeur, même averti, prend en moyenne quarante minutes pour indexer une diapositive à l'aide de ce système [Keefe, 90]. On identifie là un premier problème à ce type d'indexation.

Pour contourner ce problème, quelques outils se proposent d'indexer les légendes associées aux images trouvées sur des supports mélangeant image et texte. Le projet « PICTION : Caption-aided Face identification [Sri, 95] peut identifier les visages humains présents dans des photographies de journaux par l'analyse de l'information contenue dans les légendes associées. Un autre exemple est le projet « MARIE » de l'US Naval Postgraduate School [Row, 98] qui indexe des images extraites de pages HTML de sites militaires des États-Unis. Il identifie les images pertinentes à partir de leurs caractéristiques physiques, puis il effectue une indexation du texte se trouvant à proximité de la photographie.
Il s'agit là de solutions plus économes en temps, mais qui ne peuvent faire qu'une indexation au deuxième degré. On notera que les moteurs utilisant le texte demeurent précis si le domaine d'application est bien circonscrit.

Moteurs utilisant l'interactivité de l'image

D'autres approches cherchent à combler l'imprécision des technologies de recherche en utilisant l'interactivité de l'image comme support à un dialogue avec l'utilisateur. L'hypothèse sous-jacente est que l'intervention de l'utilisateur dans le processus de recherche permet un raffinement de la pertinence des images indexées. Les méthodes de « bouclage de pertinence » (Relevance Feedback) découlent directement de cette hypothèse [Salton et al, 84] [Slype et al, 86]

Ce processus a été utilisé en particulier dans le prototype RIVAGE [Halin, 89] sur des images du vieux Paris mais aussi pour l'interrogation de la base iconographique du LORIA sur l'Art Nouveau à l'aide de la plate-forme DLIB [Duclois, 99].

Le principe a également été mis en œuvre dans le système « Image Rover » [TAY, 97] qui utilise partiellement la technique du « bouclage de pertinence » sur les caractéristiques physiques, ce qui permet à l'utilisateur de choisir plusieurs images au lieu d'une seule comme le proposent les autres systèmes.

Dans tous les cas le principe est le suivant :
-Un ensemble d'images est proposé à l'utilisateur, soit aléatoirement, soit en fonction des thèmes couverts par les images.
-L'utilisateur choisit ou rejette les images, il peut également ne donner aucun avis sur l'image.
-Le système analyse ces choix et reformule une requête afin de sélectionner de nouvelles images qu'il propose de nouveau à l'utilisateur, etc.
-Le processus s'arrête lorsque l'utilisateur a obtenu un ensemble d'images qu'il juge pertinent.

Il apparaît que ce type de recherche utilise au mieux l'interactivité de l'image [Halin, 90] et que la technique du « bouclage de pertinence » permet au système de comprendre plus précisément le besoin de l'utilisateur.

La pertinence d'image

Les premiers travaux en matière d'analyse d'image ou plutôt de la vision ont d'abord porté sur la reconstruction visuelle. Kanizsa [Kanizsa, 79, 97], en s'appuyant sur l'école de psychologie de la Gestalt, a défini des règles et principes qui permettent d'organiser les données sensorielles fournies par les yeux et de construire une interprétation cohérente de ces données [D'ales et al, 99]. Ces travaux utilisés dans le domaine de la vision artificielle décrivent un processus primaire, la reconstruction visuelle, mais ne permettent pas la reconnaissance. La différence entre les problématiques de la vision par ordinateur et notre problématique d'identification d'objets dans les images est que l'homme-utilisateur est explicitement dans la boucle de perception interprétation.

D'autres travaux comme ceux de Vieira [Vieira, 92] ou du Groupe Mu [Goupe Mu, 92] ont proposé des modèles qui dépassent la simple reconstruction visuelle. Ils ont en commun de mettre en relation les processus de perception avec des images mentales [Denis, 89] ou des répertoires conceptuels. Il s'agit bien là de modèles de décodage visuels qui permettent d'introduire de la distribution de sens dans la lecture d'images se rapprochant en cela des travaux de la sémiologie.

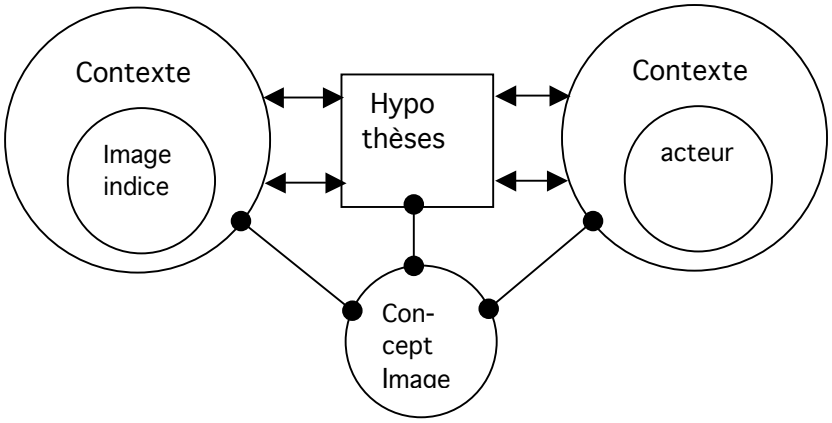
La sémiotique et la sémiologie issues des travaux de Charles Sanders Peirce et de Ferdinand de Saussure ont également produit des dispositifs d'analyse de l'image. La définition désormais célèbre du signe iconique comme union entre l'icône (signifiant) et son sens (signifié) a abouti à de nombreuses lectures de l'image comme celles de Algirdas-Julien Greimas [Greimas et al, 79, 86], de Roland Barthes [Barthes, 70, 80], de Luis J. Prieto [Prieto, 66] ou d' Umberto Eco [Eco, 88, 97] . Toutes ces études ont en commun de penser les images à travers des mécanismes de codage/décodage de l'information et donc de déplacer la question

de l'image vers celle des systèmes de concepts qu'on peut leur attacher [Gervereau, 94].

Erwin Panofsky en jetant les bases de l'iconologie a permis d'avancer dans l'analyse et la description des images [Panofsky, 75] relevant du domaine de l'art. Il établit trois niveaux d'interprétation d'une image : la description pré-iconographique (dénotation), s'attache au « sens-phénomène ». L'image y est décrite comme une scène composée d'objets ou d'expression. L'analyse iconographique (connotation) atteint le « sens–signification ». L'approche descriptive est mise en relation avec des connaissances littéraires et en particulier une connaissance des styles. L'interprétation iconographique ou iconologie (symbolisme) représente l'état le plus profond d'interprétation, celui du « sens–document » ou « sens de l'essence ». Ce niveau est celui où l'image est porteuse du système des idées d'une époque. Ce découpage a été largement utilisé pour la compréhension et l'indexation des images en histoire de l'art. Cependant, il apparaît réservé à des spécialistes de l'interprétation iconographique et reste mal adapté à des utilisateurs « profanes » [Drabenstott , 86, 88].

Plus proche de nous, les recherches fondées sur les théories de la communication et en particulier la pragmatique [Reboul et al, 98], ont montré comment dans la communication, le sens ne relève pas que du message encodé par le langage mais également de l'interprétation du langage dans des situations cognitives spécifiques. Ce modèle dit « inférentiel » postule que la communication ne peut se réduire à une simple procédure de codage et de décodage qui sert de fondement au modèle « du code » développé par la sémiotique et la sémiologie. La communication y est abordée comme une interprétation contextuelle d'indices intentionnels.

En nous appuyant sur ce modèle, nous proposons de considérer la communication par l'image comme une pratique d'inférence contextuelle d'indices graphiques. Autrement dit, non seulement l'image fait sens par codage, mais elle le fait également par situation d'inférence.



La question de la pertinence d'image doit donc aborder à la fois les attributs graphiques qui codent pour partie l'information et le contexte d'inférence qui permet l'interprétation du message. La mesure de l'efficacité cognitive de l'image peut alors s'appuyer sur la manière dont D. Sperber et D. Wilson [Sperder et al, 89] lient la notion de pertinence à celle de rendement. Pour ces auteurs, un énoncé est pertinent lorsque les effets qu'il produit suffisent à équilibrer les efforts nécessaires à son interprétation.

Nous nous sommes donc attachés à identifier des caractéristiques d'images présentant un effet maximum pour les utilisateurs dans cette situation d'interprétation particulière qui est celle de la recherche d'information sur les produits. On remarquera d'emblée que même un but aussi ciblé que celui énoncé précédemment pourrait ultérieurement être raffiné en sous-buts correspondant à diverses positions d'interrogation de l'information sur les produits. Dans cette première recherche, nous avons donc conduit une analyse de la pertinence d'image dont l'objectif est plus d'éliminer les critères de non-pertinence, quel que soit le type de questions posées, plutôt que de valuer la pertinence des critères en fonctions de situations plus fines.

3.2.3. ANALYSE DE LA PERTINENCE D'IMAGE

Les raisons de l'efficacité de l'image sont connues et nombreuses. On citera en particulier les caractéristiques suivantes :
-Sensibilité physiologique importante du visuel,
-Grande aptitude mnémonique des images,
-Forte capacité d'encodage de l'information,
-Traitement parallèle de l'information,
-Message global instantané,
-Effet de preuve,
-Séduction de l'iconique,
-Support privilégié pour le raisonnement spatial.

Mais l'image n'est pas sans souffrir de limites qui peuvent conduire à une désorientation informationnelle (le récepteur ne sait pas ce qu'il voit) ou à une mésinterprétation sémantique (le récepteur interprète une information iconique de manière différente de celle voulue par l'émetteur).

Nous évoquons quelques-unes des propriétés qui peuvent entraîner des difficultés d'interprétation dans notre champ d'application.

La polysémie iconique

Une image peut utiliser des modes ou des types de représentation ambigus qui vont inférer plusieurs lectures. Son interprétation dépend du point de vue adopté à un moment par le récepteur. Un même code iconique sert de vecteur à des objets sémantiques différents.

La surcharge sémiographique

Cette situation se rencontre lorsqu'une image représente plusieurs objets différents (image mosaïque, scène composée de plusieurs objets...). La discrétisation de l'image conduit à une défocalisation du regard.

Le déficit informationnel

Pour des raisons stylistiques (cadrage esthétique, représentation métaphorique...) ou techniques (faible résolution de l'image, nombre de couleurs limité...), l'image contient une information réduite qui induit une interprétation complétive.

Dans toutes ces situations caractérisées par une multiplicité d'hypothèses inférées, l'effort d'interprétation peut conduire à un écart entre le message édité par l'émetteur et le message interprété par le récepteur. Or du point de vue de la théorie du rendement, une image est pertinente si les effets visuels qu'elle produit suffisent à équilibrer les efforts nécessaires à son interprétation [Sperber et al, 89].

Afin de diminuer l'effort d'interprétation, il convient donc d'identifier les critères qui favorisent la perception des images et donc leur valeur de pertinence. Cette approche a été conduite par Walaiporn Nakapan dans le cadre de son DEA [Nakapan,98].

Pour conduire ce travail nous avons extrait 1 400 images de 24 sites d'architectes ou de fabricants de produits. Nous avons appliqué un premier critère de reconnaissance obéissant à des caractéristiques morphologiques. 592 images ont été retenues pour constituer notre échantillon. À partir d'une analyse experte, nous avons identifié des critères de pertinence à caractères sémiologiques et contextuels. Ces différents critères ont fait l'objet d'un test de validation auprès d'un échantillon d'étudiants en architecture. Nous retenons de ce travail d'analyse d'images numériques les caractéristiques de pertinence suivantes :

Pertinence morphologique

La pertinence morphologique désigne un premier niveau physique de sélection d'images relatif à leur forme. La définition des caractéristiques de forme renvoie à plusieurs critères :
-Des critères physiologiques (sélectivité de l'œil dans le décodage d'une image, angle de champs visuel...) ;
-Des critères machines (taille et résolution des écrans pour afficher les images...) ;
-Des critères de format (application de formats « image » à des éléments d'interface comme les boutons, les bandeaux graphiques...).

La pertinence morphologique prend en compte essentiellement deux aspects : la taille et la proportion de l'image.
Une image est pertinente morphologiquement si elle correspond aux critères suivants :
-Aucune de ses dimensions ne doit être inférieure à 60 pixels. En dessous de cette valeur, l'image n'est plus lisible et ne peut plus transmettre qu'une information pauvre graphiquement de type symbole. Par ailleurs, la probabilité que l'image ne soit qu'un bouton, une puce ou une ligne d'interface augmente ;
-Aucune de ses dimensions ne doit être supérieure à 600 pixels. Au-delà de cette valeur, l'image occupe une place trop grande dans l'écran et ne peut plus être perçue qu'en partie ;
-Sa proportion (largeur/hauteur) doit être dans un intervalle limité situé entre 0,6 et 1,5. Cette fourchette permet d'intégrer des images proches du format photographique courant (24 x 36) vertical ou horizontal. Dès que l'on s'éloigne trop de ce format, la probabilité que l'image ne corresponde qu'à un élément graphique de l'interface (bandeau...) augmente fortement.

Pertinence sémiologique

La pertinence sémiologique s'attache à identifier le sens véhiculé par une image en fonction de sa structure graphique. Compte tenu de notre approche « orientée produit », une analogie visuelle forte doit exister entre la représentation perceptuelle faite à partir de l'objet réel et la représentation perceptuelle faite à partir de l'image de cet objet. On remarquera que cette ressemblance s'appuie sur deux conditions que nous supposons réunies. L'objet représenté doit être connu. Sa représentation (mode, vue...) doit être effectuée dans un univers d'interprétation partagé entre l'émetteur et le récepteur.

Nous avons identifié plusieurs critères qui favorisent cette pertinence. Il n'est pas utile que tous les critères soient remplis. Certains critères peuvent être compensés par d'autres. Il est également probable qu'en fonction de la situation précise de recherche d'information du concepteur ou même du type de produit, tous les critères n'ont pas le même poids. D'une manière générale, plus une image réunit de critères, plus l'effort d'interprétation sera réduit.

Les critères retenus sont les suivants :

-Il doit exister une similarité de couleur entre l'objet représenté sur l'image et les couleurs habituellement dominantes de l'objet réel. Un toit jaune n'évoquera pas immédiatement une toiture en tuiles de terre cuite ;
-Un objet mis en situation de contraste de lumière, de couleur ou de forme dans une image sera perçu comme plus important dans la scène. Un petit crochet rouge sur un fond à dominante verte sera pris en compte plus fortement ;
-L'objet doit plutôt être représenté en entier. Plus il sera tronqué, plus il faudra interpréter les parties manquantes ;
-La représentation d'un objet sous un angle à partir duquel il n'est généralement pas perçu oblige à un repositionnement virtuel qui augmente la difficulté à le

reconnaître. Par exemple un escalier est plus facilement reconnu sur une vue en contre-plongée que sur une vue en plongée ;
-La vue doit permettre à l'objet représenté d'occuper une surface importante dans l'image. Plus la surface relative diminue, moins l'objet devient signifiant dans la scène ;
-Certains produits sont plus facilement reconnus si l'image où ils sont présentés intègre des éléments de contexte d'usage ou de mise en œuvre. Ceci est particulièrement vrai pour tous les accessoires.

Pertinence contextuelle

Nous avons dit qu'au-delà du décodage sémiologique, l'interprétation d'une image implique des processus inférentiels reposant sur des informations non codées dans l'image généralement appelées "contexte". La notion de contexte définit tout autant le contexte immédiat de l'image (le texte qui lui est lié, les autres images avec lesquelles elle est en relation) - ce que nous nommons le contexte d'exposition - que le contexte d'inférence du lecteur (les questions qu'il se pose, les connaissances qu'il stocke en mémoire...) que nous nommons contexte d'interprétation.

Nous avons neutralisé ce dernier aspect en faisant l'hypothèse que nous travaillons dans un domaine d'expertise partagée c'est-à-dire d'interprétation homogène. Lors de ce travail, nous considérons qu'il existe une parenté forte des univers d'inférence à partir desquels sont interprétées les images.

Du point de vue du contexte d'exposition, nous considérons qu'une image est pertinente si elle correspond aux critères suivants :

Une image doit pouvoir être attachée à au moins un mot clef d'un thésaurus du domaine ;
Plus le mot-clef est proche de l'image plus elle est pertinente. La proximité peut être physique (image et texte contenus dans une même page par exemple) ou sémantique (degré d'interprétation du concept représenté par le mot-clef).

3.2.4. LA RECHERCHE INTERACTIVE ET PROGRESSIVE D'IMAGES

Dans notre situation particulière de recherche d'informations, nous avons vu que les systèmes les plus efficaces en matière de recherche par l'image sont ceux qui mettent en œuvre un dialogue avec l'utilisateur. L'analyse des choix faits par l'utilisateur sur un ensemble de documents peut être le support à cette compréhension du besoin si elle repose sur une représentation dans une connaissance appropriée.

Dans le cadre de notre travail, nous avons développé une méthode de recherche interactive et progressive d'images utilisant un thésaurus comme base de connaissance.

Le processus de recherche

La recherche interactive et progressive d'images repose sur l'utilisation d'un bouclage de pertinence, c'est-à-dire l'analyse des choix de l'utilisateur en réponse à une demande. Tout d'abord, l'utilisateur formule sa demande et visualise des images. Ensuite, il effectue un choix en sélectionnant ou rejetant des images. Enfin le système analyse son choix à l'aide du thésaurus et lui propose une nouvelle collection d'images.

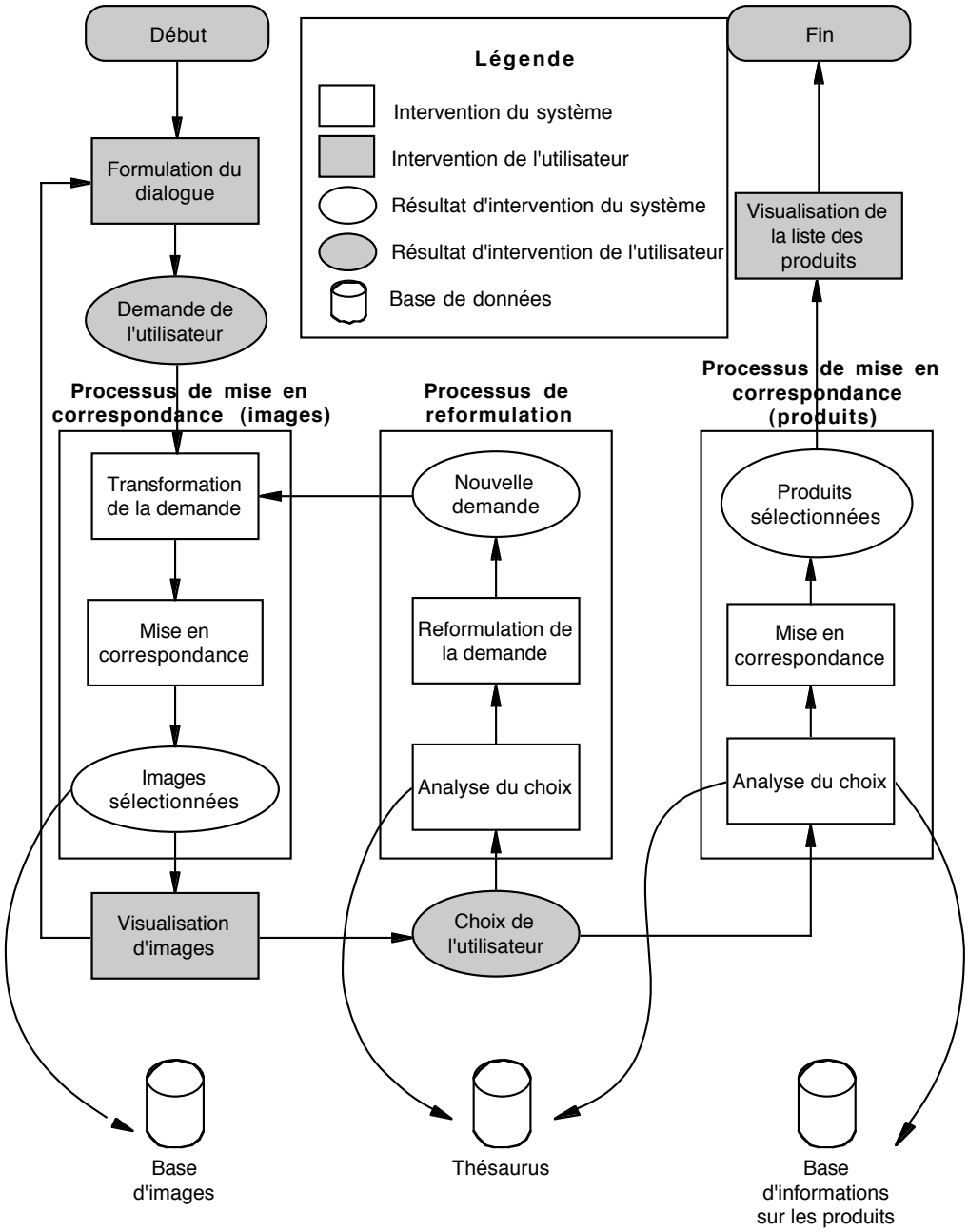


Schéma du processus de recherche

L'analyse des choix

L'analyse des choix consiste à évaluer la pertinence de chacun des termes indexant l'image. Nous avons repris pour cette évaluation, la méthode de calcul développée par Gilles Halin dans un travail antérieur [Halin et al, 90] Plus le terme est présent dans les indexations des images choisies, plus son poids de pertinence sera proche de 1 et réciproquement, plus le terme est présent dans les indexations des images rejetées, plus sa valeur sera proche de -1. La propagation de ces poids dans le thesaurus, qui joue ici le rôle de la connaissance qu'a le système du domaine du bâtiment, permet une évaluation du besoin de l'utilisateur. Un parcours en largeur d'abord des liens « générique/spécifique » sélectionnant les concepts du thesaurus dont le poids est supérieur à un seuil, permet la formulation d'une nouvelle requête. Cette requête, tout comme les indexations, a la forme d'un vecteur pondéré de termes du thesaurus.

Le modèle vectoriel [Van, 79] peut alors être utilisé comme modèle de mise en correspondance entre la requête, ainsi obtenue, et les indexations des images de notre base. Cette mise en correspondance donne comme résultat une liste pondérée d'images qui peut être triée afin de ne présenter à l'utilisateur que les plus pertinentes (poids le plus fort).

3.2.5. EXPÉRIMENTATION ET OUTILS

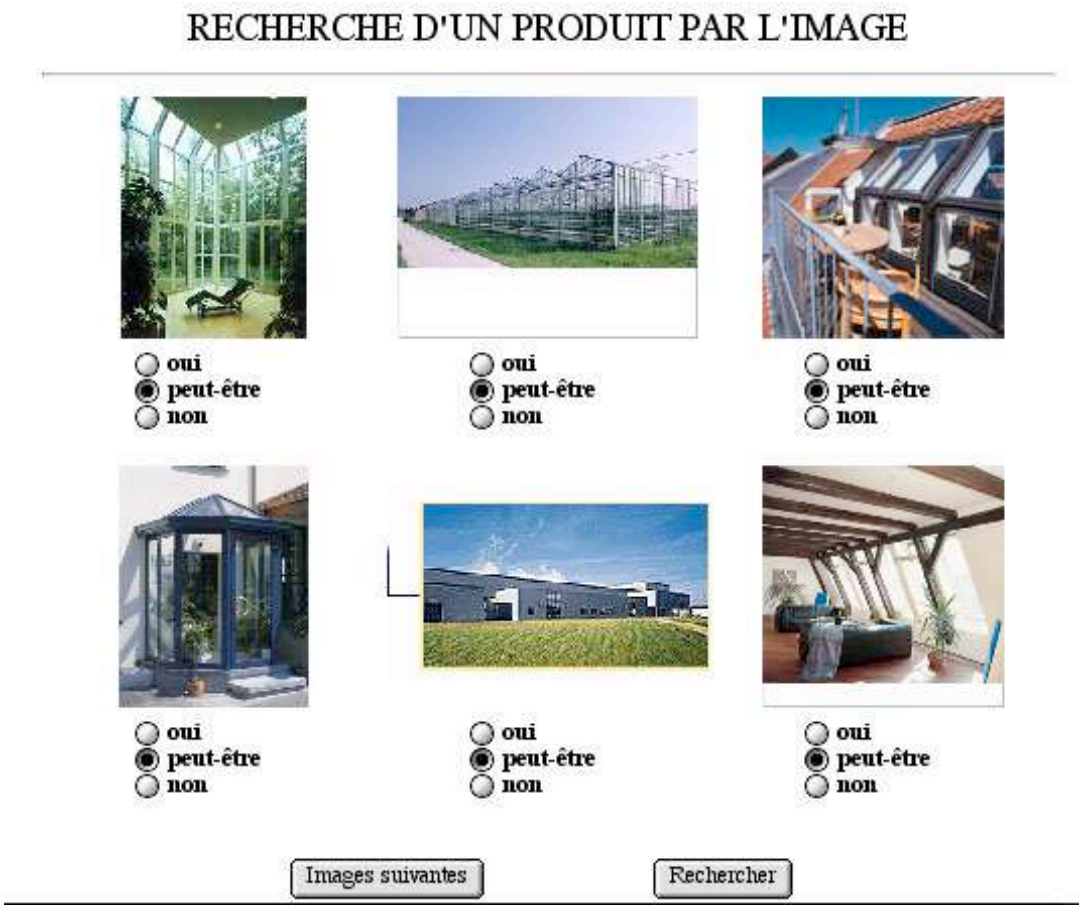
Nous avons développé une maquette à partir des méthodes et principes présentés précédemment. Elle a été réalisée en interface de la base de données sur les produits du bâtiment du CRIT (Centre de ressources et d'informations techniques de Nancy). Elle ne concerne qu'un ensemble limité de produits, ceux relatifs à la toiture (charpente et couverture) et aux ouvertures (portes et fenêtres).

À partir d'une base de 380 images extraites du Web et indexées manuellement il est possible de retrouver l'information relative à 1200 produits de fabricants.

L'expérimentation a consisté en laboratoire à faire effectuer des recherches par des étudiants de DEA en architecture.

L'expérience nous a montré qu'en général en trois passes (soit dix huit images), le système analyse de manière correcte le besoin de l'utilisateur et que les vingt premiers produits de la liste « résultats » correspondent à prés de 90 % à des produits satisfaisants.

Les situations de réponses insatisfaisantes étaient liées soit à des requêtes formulées de manière contradictoire par l'utilisateur, soit à des problèmes d'indexation, soit à un nombre insuffisant d'images dans la base.



Interface de recherche par l'image

3.2.6. CONCLUSION

La recherche menée, la construction d'un outil et son expérimentation nous ont montré que l'image dans un processus de recherche interactif et progressif permet à un acteur du bâtiment de confronter et de préciser son besoin en informations sur les produits en le projetant sur des représentations imagées de ces produits.

Ce processus n'est réalisable que si les images sélectionnées intègrent des critères de pertinence relevant de trois aspects (morphologiques, sémiologiques, contextuels) afin de permettre au dialogue entre le système et l'utilisateur d'être le plus cohérent possible et d'engendrer le moins d'effort d'interprétation.

Si les critères morphologiques peuvent être facilement automatisés, les critères de contexte d'exposition posent la question de la constitution d'un thésaurus adapté. L'indexation automatique apparaît cependant envisageable. Les critères sémiologiques supposent par contre une forte intervention humaine. On ne peut envisager aujourd'hui d'avancer dans un processus plus fortement automatisé que par l'utilisation des techniques d'analyse d'images (reconnaissance de formes, analyse de couleurs...) mais il est certain qu'une intervention humaine restera

nécessaire à l'interprétation de plusieurs critères. Cette nouvelle étape devrait permettre alors d'avancer dans la généralisation d'outils qui pourraient trouver d'autres domaines d'application comme l'aide à la conception architecturale dans les phases amonts des processus de création ou la veille technologique.

Enfin, nous avons vu que le contexte d'interprétation avait été partiellement neutralisé du fait de l'homogénéité « cognitive » du public visé (les architectes) et du but énoncé (rechercher de l'information sur les produits). Une approche plus fine des situations de recherche d'information sur les produits selon le degré de précision du besoin devrait permettre de mieux identifier la valeur relative des critères de pertinence en fonction des questionnements de l'utilisateur.

3.3. WIMEXBOT

EXTRACTION ET INDEXATION SEMI AUTOMATIQUE D'IMAGES

3.3.1.CONTEXTE ET OBJECTIFS

Face à des volumes toujours croissants d'informations textuelles et imagées, notamment dans les domaines de la documentation, est apparu le besoin de mettre en place des méthodes et des outils d'analyse automatique de l'information afin de produire rapidement et à moindre coût une indexation automatique des documents.

Afin d'avancer dans notre propre domaine et en particulier dans le développement d'outils de recherche fondés sur l'image pour retrouver des produits du bâtiment, nous avons mené un travail spécifique sur l'indexation automatique d'images et le développement d'un outil adapté.

Les objectifs étaient d'extraire des images situées sur les sites Web des fabricants de produits en sélectionnant automatiquement celles présentant une pertinence morphologique (cf. notre recherche Batimage) et surtout d'indexer semi-automatiquement ces mêmes images.

3.3.2. INDEXATION DES IMAGES ; TRAVAUX ANTÉRIEURS

Commençons par préciser que si l'expression « indexation automatique » suppose une action autonome du système, aucun outil, pour le moment, n'indexe de manière totalement satisfaisante des textes et encore moins des images.

Les méthodes d'indexation automatiques ou semi-automatiques relèvent des méthodes d'indexation en général telles que nous les avons présentées dans notre recherche précédente (batimage). Il existe donc deux grands domaines d'indexation automatique des images : l'indexation par le contexte (textuel) de l'image et l'indexation par le contenu (graphique) de l'image.

Indexation par le contexte

Toutes les méthodes de cette catégorie prennent appui sur des éléments textuels présents dans l'environnement immédiat de l'image. La méthode la plus communément utilisée s'appuie sur l'analyse de texte intégral. La plupart des systèmes de recherche documentaire sur le Web utilisent des techniques simples de représentation du contenu des documents selon le principe de l'extraction et du classement alphabétique des chaînes de caractères, avec éventuellement l'indication de leur position dans le texte et l'élimination de mots vides au moyen d'un anti-dictionnaire. Cette indexation dite « à plat » considère que tous les termes fonctionnent comme des descripteurs égaux et entretiennent le même rapport entre eux et vis-à-vis d'eux.

Ces méthodes rapides montrent vite leur limite car, bien que traitant du texte, elles ne prennent que faiblement en compte la sémantique de la scène représentée. Leur représentation est particulièrement pauvre de sens, en particulier lorsqu'elles sont appliquées à l'analyse du contexte attaché à des images. Pour améliorer ce type d'indexation, certains outils ont recours à des approches complémentaires qui prennent en compte des facteurs linguistiques ou utilisent divers indices statistiques.

Les méthodes linguistiques se fondent sur les connaissances des règles issues de la linguistique et des technologies issues de l'intelligence artificielle et en particulier des réseaux neuronaux. [Leloup, 98].

Elles comprennent plusieurs étapes :
-L'analyse morphologique qui consiste à associer à la forme fléchie d'un mot sa forme canonique (singulier, pluriel, infinitif, masculin...) ;
-L'analyse syntaxique qui permet de lever les ambiguïtés au niveau grammatical par description des catégories grammaticales d'un mot selon sa structure dans la phrase ;
-L'analyse sémantique permet de traiter du sens d'un texte par extraction des relations implicites entre les termes.

Ces techniques ont été utilisées dans plusieurs domaines [Littman et al, 97][Yang et al, 97]. Elles ont montré qu'elles offrent des résultats intéressants pour l'indexation de texte à fort contenu sémantique comme des articles ou des livres. Mais elles font appel à des technologies algoritmiques lourdes.

Les méthodes statistiques sont celles qui se sont particulièrement développées ces dernières années. Elles reposaient au début sur la simple fréquence d'occurrence des mots dans les documents à indexer. Seuls les termes moyennement fréquents étaient retenus. Aujourd'hui, ces méthodes font l'objet de traitements beaucoup plus élaborés afin d'améliorer leur performance. La méthode de pondération par fréquence inverse repose sur l'hypothèse qu'il existe une relation inversement proportionnelle entre l'importance d'un terme pour l'indexation d'un document et le nombre total de documents contenant ce terme [Menon, 98]. La méthode de pondération par valeur discriminatoire identifie la similarité globale entre deux documents et la valeur discriminatoire d'un terme par un calcul de cosinus [Salton, 71, 86].

Ces méthodes, bien que plus fines dans leurs résultats, ont pour inconvénient de privilégier des termes rares qui ne sont pas forcément en correspondance avec les éléments principaux représentés dans une image et souvent peu utilisés lors de la recherche .

Indexation par le contenu

Nous avons vu lors de notre précédente recherche (Batimage) les avancées de ce type d'indexation. Dans notre domaine, ces méthodes se trouvent limitées pour une raison fondamentale.
Nous ne recherchons pas des images similaires mais des produits similaires. La similarité porte sur le signifié et pas sur le signifiant. Deux images peuvent donc représenter des objets identiques bien qu'ayant des signatures différentes.
C'est ainsi qu'un produit dans son acceptation générique (une porte, une tuile...) peut prendre des représentations iconiques (formes, couleurs...) extrêmement différentes (Il existe des tuiles canal rouge et des tuiles plates vernissées bleues).
De même, le type de vue peut également modifier les attributs graphiques de l'image. Une tuile représentée en gros plan n'a rien à voir avec la photographie d'un toit recouvert de tuiles.

Face aux limites générales des systèmes à base de contenus graphiques, plusieurs outils ont été développés qui combinent les méthodes textuelles et les méthodes par le contenu graphique comme Webseer [Frankel et al, 96] ou Altavista.

Un travail particulier mené par Gerald Duffing [Duffing, 99] permet une recherche combinée avec une paramétrisation variable des poids des différents critères. Sabrina Kacher (étudiante en thèse) a conduit une expérimentation avec cet outil

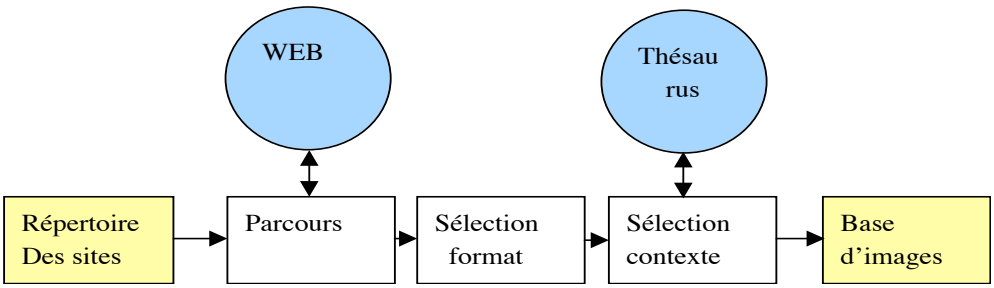
[Kacher et al, 00] mais il est apparu que, fondé sur un thésaurus général (Wordnet) il est insuffisamment adapté à notre demande spécialisée.

Compte tenu des insuffisances actuelles des différentes méthodes d'indexation que nous avons évoquées, il nous est apparu nécessaire d'avoir recours à un thésaurus plus ciblé « produits du bâtiment ». Nous avons utilisé pour cela un thésaurus développé dans le cadre du CRIT (Centre de ressources et d'informations techniques de Nancy) et utilisé pour l'indexation des fiches documentaires émanant des fabricants de produits (Docmat). Nous avons fait l'hypothèse que l'occurrence d'un ou plusieurs termes de ce thésaurus dans l'environnement textuel d'une image était un indicateur de pertinence sémantique de l'image et que ces termes pouvaient donc l'indexer.

3.3.3. OUTIL ET EXPÉRIMENTATION

L'outil

Nombreux sont maintenant les fabricants de produits qui proposent leur catalogue illustré de produits sur Internet. Afin d'extraire et d'analyser ces images, nous avons développé un robot Wimexbot (Web Image Extractor Robot). Le développement de cet outil a été réalisé par Marc Wagner [Wagner,00].



Processus d'extraction

Le processus d'extraction d'images à partir du Web comporte une sélection des images et une indexation de leur contexte à l'aide des critères de sélection construits dans notre précédente recherche « Batimage ». L'indexation associe aux mots du contexte les termes d'un thésaurus.

La sélection d'images

Chaque nœud de l'arbre de décision, représente une question (un critère) permettant la sélection de l'image. Ici, l'arbre est binaire, car les réponses aux

questions sont soit «oui » soit «non ». Si une image vérifie tous les critères dans l'ordre des nœuds parcourus, elle est jugée pertinente pour la recherche d'informations techniques. Voici la liste ordonnée des nœuds de l'arbre :
« La page où se situe l'image est-elle à une distance proche de la racine du site parcouru ? »
« La page où se situe l'image est-elle en français ? »
« L'image est-elle dans une page intéressante (présentation de catalogue) ? »
« La forme de l'image est-elle bonne ? »
« L'image a-t-elle un contexte ? »
« Le contenu du contexte est-il intéressant ? »
Le résultat de l'extraction est une liste d'images associées à leurs contextes.

L'indexation

L'indexation procède à l'analyse des contextes extraits précédemment, afin de déterminer les termes du thésaurus qui feront partie de l'indexation de l'image. Le processus d'indexation s'appuie sur la technologie des n-grammes de Cavenar [Cavenar et al, 94] , il suit les étapes suivantes :
-À chaque terme du thesaurus est associée sa représentation en tri-grammes et bi-grammes ;
-Les contextes de chaque image sont analysés afin d'en extraire des groupes nominaux.
-À chacun de ces groupes nominaux est alors associée sa représentation en tri-grammes et bi-grammes ;
-Une fonction de mise en correspondance évalue la distance, à l'aide des représentations en tri-grammes, entre chaque groupe nominal contenu dans les contextes et les termes du thesaurus ;
-Un tri est alors effectué pour sélectionner les termes du thesaurus les plus pertinents.

On obtient ainsi pour chacune des images extraites une indexation contenant un vecteur pondéré de termes du thésaurus. Ces images et leur indexation vont être le support au processus de recherche interactive et progressive d'images.

Expérimentation

L'expérimentation a consisté à utiliser le robot sur plusieurs sites Web afin d'en mesurer l'efficacité, d'en identifier les dysfonctionnements éventuels et de proposer des solutions susceptibles d'optimiser son fonctionnement. Ce travail a été conduit par Nabila Zerrouki dans le cadre de son DEA [Zerrouki,01].

Le robot a été testé sur dix sites. Le choix des sites s'est effectué après un parcours manuel pour vérifier l'existence d'un contenu pertinent. Notre choix s'est porté sur différents fabricants de produits recouvrant plusieurs familles du thésaurus Docmat : Menuiserie, Génie climatique, Charpente, Plomberie sanitaire.

Deux critères ont été retenus pour mesurer l'efficacité du robot.

-Le taux de bruit indique la proportion de documents non pertinents retrouvés par rapport à l'ensemble des documents existants dans la base pour un produit recherché.

-Le taux de silence notifie la proportion de documents non retrouvés par rapport à l'ensemble des documents pertinents existants dans la base pour un produit recherché.

Après une analyse portant sur 1 500 images, le résultat a été le suivant : taux de bruit 67 % et taux de silence 70 %. Si le taux de silence reste peu handicapant dans un contexte de surabondance d'images, le taux de bruit est par contre peu satisfaisant.

Analyse des résultats

Pour les deux indices de mesure, il convient de distinguer les problèmes relatifs aux images et les problèmes relatifs aux indexations.

Bruits relatifs aux images. Plusieurs images répondant aux critères de pertinence morphologique et aux critères de pertinence contextuelle ont été extraites alors qu'elles ne présentent pas d'intérêt pour l'utilisateur. Il s'agit d'images de type graphe, schémas, groupe de personnes.

Bruits relatifs à l'indexation. L'expérimentation a produit des indexations incorrectes par l'extraction de termes ne représentant pas le contenu de l'image ou des indexations incohérentes par la présence de termes pertinents et de termes non pertinents. Ceci est dû à la présence de termes de catégories du thésaurus ne représentant pas le produit de l'image. Par exemple la phrase « le poids du radiateur peut conduire à un renforcement de la cloison qui le porte » attaché à une image de radiateur conduit à l'extraction du produit « porte »

Ceci nous indique que la seule présence des termes du thésaurus Docmat dans le contexte textuel d'une image morphologiquement pertinente ne suffit pas à rendre compte du contenu sémantique de celle-ci.

Les silences concernant les images sont essentiellement dus à l'absence de contexte textuel attaché aux images.

Les indexations incomplètes sont liées au fait que certaines catégories du thésaurus Docmat comme les catégories de formes et de fonctions appartiennent à un vocabulaire non utilisé dans les sites Web. On peut dire qu'il y a inadéquation et décalage entre le vocabulaire du thésaurus de langage contrôlé et le vocabulaire en langage naturel des sites Web des fabricants de produits du bâtiment.

Enfin, nous avons trouvé des silences liés à la méthode Proxilex. Pour rappel, la méthode Proxilex permet d'évaluer la ressemblance entre deux chaînes de

caractères . Elle repose sur le calcul de vecteurs de fréquences d'apparition de tri-grammes et de bi-grammes , le calcul de l'indice d'inclusion d'un terme dans un autre et le calcul de l'ordre de n-grammes communs (indice de séquence). Selon les valeurs de paramétrage de ces différents indices, la méthode retrouve ou non certains noms.

3.3.4.CONCLUSION

Cette expérimentation nous a permis d'avancer dans la perspective d'une extraction et d'une indexation semi automatique d'images. Elle permet déjà d'extraire des images et des éléments contextuels qui peuvent être de nature à améliorer une indexation totalement manuelle.

Mais cette recherche a surtout permis de faire apparaître deux problèmes principaux :

L'inadéquation du vocabulaire de Docmat relativement au langage utilisé dans les sites Internet de fabricants. Nous retrouvons là un problème classique de l'indexation qui est celui du choix du vocabulaire [Furnas et al, 87]. Le vocabulaire des experts est souvent différent du vocabulaire des utilisateurs.

L'inefficacité d'une stratégie de recherche des termes basée sur la seule présence des termes du thésaurus dans le contexte proche de l'image. Le problème posé est ici celui du poids de pertinence des termes pour l'identification du champ sémantique dont relève le produit représenté par l'image.

Afin d'avancer dans notre travail, nous proposons deux nouvelles pistes de recherche :

-La restructuration d'une base de connaissance fondée sur le principe des « cartes conceptuelles » (réseaux sémantiques);
-Une stratégie de recherche fondée sur un calcul statistique des fréquences d'apparition des termes.

Le thésaurus Docmat est actuellement composé de cinq champs sémantiques fortement indépendants. Plusieurs de ces champs (fonctions, formes...) font appel à des concepts qui ne sont pas véhiculés par les langages des sites Web. Par ailleurs, l'absence de liens entre champs ne permet pas d'identifier les descripteurs pertinents et ceux qui ne le sont pas pour un type de produit donné. Nous pensons qu'une structuration du thésaurus selon les principes des réseaux sémantiques [Saadani, 00] mis à jour par la psychologie cognitive est de nature à mieux représenter le domaine de connaissance des produits et de favoriser des processus d'indexation semi automatiques plus performants.

On pourrait également imaginer l'amélioration du thésaurus en comparant de manière statistique selon la méthode de Turner [Turner, 95] les termes les plus

fréquemment utilisés par les sites Web des fabricants et ceux du thésaurus afin d'adapter ce dernier.

Au niveau de la stratégie de recherche, nous proposons que le robot utilise un calcul statistique de fréquence d'apparition des termes Docmat pour identifier les termes signifiants et le champ sémantique des produits représentés par l'image et de la page Web où se trouve l'image.

Pour des raisons de simplicité, l'indexation actuelle est dite « à plat ». L'expérience nous montre qu'une indexation pondérée distinguant les descripteurs principaux et secondaires serait plus appropriée. Le principe général consiste à considérer que le système donne un poids d'autant plus fort au descripteur (ou terme) retenu que celui-ci apparaît fréquemment dans le document en cours d'indexation et peu dans les autres documents déjà indexés.

Une telle approche permettrait de réduire l'extraction de termes inappropriés et devrait améliorer le processus d'indexation.

3.4. TROUVER

ASSISTANCE À LA RECHERCHE DE PRODUITS SIMILAIRES DANS UNE BASE DE DONNEES STRUCTURÉES

3.4.1.CONTEXTE ET OBJECTIFS

Cette étude a été menée en continuité de nos travaux sur la recherche par l'image et l'indexation d'images. Elle représente une expérimentation particulière se situant dans le cadre du projet "TROUVER" [Humbert et al, 01B], coordonné par MÉDIACONSTRUCT et auquel sont associés plusieurs éditeurs de bases d'informations sur les produits (Edibatec, Architool...)

Un des objectifs de ce projet est d'améliorer la capacité à rechercher et trouver des produits du bâtiment dans une base de données structurée.

Cet objectif voisin de nos propres préoccupations, pose en particulier le problème de pouvoir formuler une requête dont les termes ou les objectifs sont incertains. Cette situation de requête se rencontre essentiellement dans deux contextes cognitifs :
L'utilisateur ne sait pas exactement ce qu'il cherche ou en a une idée peu formalisable ou susceptible d'évoluer ;

L'utilisateur sait plus précisément ce qu'il recherche, mais ne dispose pas des moyens (vocabulaire, performances exactes de la solution) pour formuler sa demande.

On rencontre fréquemment la première situation chez les architectes lorsqu'ils débutent un nouveau projet car ils n'ont, à ce moment, que de très vagues idées de ce dont ils ont besoin pour sa réalisation. La seconde situation peut se rencontrer dans des phases plus avancées du processus de conception et de prescription, mais aussi dans le secteur de l'entreprise.

Compte tenu des buts du programme « Trouver », l'objectif consistait surtout à trouver des produits similaires à un produit connu ou identifié par l'utilisateur par une requête appropriée.

Nous avons abordé ce type de requête à partir de la recherche par l'image. Par différence avec nos travaux antérieurs, cette recherche se fonde sur deux aspects particuliers.

-La similarité de produit renvoie à un ensemble de caractéristiques des produits (usages, couleurs, dimensions, puissance, performances, ...) et non plus à une simple reconnaissance de la famille de produit d'appartenance. Par exemples deux produits « portes » seront similaires non seulement s'ils appartiennent à la catégorie « porte » mais également s'ils partagent en commun des caractéristiques comme le type d'ouverture, le matériau ou les dimensions.

-Les produits et leurs images ne proviennent pas de sources d'informations brutes comme celles des sites Web des fabricants, mais de bases de données structurées par des éditeurs. Un premier traitement de l'information a donc eu lieu par l'éditeur de la base visant une mise en cohérence de la présentation des produits.

Compte tenu de cette particularité et face à la difficulté de construire un thésaurus et à indexer les images avec ce thésaurus (cf notre recherche Wimexbot) nous avons cherché pour ce travail à utiliser une autre méthode. Nous avons fait l'hypothèse qu'il est possible de rechercher des produits similaires à un produit donné en partant d'une analyse statistique des fiches "produits" structurées par des éditeurs.

Afin de valider cette méthode, nous l'avons comparée à une méthode classique d'indexation d'images par thésaurus.

Une expérimentation avec des éditeurs de bases de données « produits » a été conduite afin de tester ces deux méthodes et d'en comparer les résultats.

3.4.2.INDEXATION PAR TRAITEMENT STATISTIQUE DES INFORMATIONS TEXTUELLES. TRAVAUX ANTERIEURS

Nous n'évoquerons ici que les travaux d'indexation reposant sur l'analyse statistique de documents. Les autres approches ont été traitées précédemment (Batimage, Wimexbot).

Une utilisation courante de statistiques dans la recherche de documents est celle développée par Cavenar [Cavenar et al, 94]. Elle passe par l'utilisation de fréquence d'apparition des termes ou des n-gram (n-gram: découpage des termes composant un document en groupes de n lettres successives). L'utilisation de n-gram permet d'indiquer pour chaque document s'il contient des mots de la même famille qu'un (ou plusieurs) mot donné. Cette méthode que nous avons utilisée dans notre moteur d'indexation semi automatique ne présente vraiment d'intérêt que si elle s'applique à une comparaison d'un document textuel avec par exemple un thésaurus, ce qui n'était pas le cas dans l'approche que nous avons voulu développer dans la recherche « Trouver »

Le principe vectoriel défini par Salton [Salton et al, 68], [Salton, 71] permet de mieux caractériser la similarité entre des documents ou entre une requête et un document. Il reste pourtant attaché à l'existence d'un thésaurus. Chaque document est indexé par un vecteur algébrique dont chaque coordonnée correspond à une pondération d'un terme d'un thésaurus préalablement établi. Lors d'une recherche, la requête est elle-même traduite en un vecteur en utilisant le même thésaurus. Ce vecteur est ensuite utilisé pour effectuer un calcul de similarité avec chaque vecteur indexant chaque document.

Une autre méthode a été utilisée qui fait cette fois abstraction d'un thésaurus externe en essayant de calculer la probabilité qu'a un document de répondre à une requête [Robertson et al, 76], [Iwayama et al, 94]. Pour ce faire, elle se base sur le principe probabiliste qui suppose que la pertinence d'un document ne dépend que de la requête et du document. Malheureusement, la fréquence d'apparitions des termes dans les documents n'est prise en compte que rarement.

3.4.3.METHODE DE RECHERCHE STATISTIQUE

Un premier travail a consisté à analyser différentes fiches produits préalablement sauvegardées au format texte. Cette analyse a fait apparaître des informations très hétérogènes (noms, dimensions, types d'usages...) mais qui sont cependant parfaitement descriptives des produits.

Cet ensemble d'informations représente à sa manière une sorte de modèle descriptif du produit. Il est donc raisonnable de penser que deux fiches "produit" décrivant deux produits similaires doivent avoir une "description proche". Le moyen que nous avons retenu pour mesurer cette "proximité" est d'utiliser les fréquences d'apparition des termes dans les fiches "produits". Nous avons donc développé une méthode permettant de se passer d'un thésaurus pour retrouver des produits similaires à un produit donné. Dans cette méthode développée par

Pascal Humbert [Humbert et al, 01A], le thésaurus est “remplacé” par une indexation de chaque terme constituant une fiche “produit”.

Fiche descriptive du produit ; Flatlum LP - ECO [Image] Communs généraux Type de produit ; Lampes sur pied Nom fabricant ; TRATO - TLV Remarques ; Ce modèle est le modèle standard : nous consulter pour tout autre modèle Référence Architool ; 110 Nom produit ; Flatlum LP – ECO [Image]
Communs de la famille Longueur ; 390 mm Largeur ; 359 mm Hauteur & Epaisseur ; 1869 mm Forme ; Tête rectangulaire Tension ; 220 V Applications & Usages Bureaux ; Espaces d'accueil ; Espaces d'exposition ; Circulations ; Salles de réunion ; Magasins ; Banques Type d`éclairage ; Direct ; Film opalin ; Indirect ; Plaque polycarbonate ; clair Classe de sécurité ; 1 ; IP20 ; Tenue au fil incandescent 850°C / 5 sec. Résistance aux chocs ; 2 joules Nombre de sources ; 2 Normes Classe 1 ; IP20 Blanc satiné ; RAL 9016 ; Noir texturé Couleur(s) ; RAL 9011 ; En option : liserets rouges, bleus, verts ; Autres couleurs : nous consulter Matériaux ; Acier ; Aluminium Equipements électriques ; STC 36 W ; STC 55 W ; STE 2 x 36 W

Exemple d’une fiche descriptive de produit

Chaque terme de chaque fiche “produit” est indexé de manière à obtenir un index inversé vectoriel. Le coefficient de similarité est alors obtenu par un calcul vectoriel entre produits.

Un index inversé décrit pour chaque terme le nombre de produits dans lesquels il apparaît, la liste des produits dans lesquels il est présent et, pour chaque produit,

le nombre de fois qu'il est utilisé. Ainsi, un index inversé peut se schématiser de la façon suivante :

Terme [Nb produits, Produit 1, occurrence ; Produit 2, occurrence...]

Fiches produits	Index inversé			
Nom produit : Flatlum Type de produit : Lampe sur pied Forme : Tête rectangulaire Matériaux : Acier	Termes	Nb prod	Réf prod	Occurrence
	Lampe	12	Flatlum	1
			Spacelum	1
Nom produit Spacelum Type de produit : Lampe sur pied Forme : Tête ronde Matériaux : Acier	Acier	28	Flatlum	1
			Spacelum	1
	Rectangulaire	5	Flatlum	1
			Spacelum	0

Exemple d'index inversé

L'index vectoriel permet quant à lui de représenter sous forme d'un vecteur l'occurrence de chaque terme apparaissant dans une fiche "produit" ainsi que le nombre total de termes. Un index vectoriel peut se représenter de la façon suivante:

Réf produit	**Nb termes**	**Termes**		
		Lampe	Acier	Polycarbonate
Flatlum	2	[1	1	0]
Spacelum	4	[1	2	1]

Exemple d'index vectoriel

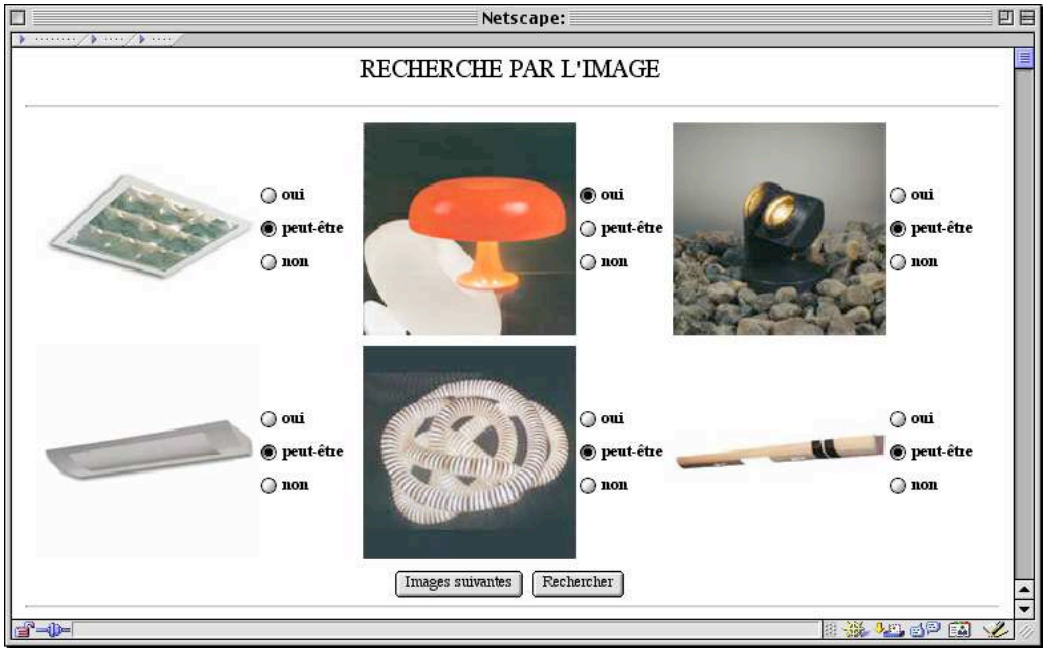
La combinaison d'un index inversé et d'un index vectoriel nous donne l'index final (index inversé vectoriel) utilisé dans notre méthode de recherche.

3.4.4.EXPERIMENTATION ET OUTIL

Afin de valider notre proposition et de la comparer avec une méthode plus classique nous avons procédé à des tests sur une base de données de produits d'éclairage en utilisant un outil de recherche par l'image indexée à un thésaurus et un outil de recherche par l'image indexée de manière statistique.

Afin de pouvoir comparer les résultats des recherches, les requêtes effectuées dans l'ensemble des tests effectués sont identiques. Ainsi pour chaque requête, on ne va choisir qu'un seul produit, car la deuxième méthode impose le choix d'un unique produit. Cette identité des tests va permettre de mieux mettre en évidence les avantages et inconvénient de chaque méthode.

La base de test était constituée de 100 produits d'éclairage provenant de deux bases différentes la base « Architool » et la base « Artèmide »



Recherche par l'image (indexation par thèsaurus)

La recherche par l'image indexée à un thésaurus

Nous avons pour cette recherche utilisé la méthode et l'outil construit dans un précédent travail de recherche (Batimage)

En l'absence de thésaurus délivré par les éditeurs des bases de données, nous avons construit un thésaurus simplifié divisé en deux critères :
-Type de produit (applique, réglette, plafonnier...)
-Usage (résidentiel, vitrine, urbain...)

Le résultat de la recherche montre par exemple que pour une image sélectionnée de lampe de bureau, les premiers produits trouvés appartiennent bien à la catégorie des lampes de bureau. Pour les 10 premiers produits de la liste, les taux de bruit et de silence sont de 0 .

Afin de mettre en évidence la pertinence des champs du thésaurus de la recherche par l'image et d'illustrer le problème que pose la constitution d'un thésaurus nous avons conduit deux autres recherches par l'image limitées à un unique critère du thésaurus.

Le fonctionnement est identique à celui de la recherche par l'image à ceci près que l'on se limite à effectuer la recherche sur un critère du thésaurus :
- Sur le critère "type de produit" en premier,
- Puis sur le critère "usage" en second.

L'observation des résultats montre que ceux-ci sont plutôt bons pour la recherche sur le critère "type de produits" et médiocre sur le critère "usage". Ceci est dû au fait que le critère "type de produit" est un critère fortement visuel, c'est-à-dire que cette notion est bien exprimée par l'image du produit. Au contraire, le critère "usage" est peu visuel, ce qui explique les résultats médiocres.

La recherche par l'image privilégie donc les critères d'indexation à forts effets visuels. Comme le montre le test de recherche par l'image avec le thésaurus complet, l'ajout d'un critère non visuel perturbe peu la recherche par l'image. Toutefois, en observant les valeurs de coefficients de similarité, on se rend compte que ce critère non visuel ("usage") introduit du bruit dans les résultats.

La recherche par l'image indexée de manière statistique

Le premier test effectué consiste à demander au système les produits équivalent à un produit d'entrée, en l'occurrence une lampe de bureau.

En sélectionnant la même image de lampe de bureau que dans la recherche précédente, le résultat de la recherche a montré que les 10 premiers produits renvoyés sont similaires aux produits recherchés à l'exception d'un seul.

En fait, si la liste des résultats de la recherche avait été plus longue, ce produit serait apparu en fin de liste. Nous avons reconduit le test en utilisant cette fois le produit « rejeté » comme produit d'entrée.

Le résultat nous a cette fois placé en tête deux produits qui sont loin d'être similaires au produit choisi. En fait, les deux produits et le produit d'entrée ont en commun d'appartenir à la base de données Artémide dans laquelle la description des produits est différente de celle d'Architool. C'est la raison de la différence de résultat entre les deux tests.

Afin de vérifier que le corpus testé n'infléchissait pas de manière trop particulière les résultats, plusieurs autres tests ont été effectués sur des familles de produits différents (appareils sanitaires et robinetterie sanitaire). Les résultats sont très voisins.

Cette expérimentation nous a permis de mettre en évidence plusieurs phénomènes liés à l'indexation statistique:

-L'influence de la structure du document. Si les produits ne sont pas décrits selon la même structure (cas de bases de données différentes) ou si des descriptions sont incomplètes, les résultats sont faussés.

-Certains termes (par exemple la marque) apparaissent surdéterminants dans une indexation statistique.

-Les produits peu nombreux dans la base apparaissent également sur-représentés dans les résultats (la pertinence d'un mot est l'inverse de sa fréquence)

3.4.5.CONCLUSION

À travers les différentes expérimentations décrites dans ce projet, nous avons montré que la recherche par l'image pouvait être un moyen intéressant et rapide pour trouver des produits similaires à un ou plusieurs produits donnés dans des bases de données structurées. On retrouve dans cette nouvelle expérimentation l'intérêt d'un dispositif qui évite la formulation d'une requête explicite parfois complexe surtout lorsque les critères à prendre en compte sont nombreux.

Concernant l'indexation des images, l'utilisation d'un thésaurus ou d'un système à l'aide de statistique est possible selon les besoins et les contraintes. Il apparaît que l'indexation par thésaurus est mieux adaptée à une « similarité locale » alors que l'indexation statistique favorise une « similarité globale » .

L'utilisation d'un thésaurus permet lors d'une recherche de produits similaires de renvoyer des résultats plus "précis" relativement à quelques critères qui sont ceux formalisés dans le thésaurus constitué.

Les inconvénients sont bien sûr, l'obligation de constituer un thésaurus et le temps d'indexer les produits à l'aide de ce thésaurus. De plus, comme nous l'avons illustré dans ce travail, il est souhaitable de limiter la constitution du thésaurus à des critères visuels si l'on ne veut pas augmenter le bruit dans les résultats, ce qui limite la qualité de similarité des produits.

Dans le cas d'une méthode utilisant les statistiques pour indexer les produits en vue d'une recherche par l'image, il n'y a aucun thésaurus à mettre en place et donc aucune indexation de produits à partir d'un thésaurus à effectuer. De plus, la méthode est indépendante de la description effectuée (au sein d'une même base).

Enfin, elle permet de prendre en compte tous les champs d'une description, y compris les champs contenant des commentaires.
Les résultats obtenus sont toutefois un peu moins précis. Il y a davantage de bruit que dans une recherche utilisant un thésaurus. De plus, cette méthode ne fournit pas de bons résultats si la structure de la description des produits change d'un produit à l'autre.

On remarquera que la méthode statistique que nous avons utilisée est encore en cours d'élaboration et reste donc encore « grossière ». De nombreuses améliorations sont possibles afin de diminuer le bruit dans les résultats. Nos perspectives d'améliorations sont :
-L'utilisation d'un filtre (un anti-dictionnaire) pour éliminer les termes qui ne sont pas porteurs de sens tels que "de", "à", "pour"...;
-L'analyse des termes afin que le système ne considère plus comme deux termes différents un même terme utilisé une fois au pluriel et une fois au singulier ;
-La mise en place de plusieurs index afin d'améliorer la rapidité du système dans le cas de base de données volumineuses ;
-Un second filtrage des indexations qui ne portent pas une information sémantique comme les noms de champs devrait réduire le bruit et accélérer les recherches.

Enfin, la notion de similarité globale étant plus complexe à appréhender que celle de similarité locale, il apparaît utile d'envisager des méthodes de tests qui ne mesurent plus les taux de bruit ou de silence par rapport à quelques critères mais la perception qu'ont des utilisateurs de la similarité entre les produits trouvés.

4. CONCLUSION

Dans ce mémoire, je me suis attaché à présenter les principaux travaux de recherche menés ces dix dernières années. Bien qu'elles furent précédées par des travaux antérieurs, ces années furent pour moi fort fécondes .

Cette richesse est de toute évidence à mettre en relation avec la création d'un contexte institutionnel, scientifique, culturel et humain particulièrement stimulant et dynamique, le CRAI, aujourd'hui devenu Unité Mixte de Recherche du CNRS sous l'acronyme CRAI-MAP.
Elle est également à mettre en relation avec l'habilitation d'un DEAA puis d'un DEA « Modélisation et simulation des espaces bâtis » que j'ai mis en place et que je co-dirige avec le professeur Jean-Marie Pierrel.
Elle est enfin à mettre en relation avec la création, le développement et la validation de méthodes scientifiques de recherche qui ont été largement portées et développées par les chercheurs et les thésards que j'ai dirigés.

4.1.DEUX ACQUIS PRINCIPAUX

Je ne reviendrai pas sur le bilan détaillé de chacune des recherches présentées. Je voudrais plus simplement en guise de conclusion souligner deux acquis.

4.1.1. UN DOMAINE D'ACTIVITES OPPORTUNISTES

Au delà des différences dans les objectifs, les méthodes et les résultats, je souhaite faire ressortir un trait commun aux différents champs d'activités que nous avons questionnés. Une caractéristique majeure des activités de conception en architecture et dans le bâtiment, tant du point de vue du processus de conception lui-même que des activités coopératives qui le supportent ou des méthodes et des outils qui l'assistent, est son caractère fortement opportuniste.

Par opportunisme, on doit comprendre des processus non routiniers, c'est-à-dire très changeants et adaptatifs. Ce caractère spécifique donne à ces processus leur étonnante capacité opérationnelle dans des contextes complexes et fortement variables qui n'obéissent que peu à des méthodologies totalement explicites et à des protocoles très formalisés.

Nous avons vu, que ce soit pour les pratiques coopératives ou pour la structuration et la recherche d'information, que l'inconsistance, l'incomplétude, l'incertitude sont par exemple des propriétés souvent présentes lorsqu'on essaye de caractériser les activités et les processus de conception y compris les processus de conception technique.

Cette situation singulière est porteuse d'au moins deux dangers.

Le premier est la tentation de donner à ce constat la valeur d'un postulat pour légitimer l'impossible travail de modélisation des processus auxquels nous portons attention. Tout un pan de la recherche scientifique en architecture s'en trouverait compromis : au mieux la « boîte noire » sert de modèle simpliste pour dire la conception, au pire c'est l'activité de recherche au sens scientifique qui sera mise en doute. Lorsqu'elles s'incarnent en actes, de telles idées conduisent le plus souvent à un repli du travail de recherche sur ce que nous avons nommé dans notre introduction la recherche architectonique, et s'accompagne souvent d' attitudes régressives dans l'enseignement.

Le second danger est de croire que les aspects évoqués ne sont que contingents ou l'expression d'une incapacité de la recherche architecturale, faute d'une scientificité suffisante, à fonder des modèles robustes. Des méthodologies adaptées devraient alors rendre possible une explicitation totale des processus et leur modélisation dans des schémas stables. Il faut bien constater que ces idées, largement portées dans les années 1980 par l'intelligence artificielle, n'ont pas fait l'objet d'avancées significatives et qu'elles sont aujourd'hui révisées à la baisse dans beaucoup de communautés scientifiques et dans la communauté de la recherche architecturale en particulier.

Face à ces deux dangers, nous devons affirmer clairement que les spécificités de notre domaine n'interdisent pas les travaux de recherche qui visent une intelligibilité des processus et qui tentent d'en produire des modèles. Au contraire elles nous obligent à penser des dispositifs flexibles dans un cadre conceptuel général qui est celui des « activités opportunistes »

4.1.2. UNE PRATIQUE DE RECHERCHE EN DOUBLE APPROCHE

Un deuxième acquis ressort de nos travaux. Il est plus méthodologique. Dans mon introduction, j'ai dit que la recherche en architecture emprunte aujourd'hui des chemins nombreux. Contrairement à une idée reçue, la conception technique en architecture, si on ne la confond pas avec les pratiques de calcul/contrôle de l'ingénierie du bâtiment, est un domaine peu pratiqué. Sur ce chemin que nous

avons emprunté, nous avons dû nous orienter avec précaution et élaborer une conduite de recherche fondée sur deux approches.

Pour la première, nous avons porté une large attention aux différents travaux théoriques qui abordent les domaines similaires aux nôtres. Nous leur avons emprunté de manière critique des méthodes rigoureuses et parfois des concepts que nous avons « relocalisés » dans notre domaine.

Pour la seconde, nous nous sommes appuyés sur un rapport constant aux pratiques de notre secteur afin d'en identifier les spécificités et d'en abstraire des concepts originaux.

La conduite d'une activité que l'on pourrait dire de spécialisation-localisation d'un coté et d'une activité de généralisation-abstraction de l'autre m'apparaît avec le recul comme une méthodologie utile et efficace.

Par cette double posture, nous pensons avoir montré qu'il était possible d'avancer dans la construction d'un véritable domaine de connaissance théorique et appliqué.

Les publications que nous avons faites dans plusieurs colloques internationaux nous semblent devoir attester du niveau théorique atteint.
Le fait qu'aujourd'hui plusieurs des méthodes et des outils que nous avons développés soient utilisés dans les milieux professionnels sont également pour nous une bonne validation du degré d'applicabilité de nos travaux.

Cette double validation, par les milieux scientifiques et les milieux professionnels, m' apparaît comme un acquis important dans un domaine de recherche qui interroge tout autant des savoirs que des savoir-faire.

4.2. PLUSIEURS PERSPECTIVES

Sur la base de ces acquis principaux, nous pouvons donc envisager sereinement plusieurs perspectives pour nos travaux de recherche.

Pour les années à venir, il me paraît utile de poursuivre deux grands axes : l'assistance aux pratiques de conception coopératives et l'assistance à la conception par l'image.

4.2.1. L'ASSISTANCE AUX PRATIQUES DE CONCEPTION COOPERATIVES

La compréhension et l'instrumentation du domaine de la coopération m'apparaît comme un enjeu qui reste majeur tant d'un point de vue théorique que d'un point de vue métier.

Notre implication récente au sein du projet « Démoweb » mené en partenariat avec les différents professionnels du secteur (maîtres d'ouvrages, architectes, bureaux d'études, entreprises...) est pour nous une confirmation claire de ce besoin chez les acteurs du bâtiment.

D'un point de vue scientifique, nous avons vu que la connaissance et la modélisation des pratiques coopératives dans le domaine spécifique du bâtiment est encore hésitante. Le concept d'ingéniérie concourante largement utilisé dans des secteurs de l'industrie manufacturière comme l'automobile ou l'aéronautique ou dans des secteurs plus nouveaux comme ceux du génie logiciel n'est pas suffisamment apte à recouvrir les particularités de notre secteur et à fournir des concepts, des méthodes et des outils adaptés. Le concept de coopération opportune me semble mieux devoir rendre compte des pratiques de conception en architecture.

Un article récent de Dominique Raynaud [Raynaud, 01] s'est attaché à retravailler cette question des spécificités de l'activité de conception architecturale autour de trois idées : l'imprévisibilité réelle mais relative de l'activité de projet, sa conduite dans un contexte d'acteurs interactif et complexe et la différence première de la compétence de l'architecte par rapport aux autres intervenants. Cet article me semble devoir conforter cette idée qu'il convient d'aborder l'activité de conception non pas sous la forme d'une concourance explicite de protocoles mais d'une coopération opportune de compétences.

C'est donc autour de cette idée, de sa caractérisation et de son instrumentation que je souhaite orienter un premier axe de recherche.

Deux voies me semblent devoir être empruntées.

Au niveau sémantique, il est important de continuer à affiner notre compréhension des mécanismes de coopération notamment en diversifiant les domaines étudiés. « Quelles sont les informations manipulées par les différents acteurs, quelles sont les opérations effectuées, comment les acteurs s'adaptent-ils aux changements dans le projet ?» restent des questions à approfondir théoriquement mais aussi par l'analyse de situations réelles. L'occasion devrait nous être donnée d'un premier approfondissement avec une thèse portant sur la coopération dans l'ingénierie de la construction bois

Au niveau syntaxique, je souhaite conduire une approche de la structuration et de la présentation des informations et des documents par le développement d'outils hypermédias adaptatifs. Il s'agit d'organiser et de représenter l'information et en particulier les documents échangés de manière opportune, c'est-à-dire adaptée à différents points de vue et à différents moments du procès de conception. L'objectif est de mieux rendre compte des états en cours et des dynamiques du projet en situation de conception partagée. Une thèse devrait pouvoir explorer cette nouvelle voie.

4.2.2. L'ASSISTANCE A LA CONCEPTION PAR L'IMAGE.

Dans le deuxième axe de recherche que je souhaite renforcer, c'est la conception comme activité cognitive qui est visée en tant que processus opportun

Le programme de recherche « Trouver » que nous finissons de conduire en partenariat avec des architectes, des entreprises, mais aussi des éditeurs de base d'informations est en train de conclure sur l'importance de structurer et de rechercher de l'information selon des modèles « souples ». Nous voyons bien là une confirmation d'un besoin dont on a vu qu'il était voisin de celui exprimé en matière de structuration des documents d'un projet.

Plusieurs pistes de recherche semblent alors possibles.

La mise en œuvre d'outils capables d'assister le concepteur dans sa recherche d'information mais aussi de l'assister dans sa formulation des problèmes en s'appuyant notamment sur la similarité conceptuelle d'images. En croisant les travaux en matière d'analyse d'image et ceux en matière d'indexation, nous souhaitons développer une plate-forme de structuration et de recherche d'information qui soit adaptée au caractère opportun de ces activités.

Enfin je souhaite enrichir notre approche en abordant des phases plus amont du processus de conception. L'objectif est cette fois la réalisation d'un outil d'assistance à la conception par traitement d'images référentielles. Il s'agirait de s'attacher aux fonctions heuristiques de l'image et aux capacités des concepteurs d'inférer des scénarios spatiaux à partir de références graphiques.

Pour résumer, je dirais que mon ambition finale est de faire sortir la CAO du domaine trop limité de l'assistance à la représentation graphique pour la faire évoluer vers de l'assistance à différents processus de conception. En instrumentant mieux les architectes, ne peut-on espérer qu'ils soient mieux à même de remplir leur indispensable rôle social, économique et culturel ?

5. ENSEIGNEMENT

5.1. FORMATION INITIALE (PREMIER ET DEUXIÈME CYCLE)

L'enseignement que je dispense organise des connaissances relatives aux matériaux, aux méthodes et aux techniques du bâtiment en réponse aux exigences multiples du projet architectural (structure, ambiances, économie, esthétique, symbolique,....)

Après une première période d'activité (1975-82) où j'avais mis en place un enseignement d'histoires des techniques, j'ai été amené à réorienter mes enseignements. En l'absence d'approches structurées de la construction contemporaine, j'ai développé plusieurs enseignements dans les premiers cycles pour répondre à l'attente des étudiants en architecture.

Au niveau du **premier cycle**, mon approche pédagogique se fonde aujourd'hui sur deux éléments principaux de méthodes :

-Des cours construits dans une perspective comparative : face à un thème constructif donné, il s'agit d'inventorier les problèmes posés, d'identifier des critères de choix et de présenter différentes solutions et moyens. Cette approche a été menée tant à Strasbourg pour le cours de « matériaux » qu'à Nancy pour le cours de « technologie comparée ».

-Une mise en situation d'expérimentation à partir de micro-projets pour lesquels des objectifs en nombres limités mais clairement identifiés doivent être atteints par l'étudiant. Il s'agit de placer l'étudiant en position de conception orientée dans le but de le faire s'interroger sur le rapport entre des considérations architecturales et des choix techniques.

Au niveau du **deuxième cycle**, j'aborde la construction par le découpage et la description du projet. L'objectif est de mettre l'étudiant en position de rétro-conception à partir d'une lecture nouvelle d'un projet. L'étudiant doit revisiter un projet mené antérieurement avec l'exigence de répondre à une quadruple question qui fait quoi, comment et à quel moment ?

En fonction de mes affectations, ces problématiques ont été adaptées aux équipes et aux besoins pédagogiques des établissements dans lesquels j'ai enseigné. On remarquera que dans chacune des différentes situations pédagogiques rencontrées, j'ai été amené à créer ex-nihilo les enseignements que j'ai professés.

Principaux enseignements :

• Module "Construction" (Premier cycle, Deuxième année, Ecole d'architecture de Nancy) :
Responsable du module
Cours magistral de technologies comparées (48H)
Projet construction (64 H)

• Module "Construction" (Premier cycle, Première année, Ecole d'architecture de Strasbourg) :
Responsable du module
Cours magistral de matériaux comparés (48H)
Projet construction (64 H)

• Module "Découpage et description des ouvrages" (Deuxième cycle, Deuxième année, Ecole d'architecture de Nancy) :
Responsable du module
Cours magistral de description et de maîtrise économique du projet assisté par ordinateur (16 H)
TD (20 H).

5.2. FORMATION DE TROISIEME CYCLE EN ARCHITECTURE

Mon approche au niveau du troisième cycle se fonde sur la double exigence d'une formation en architecture qui est à la fois professionnelle et scientifique.

La première approche plus technique et appliquée est développée au sein de mon activité d'encadrement de diplôme d'architecte et du DESS « matériau bois et mise en œuvre dans la construction ».

La seconde approche se situe dans une problématique plus théorique et aborde la compréhension des mécanismes de conception technique, la modélisation des

objets et des processus constructifs et les méthodes et outils de simulation. Elle fait plus particulièrement l'objet du DEA « Modélisation et simulation des espaces bâtis ».

Diplôme d'Architecte DPLG

Dans le cadre du cursus de troisième cycle aboutissant au diplôme d'architecte DPLG, je suis habilité en tant que directeur d'études. J'assure donc l'encadrement de TPFE (travail personnel de fin d'études) avec la volonté d'initier des problématiques innovantes et en même temps d'asseoir des savoir-faire sérieux pour l'obtention d'un diplôme qui prépare à des activités professionnelles.

Encadrement de travaux personnels de 3ème cycle en architecture

• COURTE Sébastien
Réflexions pour une application architecturale des principes de la haute qualité environnementale. Soutenance Juin 2002

• BARBIER Goery
Vers une architecture opportune
Soutenance Juin 2002

• ROVER Benoît
Reconstitution tridimensionnelle automatique de tissus urbains et simulation en situation de projet. Soutenance 2002

• BERNHARD Françoise
Projet pour un musée virtuel de l'architecture. 2002

• UROSEVIC Alexandre
Architecture soucieuse d'un rapport rationnel à l'environnement, à la construction et à l'usage. 2002

• ANDRE Frédéric
Plastiques et composites, matières et projets. 2000

• HANSER Damien
Conception, coopération et qualité : définition d'un outil de management de la qualité au service de l'architecture. 2000

• JUNG Thomas
Co-conception en cyberespace. 1999

• MALCURAT Olivier
La trame comme outil d'aide à la conception architecturale : prototypage d'un générateur de trame. 1997

• GASPARD Sandra
Le bardeau de bois : adapter les techniques traditionnelles à l'architecture contemporaine. 1997

• PIQUEE Yannick
Modélisation technique des éléments du bâtiment : intégration des éléments poteau et poutre bois au projet informatique ArTec. 1995

• HOUOT Vincent
Bio-architecture : l'architecture comme expérience de la vie. 1992

• SIMONIS Alexandre
Trame et architecture. 1990

• HENRY Martine
La maison individuelle, la maison thème : économie du projet et stratégies sur l'espace. 1989

• CRAMATTE Gérald
Bâtiment agricole et architecture. 1988

• CHEVAL Gérard
Décomposition et conception du projet. Proposition d'un logiciel d'aide à la décision en architecture par simulations "prestations/coûts". 1988

• HAAS Isabelle
Architectures de bois en Corse : le bois en Corse, un projet d'hébergement léger de loisir pour la Corse. 1987

• CHAMOIN François
Matériau et esthétique de la maison individuelle. 1986

• PRESA Philippe
Les revêtements extérieurs des constructions à ossature bois. 1985

• CONTEAU Denis
Obstacles liés à l'utilisation du chêne en ossature bois. 1984

• PATOIS Michel
La construction de collectifs : le bois est-il une réponse ? 1984

• METTEY Paul
Bois et architecture dans le Haut Doubs. 1983

• BELLESCIZE, Frédérique de - BOURGEOIS Michèle
L'architecture en bois massif en Europe. 1982

• EVEILLARD James
Forteresses et habitats protohistoriques à l'âge du fer en Europe tempérée. 1982

• WIECZOREK Jean-Pierre
Le musée sur l'île : une maison de l'archéologie pour l'Île de Pâques. 1982

• BAHIN Didier - MERVANT Jean-Claude
La limite dans le projet : aménagement de l'îlot Saint Jacques à Lunéville. 1981

• LAUSECKER François - METRO Jacques
Bois et architecture dans le massif vosgien. 1981

DESS "Matériau bois et mise en œuvre dans la construction".

Ce Diplôme d'Études Spécialisées de l'ENSTIB (Université de Nancy 1) en collaboration avec les Écoles d'Architecture de Strasbourg et de Nancy est habilité depuis 1995.

Cette formation développée par le Professeur Pascal Triboulot et auquel j'ai été associé étroitement propose un enseignement spécialisant original à un public étudiant composé pour moitié d'étudiants « architectes » et d'étudiants « ingénieurs ». Ce DESS permet d'apporter une double compétence à travers une formation axée sur les techniques de mise en œuvre du bois dans l'architecture et le bâtiment.

J'assure dans cette formation un cours magistral de « technologie de la construction bois » et un autre « d'histoire de l'architecture en bois »

Je suis membre de l'équipe de direction, de la commission de sélection des candidatures et des jurys de diplômes.

D.E.A. « Modélisation et simulation des espaces bâtis »

Ce DEA que je co-dirige avec le professeur Jean-Marie Pierrel (UHP) a été habilité en1999 et réhabilité pour 5 ans en 2000 dans le cadre de l'Ecole doctorale IAEM Lorraine.

La formation proposée se situe en continuité de la formation de DPEA que j'avais crée en 1996 et qui avait été validée par le conseil scientifique de l'université H. Poincaré en tant que Diplôme d'Université.

Le DEA associe deux établissements d'enseignement universitaire (UHP et INPL), trois établissements d'enseignement de l'architecture (École d'Architecture de Nancy, École d'Architecture de Strasbourg, ENSAIS) deux UMR CNRS (CRAI-MAP et

ISA-LORIA) et quatre laboratoires de recherche (LERGEC ; Structures et Matériaux ; LEGO ; LRA).

L'objectif du DEA est d'offrir aux étudiants une première année de recherche sur la modélisation et la simulation en architecture, urbanisme et paysage tant d'un point de vue théorique et méthodologique, qu'appliqué.

Le DEA apporte à travers trois modules, une formation théorique de base sur la modélisation en architecture, la résolution de problèmes et l'algorithmique et la représentation des connaissances. Trois modules spécialisés apportent une formation complémentaire sur les différentes approches de la modélisation : la modélisation conceptuelle, la modélisation scientifique et la modélisation graphique.

J'assure dans cette formation un cours magistral de « modélisation conceptuelle » ainsi que l'encadrement de stages de recherche.

Encadrement de stages de recherche de D.E.A.

• Peupion Alain
Structuration des documents en ingénierie coopérative. 2001

• André Vincent
Prototypage d'un collecticiel pour assister la conception du projet. 2001

• Zerrouki Nabila
Expérimentation d'un robot d'extraction d'image en vue de l'indexation d'une base de produits du bâtiment. 2001

• Kacher Sabrina
Recherche d'images indexées par familles d'ouvrages et matériaux. 2000

• Cohardy Alexandre
Modélisation et création d'une interface graphique pour la recherche des produits d'un distributeur en matériaux. 2000

• Bernhard Françoise
Maquette pour un musée virtuel de l'espace architectural. 2000

• Tourne Antoine
Recherche de produits du bâtiment par parcours de scènes tridimensionnelles. 1999

• Jung Thomas
Développement d'un outil de discussion du projet dans un environnement 3D immersif. 1999

• Hanser Damien

Systèmes d'information et démarche qualité dans un groupement de maîtrise d'œuvre.1999

• Lemattre Claire
Utilisation du support informatique pour le rendu de concours. 1998

• Pelissier Christa
Analyse, spécifications et prototypage d'un dictionnaire hypermédia de la construction. 1997

• Malcurat Olivier
La trame comme outil d'aide à la conception architecturale – Prototypage d'un générateur de trames 1997

• Mathieu François
Archimédia. Multimédia, multiculture, architecture. 1996

Doctorat « Sciences de l'architecture »

Dans le cadre de la formation doctorale, je co-dirige depuis plusieurs années des travaux dans le domaine de la modélisation et de l'assistance à la conception technique en architecture.

Les trois premières thèses soutenues ainsi que trois thèses en cours ont donné lieu à des publications nationales et internationales.

Encadrement de thèse de doctorat

• Bouattour Mohamed
La « maquette virtuelle » pour la coopération dans le domaine de l'ingénierie du bois
Soutenance 2005

• Hanser Damien
Spécification et développement d'un outil d'assistance à la coopération en situation de projet. Soutenance 2003

• Kacher Sabrina
Images et raisonnement à base de références pour une aide à la conception architecturale dans le domaine de la construction bois. Soutenance 2003

• Nakapan Walaiporn
Apport de la recherche par l'image pour l'assistance à la recherche d'informations techniques. Soutenance 2002

• Macurat Olivier
Proposition d'un modèle de coopération pour la conception architecturale.2001

• Sahnouni Yasmine
Modèles et échanges de données informatiques appliqués à la conception technique dans le bâtiment. 1999

• Palermo Szucs Carolina
Système ouvert de construction en bois.1991

5.3. AUTRES ACTIONS AU SEIN DES ÉCOLES D'ARCHITECTURE

Université Virtuelle Francophone

Dans le cadre de l'appel d'offre 98 de l'AUPELF-UREF, le projet d'enseignement des sciences et techniques pour l'architecture que nous avons déposé avec l'Université de Louvain la Neuve (Belgique) et avec le soutien du Bureau de la Recherche Architecturale (Ministère de la Culture) a été labellisé.

Un travail est en cours, portant plus particulièrement sur la mise en forme, dans l'environnement Internet, d'un enseignement de matériaux pour l'architecture. Le projet « INTERMAT » a démarré en juin 1999. Le module bois est opérationnel depuis janvier 2001. Le module « acier » est en cours de développement. Deux autres modules (béton et plastiques) sont prévus pour les deux prochaines années.

J-C Bignon, responsable scientifique et pédagogique

Centre de ressources et d'informations techniques (CRIT)

En 1996, j'ai créé puis assuré le fonctionnement d'un centre de documentation sur les produits et matériaux commun aux Écoles de Strasbourg et de Nancy. Ce centre, dont je suis le responsable, a trouvé en 1999 une première reconnaissance institutionnelle avec le soutien de la DGUHC (Ministère de l'Equipement) et de la DAPA (Ministère de la Culture). Le recrutement de deux chargées de mission à temps plein (une à Nancy et une à Strasbourg) assurent désormais le fonctionnement régulier de la structure. Ce service conçu prioritairement pour les étudiants des Écoles d'Architecture devrait, à moyen terme, s'ouvrir aux professionnels et en particulier aux jeunes architectes. Plusieurs conventions de partenariat avec les architectes régionaux (UNSFA) et avec des fédérations industrielles sont en cours de signature.

Bien qu'indépendant institutionnellement et dans ses objectifs du CRAI, j'ai établi un système relationnel fort entre le CRIT et le CRAI. Ainsi, le CRIT bénéficie largement des travaux du CRAI notamment en matière de recherche sur la

structuration de l'information et les modes de recherches. Par ailleurs le CRAI bénéficie de la base d'informations du CRIT et l'utilise comme « vérité-terrain » pour valider certaines de ses hypothèses et expérimenter ses méthodes.

Les différentes activités du CRIT sont :
-Veille technologique ;
-Gestion et indexation des documents techniques ;
-Édition d'un bulletin et gestion d'un serveur d'information (http://www.crit.archi.fr) ;
-Organisation de rencontres avec des industriels et de colloques ;
-Édition de documents et CD rom.

6. RESPONSABILITES INSTITUTIONNELLES

6.1. ACTIVITÉS INSTITUTIONNELLES NATIONALES

•Conseil du MAP (UMR CNRS N°694)
Co-fondateur avec J-P. Perrin (Pr. EAN), H Lequay (M.A. EAL), M. Barué (Pr. EAT) et M. Florenzano (DR. EAM) de l'UMR en 1995
Membre du conseil de laboratoire depuis sa création.
Responsable de l'équipe « Modélisation des processus constructifs ».

• Médiaconstruct
Membre élu du conseil d'administration depuis 2001

• C.A.P. des Professeurs des Écoles d'Architecture
Membre élu depuis 1998.

• Conseil Supérieur Scientifique de l'Enseignement de l'Architecture
Membre élu de 1994 à 1997 et depuis 2000
Président de la commission " Sciences et Techniques pour l'Architecture".

• Commission « statut des enseignants » de la Direction de l'Architecture
Représentant du CSSEA en 1997.

• Conférence des Présidents des Ecoles d'Architecture:
Représentant du Conseil d'Administration de l'Ecole d'Architecture de Nancy auprès de la conférence des Présidents des Ecoles d'Architecture de 1994 à 1997

• **Expert auprès de la D.A.U. (Direction de l'Architecture):**
Chargé par la D.A.U. en 1993 de l'expertise et des jurys concernant le repyramidage et la titularisation des enseignants des écoles d'Architecture (champs: "Sciences et Techniques pour l'Architecture").

• **Conférence des Grandes Ecoles**
Représentant de l'Ecole d'Architecture de Nancy de 1991 à 1993

6.2. ACTIVITÉS INSTITUTIONNELLES LOCALES

• **Conseil d'administration de l'École d'Architecture de Nancy**
Membre élu du conseil d'administration de 1984 à 1997 et depuis 2000
Président de 1984 à 1988.
Vice-président de 1994 à 1997.

• **Conseil de l'École doctorale IAEM Lorraine**
Membre depuis 2000.

• **Conseil des études doctorales de l'INPL**
Membre représentant l'EAN depuis 1996

• **Conseil Scientifique de l'INPL**
Membre représentant l'EAN depuis 1995.

• **Conseil Scientifique de l'Ecole d'Architecture de Strasbourg**
Membre de 1997 (date de sa création) à 1998.

• **Conseil Scientifique de l'Ecole d'Architecture de Nancy**
Cofondateur et membre du Conseil Scientifique de l'Ecole d'Architecture Nancy de 1992 (date de sa création) à 1995.

• **Directeur des études à l'Ecole d'architecture de Nancy**
De 1990 à 1991

• **Conseil de la pédagogie et de la recherche de l'École d'Architecture de Nancy**
Membre élu de 1982 à 1984
Président de 1982 à 1984

6.3. COLLABORATIONS DIVERSES

Organismes avec lesquels sont menées des actions de formation ou de recherche :

- **Organismes professionnels :**

-Syndicat de la Construction Métallique,
-OTUA (Office technique pour l'utilisation de l'acier)
-CNDB (Comité national pour le développement du bois),
-CIM Béton.
-SPMP (Syndicat des producteurs de matières plastiques)
-ATOFINA
-UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières et des Matériaux de construction),
-CERIB (Centre d'études et de recherches des industries du Béton),

- **Établissements d'enseignement**

-Université de Nancy 1 (ENSTIB, IUT),
-Institut National Polytechnique de Lorraine (ENSEM, ENSM),
-Université de Louvain la Neuve (École d'architecture), Belgique,
-École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Chaire de construction bois), Suisse,
-Université de Karlsruhe (École d'architecture), Allemagne.

• ETABLISSEMENTS DE RECHERCHE

-UMR 7503 LORIA : Équipe ECOO (Environnement pour la COOpération)
Responsable : C. GODART
-UMR 220 LOUEST : Équipe LAREA : F. SCHATZ
-CNET (Centre de Recherche et Développement de France Télécom)
-DMC. Design machine Group. Université de Washington (College of Architecture and planning), États Unis. Responsable Mark D. Gross

7. RECHERCHES ET PUBLICATIONS

7.1. RECHERCHES (sur contrats)

• « TROUVER. Trouver des produits de construction sur le Web »
J-C Bignon (responsable CRAI), P. Humbert, G. Halin
En partenariat avec Médiaconstruct, UNSFA, Edibatec, CAPEB,
Contrat : Secrétariat d'Etat à l'Industrie, DIGITIP/STSI, Ministère de l'Economie des finances et de l'industrie (2001)

• « DEMOWEB. Démocratiser le Web-construction »
J-C Bignon (responsable CRAI), D. Hanser, G. Halin
En partenariat avec UNSFA, Archinov, CAPEB, Médiaconstruct
Contrat : Secrétariat d'Etat à l'Industrie, DIGITIP/STSI, Ministère de l'Economie des finances et de l'industrie (2001)

• « COCAO. Ingénierie concourante et assistance d'une informatique répartie »
J-C Bignon (responsable CRAI), G. Halin, O. Malcurat, D. Hanser
en collaboration avec le LORIA (UMR CNRS) équipe ECCO (responsble C. Godart)
Contrat : CNET/France Telecom [1998-2001]

• « HYPERCAT. Conception et réalisation de Catalogue Hypermédia pour le bâtiment.
J-C Bignon (responsable), G. Halin, P. Humbert, O. Cunin, S. Belblidia, W. Nakapan, S. Kacher
Contrats industriels : SPMP (1998-1999), CNDB (2001), Atofina, (2000-2002)

• « DOCMAT. Structuration des données et définition d'interfaces de recherche pour la documentation technique. »
J-C Bignon (responsable), G. Halin, P. Humbert

Contrat : CME (1997-99)

• « Formation à l'usage de l'information sur les produits du bâtiment »
J-C Bignon (responsable), A.V. Sautay,
Contrat : Direction de l'information scientifique et technique,
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (1995-96)

• « SURF. Analyse du domaine du calepinage et définition d'un cahier des charges d'un outil informatique d'assistance au calepinage surfacique »
J-C Bignon (responsable), D. Léonard, J. Lotz, V. Marchal,
Contrat : Plan Construction et Architecture. (1994-95)

• « ARTICLE. Intégration des données produits dans la chaîne de conception technique -réalisation des ouvrages »
J-C Bignon (responsable), D. Léonard, Y. Piquée, Y. Shanouni, J. Sédille.
Contrat : Plan Construction et Architecture (1994-95)

• « Modèles de données pour le bâtiment »
J-C Bignon en collaboration avec le CSTB, LGCH, MIDIVALEUR
Groupe Structuration des Données
Contrat : Plan Construction et Architecture (1993)

• « Jean Prouvé entre l'artisanat et l'industrie.1939-1949 »
J-C Bignon (responsable) C. Coley
Contrat : B.R.A. Ministère de la culture (1991)

• « Jean Prouvé entre l'artisanat et l'industrie. 1923-1939 »
J-C Bignon (responsable) C. Coley
Contrat : B.R.A. Ministère de la culture (1988-1989)

• « Modélisation des transferts d'informations techniques en CAO »
J-C Bignon (responsable), D. Léonard, J. Sédille
Contrat : PIRTEM/Plan Construction (1992).

• « Calepinage appliqué à la mise en œuvre d'éléments modulaires »
J-C Bignon conseiller scientifique du CRAI pour le développement de deux logiciels : "Panno"
Contrat : Campenon Bernard Construction, logiciel "Panno "
Contrat : société BIHR "bloc Baby » (1987-90).

• « Chaînage d'outils de conception et de réalisation pour la construction de maisons à ossature bois » :
J-C Bignon en collaboration avec F. Lausecker et J. Metro - société Castor Product)
Contrat : Plan construction (1989-90).

7.2. PUBLICATIONS DANS DES COLLOQUES INTERNATIONAUX (avec comite de lecture)

• J-C Bignon, S. Belblidia, P. Humbert, M. Guely
Contribution of the Hyporealistic Representation in the Assistance to Architectural Design
DESIGN 2002. 7th International Design Conference
Dubrovnik, Croatie, 14-17 Mai 2002.

• S. Kacher, J-C Bignon, G. Halin
The content-Based image retrieval as the assistance tool to the architectural design
ICCCBE-IX The Ninth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering
Taipei, Taiwan, 3-5 Avril 2002.

• C. Scaletsy, JC Bignon, F Schatz
Creation of an opened system of references to the architectural project
5 congreso ibéro-americano de grafica digital
Concepcion, Chili, 21-23 Novembre 2001.

• D.Hanser, J-C Bignon, G. Halin
A Relation-Based Groupware in Heterogeneous Design Teams
19 th ECAADE conference Education for Computer Aided Architectural Design in Europe.
Helsinski, Finlande, 28-31 Août 2001.

• C. Godart, G. Halin, C. Bouthier, J-C Bignon, O. Malcurat, P. Molli
Implicit or Explicit Coordination of Virtual Teams in Building Design.
CAADRIA 2001 (Computer-Aided Architectural Design Research in Asia),
Sydney, Australia, 19-21 avril 2001.

• C. Godart, G. Halin, C. Bouthier, J-C Bignon, O. Malcurat, P. Molli
Asynchronous Coordination of Virtual Teams in Creative Applications (co-design or co-engineering). Workshop on Information Technology for Virtual Enterprises (ITVE)
Gold Coast, QLD, Australia 29-30 Janvier 2001.

•W. Nakapan, G. Halin, J-C Bignon
Building Product Image Extraction From the Web.
InTech 2000, International Conference on Intelligent Technologies
Bangkok, Thaïlande, 13-15 décembre 2000.

• O. Malcurat, J-C Bignon, G. Halin,
Improving coopération in small scale project
8th International Conference on Computing in Civil & Building Engineering
Stanford University, California USA, August 21-25, 2000.

• W. Nakapan, J-C Bignon, G. Halin,
Building product search by images
DESS 5th International Conference on Design and Decision Support Systems in architecture and urban planning
Nijerk, Netherlandd, August 22-25, 2000.

• G. Halin, W. Nakapan, J-C Bignon
Interactive and progressive image retrieval on the WWW, application on building product search
MDIC'99
Salermo, Italie, October 4-5, 1999.

• G. Halin, J-C Bignon, P. Humbert
Designing Hypermedia : An Experience in Multimedia Catalogue of Building Products
ACM Hypertext'99 Workshop on Hypermedia Development, Design Pattern in Hypermedia,
Darmstadt, Germany, February 21-25, 1999.

• G. Halin, J-C Bignon, K. Benali, C. Godart
Cooperation models in co-design: application to architectural design
4th International Conference on Design and Decision support Systems in Architecture and urban Planning.
Masstricht, Nederlands, July 26-29 1998

• J-C Bignon, G. Halin, P. Humbert
Structuring of Architectural Technical Documentation with an Hypermedia Model
The 7th International Conférence on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE-VII)
Séoul, Corée, 19-21 août 1997

• Y. Shanouni, J-C Bignon, D. Léonard
Data exchange in design/realisation process in building trade, an experimentation with wood-frame Panels
CAAD Futures 97 - Technical University
Munich, Germany, 4-6 Août 97.

• J-C Bignon, G. Halin, P. Humbert
Hypermedia Structuring of the technical documentation for the architectural aided design.
CAAD Futures 97 -
Technical University Munich, Germany, 4-6 Août 97.

• J-C Bignon, D. Léonard, Y Piquée, Y Shanouni
Assistance à la conception architecturale et technique de bâtiments en poteaux - poutres bois.
4ème Colloque international "Sciences et industries du bois".
Nancy, France, 11-13 Septembre 1996.

• J-C Bignon, D. Léonard, Y. Piquet, Y. Sahnouni
ArTec : un modèle du cycle de vie des objets bâtiment en cours de conception technique
EUROPIA 95.
Lyon, France, 12-14 décembre 1995.

• J-C Bignon, D. Léonard, J. Sédille, Y. Sahnouni
A semantic data model for technical design software in architecture
AL-AZHAR ENGINEERING Fouth internatioal conference.
Le Caire, Égypte, Décember 16-19,1995.

• J-C Bignon, D. Léonard, J. Lotz
SURF - A Generic Tool For Building Product Units Composition Technic and "true mapping" onto Surfaces
VIRTUAL PROJECT 95- "2nd International Symposium on Virtual Reality and Advanced Technology Applications in Building and Architecture".
Bologna, Italie, 18-22 Octobre 95.

• J-C Bignon, G. Halin
Construction d'hypermédias "ouverts" - Application à la documentation technique des produits du bâtiment
3ème conférence hypertextes et hypermédias-Université Paris VIII
Paris, France, 11-12 Mai 1995.

• J-C Bignon, G. Halin, D. Léonard
Managing data bases to improve handling of complexity in computer aided design
4th International Conference on Computer in Urban Planning and Urban management
Melbourne, Australie, July 11-14 1995.

• J-C Bignon, G. Halin, D. Léonard
Contributions of a Complex Object Retrieval Model to a dynamical Architectural Design Process
2nd International Conference on " Design Decision Support System in Architecture et Urban palnning"
Eindhoven University of Technology (Dpt of Architecture and Urban Planning)
Vaals, Hollande, August 15-19 1994.

• J-C Bignon, G. Halin, D. Léonard
"The alternative: a specialisation of inheritance for the design of evolutive graphical objects"
Eurographics workshop on object oriented graphic.
Champéry, Suisse, 1992.

• J-C Bignon, D. Léonard
"Calepibloc. Exemple of Computer-aided construction process"
First international symposium of CIB working commission W82 Futures studies in construction. "Construction beyond 2000"
Espoo, Finlande, 15-18 Juin 92.

• J-C Bignon, M. Bourjot
Technical modelling: exemple of software for generating detailed drawings of small elements of exposed concrete".
Second international conference. "AL AZHAR Engineering"
Le Caire, Égypte, 21-24 Décembre1991.

• J-C Bignon, D. Léonard
"Technical modeling of instanciation procedures for architectural objects".
Second international workshop. "Computer building representation for integration "
Aix-lès-Bains, France, 3-5 Juin1991.

7.3. PUBLICATIONS DANS DES COLLOQUES NATIONAUX (avec comité de lecture)

• P. Humbert, J-C. Bignon
La recherche par l'image pour trouver des produits dans une base de données structurée
6ème Symposium de l'innovation des technologies de l'information
Clermont-Ferrand, France, 27 Septembre 2001.

• J-C. Bignon, G. Halin, W. Nakapan, P. Humbert, M. Wagner
Assistance à la conception architecturale et technique par des méthodes et outils de recherche d'informations par l'image
2nde rencontre Médi@construct
Paris, France, 3 mai 2001.

• J-C Bignon, G. Halin, W. Nakapan
Outil d'aide à la recherche d'informations techniques par l'image
IBPSA France 2000. 2nde conférence
Sophia-Antipolis, France, 26-27 Octobre 2000.

• J-C Bignon, O. Malcurat, G. Halin
Coopération et conception : vers une coopération assistée pour les acteurs du bâtiment
01 Design 99. 6ème table ronde sur la conception des nouveaux systèmes d'information
Saint-Ferréol, France, 14-15 Décembre 1999.

• J-C Bignon, G. Halin, P. Humbert, W. Nakapan
HYPERCAT : Un Catalogue HYPERMEDIA des produits du Bâtiment.
Hypertextes et Hypermédias : Réalisations, Outils & méthodes
Paris, 23 et 24 Septembre 1999.

• J-C Bignon, G. Halin, O. Malcurat, K. Benali, C. Godart
Évolution de la maîtrise d'œuvre, pratiques coopératives et informatique répartie
Colloque mieux produire ensemble. Plan Construction et architecture
Nancy, France, 29 Avril 1998.

• J-C Bignon, G. Halin, P. Humbert
Modélisation hypermédia de catalogue : application au catalogage des produits du bâtiment
4ème conférence internationale « Hypertextes et Hypermédias» : Réalisation, Outils et Méthodes
Paris, France, 25 et 26 septembre 1997.

• J-C Bignon, Y. Shanouni, D. Léonard
Approche Coopérative de la conception et interopérabilité informatique.
Colloque Design industriel, architecture et rhéologie du bois
Bordeaux, France, Mars 1997.

7.4. PUBLICATIONS À DES SÉMINAIRES

• S. Kacher, J-C Bignon, G. Halin
Définition d'un thésaurus pour l'indexation d'images relatives à l'architecture en bois
Séminaire UMR MAP
Sousse, Tunisie, Mars 2002.

• D.Hanser, J-C Bignon, G. Halin
Assistance des hypermédias adaptatifs à la structuration des actions en ingénierie coopérative
Séminaire UMR MAP
Sousse, Tunisie, Mars 2002.

• P. Humbert, J-C. Bignon
Indexation d'images par méthode statistique dans une base de données structurée de produits
Séminaire UMR MAP
Sousse, Tunisie, Mars 2002.

• G. Halin, J-C Bignon, W. Nakapan, M. Wagner
Extraction d'images à partir du Web.
Séminaire UMR MAP
Toulouse, France, décembre 2000.

• W. Nakapan, G. Halin, J-C Bignon
Recherche d'informations techniques par l'image.
Séminaire UMR MAP
Marseille, France, mai 1999.

• G. Halin, J-C Bignon, P. Humbert, W. Nakapan
Conception et Réalisation de Catalogue Electronique Hypermédia.
Séminaire UMR MAP
Marseille, France, mai 1999.

• O. Malcurat, J-C Bignon, G. Halin
CoCAO : Environnement logiciel d'assistance à la co-conception pour le Bâtiment.
Séminaire UMR-MAP 694
Marseille, France, mai 1999.

• J-C Bignon, F. Mathieu,
Vers un patrimoine virtuel
Séminaire Jean Prouvé
École d'Architecture Nancy, Mai 1996

• J-C Bignon
Expérimentations concrètes et simulations virtuelles
L'expérimentation architecturale : problèmes et perspectives
BRA. Ministère de l'équipement et du logement
Juin 1994

7.5. PUBLICATIONS D'ARTICLES DANS DES OUVRAGES OU DES REVUES

• G. Halin, W. Nakapan, J-C Bignon.
Building Product Image Extraction From the Web.
Special issue "Contributions to Methodology of Intelligent Technologies" of the International Journal of Intelligent Systems.
2002. À paraître

• J-C Bignon
Le béton et la lumière.
Chapitre de l'ouvrage " Construire en béton " (CIM Béton)
Éditions du Moniteur, 2000

• J-C Bignon, G. Halin, W. Nakapan
Navigation par l'image sur le WWW. Application à la veille technologique dans le bâtiment.
« Hypertextes et Hypermédias ».
Édition Hermès. 1999

• J-C Bignon
La trame : un assistant à la conception technique.
Les Cahiers de la recherche architecturale N°40
Numéro sur l'imaginaire technique
Éditions Parenthèses (1997)

• J-C Bignon
Le bardage métallique
Chapitre de l'ouvrage "La construction métallique" (projet ARA)
Éditions du Moniteur,1994

• J-C Bignon
"Calepibloc : pour le calepinage de blocs de béton"
Autocad Magazine, Juin Juillet 1993.

• J-C Bignon
"Autocad : un outil d'aide à la recherche"
Autocad Magazine, Septembre 1993.

• J-C Bignon, C. Coley
"Entre artisanat et industrie 1923-1939"
Article du catalogue de l'exposition du CCI Beaubourg: "Jean Prouve, constructeur"
Edition du CCI (Centre Georges Pompidou),1990

7.6. ORGANISATION DE COLLOQUES

• 6ème Journées de la construction bois – ENSTIB (Épinal) – 1-2 février 2001
J-C Bignon, membre du comité d'organisation et animateur

• Colloque « Jean Prouvé et la question de l'industrialisation du bâtiment dans la seconde moitié du XIXe siècle ». Rassemblement européen des Ecoles d'architecture et d'ingénieurs. Salon Européen de l'acier pour la construction. Organisation AMAL-USINOR. Metz. 16-18 janvier 2002.
J-C Bignon, membre du comité d'organisation et animateur

• "Matières plastiques, nouveaux matériaux, nouvelles conceptions : architecture, design et arts" - École d'Architecture de Nancy – 8 décembre 2000. J-C Bignon, responsable du comité d'organisation et animateur

• 5ème Journées de la construction bois – ENSTIB (Épinal) – 6-7 octobre 2000
J-C Bignon, membre du comité d'organisation

• 4ème Rencontres du Groupe Permanent du Programme "Modélisation et simulation pour l'architecture, l'urbanisme et le paysage" - Ecole d'Architecture de Nancy – 25 mai 2000
J-C Bignon, membre du comité d'organisation

• 4èm Journées de la construction bois 99 – ENSTIB (Épinal) – 5-6 février 1999
J-C Bignon, membre du comité d'organisation

• 3èm Journées de la construction bois 98 – ENSTIB (Épinal) – 20-21 février 1998
J-C Bignon, membre du comité d'organisation et animateur

7.7. PRODUITS DE LA RECHERCHE

• « MATERIA-SYNTHESIS»
CD Rom de découverte et d'information sur les produits du bâtiment de la société Atofina. Ce CD a servi d'expérimentation pour un nouveau mode de représentation en images de synthèse. Les scènes « hypo-réalistes » permettent une approche et une recherche de l'information par la découverte.
J-C Bignon (responsable), P. Humbert, S. Belblidia et M. Guely.
Mai 2002. Édition/diffusion Atofina.

• « MAQUETTES BOIS »
CD Rom de découverte et d'information sur les produits utilisés dans la construction en bois. Le CD a été l'occasion d'expérimenter une structuration de l'information et sa présentation par des interfaces 3D réalisées en Quicktime objet.
J-C Bignon (responsable), P. Humbert et S. Belblidia
Mai 2001. Édition/diffusion CNDB.

• « PLASTICITÉ »
CD Rom de découverte et d'initiation aux matières plastiques dans le bâtiment et l'architecture. Ce CD a servi de plate-forme pour l'expérimentation d'une méthode de conception et de réalisation d'applicatifs hypermédias.
J-C Bignon (responsable), P. Humbert, O. Cunin et G. Halin.
Septembre 1999. Édition/diffusion SPMP.
Lauréat du concours FIMBACTE1999

• « DOCMAT »
Logiciel de gestion de la documentation technique sur les produits du bâtiment. La base de données gérée par ce logiciel sert en particulier de base d'expérimentation pour nos travaux de recherche sur la structuration et la recherche d'informations.
J-C Bignon (responsable) P. Humbert et G. Halin,
1997-2002. Utilisation par les centres de ressources techniques des Écoles d'architecture de Nancy et Strasbourg.

• « **DOMITEC** » Logiciel hypermédia de présentation des données techniques des produits du bâtiment.
J-C Bignon (responsable), G. Halin, P. Humbert, Ph. Weitling, D. Sornette
1995-1997. Commercialisation CME (Conception Multimédia pour l'Entreprise).
Lauréat du prix « entreprendre 95 »

• « **SURF** » Logiciel de Calepinage de produits surfaciques.
J-C Bignon (responsable), D. Léonard, J. Lotz, V. Marchal
1995-1998. Commercialisation CME (Conception Multimédia pour l'Entreprise).

• « **DQE concept** » logiciel de description, quantification et évaluation des ouvrages.
J-C Bignon (responsable), en collaboration avec le club informatique des architectes de Lorraine et la société Microservice.
1991-1994. Edition/commercialisation: MICROSERVICE.

• « **CALEPIBLOC** » logiciel de calepinage de blocs en béton apparents.
J-C Bignon (responsable) S. Benmedjahed, D. Bur, P. Charpentier et M. Lançon
1990-1993. Edition/commercialisation: CERIB/FIB.

7.8. DISTINCTIONS

• « Mencion Honrosa a mejor trabajo » Mention d'honneur pour le meilleur article
C. Scaletsy, JC Bignon, F Schatz
Creation of an opened system of references to the architectural project
5 congresso ibéro-americano de grafica digital
Concepcion, Chili. 21-23 Novembre 2001

• Prix « Ivan Petrovic – Mémorial prize for best conference paper »
D.Hanser, J-C Bignon, G. Halin
A Relation-Based Groupware in Heterogeneous Design Teams
19 th ECAADE conference Education for Computer Aided Architectural Design in Europe, Helsinski, 28-31/08/2001

• Prix spécial du Jury FIMBACTE 99 (Festival International Multimédia Bâtiment Architecture - Construction - Travaux publics - Environnement) pour le CD Rom PLASTI-cité.

• Prix « Concevoir 1997 » décerné par la Communauté Urbaine du Grand Nancy, catégorie « Design de produits multimédia ». Ce prix a été obtenu par G. Sillaume, étudiant stagiaire de l'IUP MIAGE de Nancy 2, que j'ai co-encadré durant son stage de fin d'études au CRAI. Son sujet était « **SERVITEC** : Catalogue Distribué Multimédia et Multilingue pour la Documentation Technique des Produits du Bâtiment ».

• Prix « Entreprendre 1995 » décerné par le District Urbain de Nancy pour le logiciel DOMITEC proposant une présentation de type hypermédia de la documentation technique d'un fabricant de produits du bâtiment. Ce prix a contribué à la création de l'entreprise CME (Conception Multimédia pour l'Entreprise) Nancy, qui commercialise actuellement le logiciel.

8. BIBLIOGRAPHIE

A

[Alexander, 71] Christopher ALEXANDER
De la synthèse de la forme
Dunod, Paris, 1971

[Almor et al, 95] R. ALMOR, G. AUGENBROE, J. HOSKINGS, W. ROMBOUTS , J. GRUNDY
Directions in modelling environments
In Automation un Construction, Vol. 4, n° 3, pp 173-187
Éditions Elsevier Sciences, Octobre 1995

[André, 01] Vincent ANDRÉ
Étude d'un outil d'aide à la coopération adapté au domaine du bâtiment. Validation métier
En collaboration avec Alain PEUPION
Mémoire de DEA "Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis"
École d'Architecture de Nancy, 2001

[Appelt et al, 98] Wolfgang APPELT, Elke HINRICHS, Gerd WOETZEL
Effectiveness and Efficiency : The Need for Tailorable User Interfaces on the Web
Proceedings of the 7th International World Wide Web Conférence
Bribane, Australie, avril 1998

[Appelt, 99] Wolfgang APPELT
WWW Based Collaboration with the BSCW System
Proceedings of SOFSEM'99, Springer Lecture Notes in Computer Science 1725, pp. 66-78
26.12 - 04.12, Milovy (République Tchèque)

[Arbouy et al, 94] S. ARBOUY, A. BEZOS, AF. CUTTING-DECELLE, P. DIAKONOFF, P. GERMAIN-LACOUR, JP. LETOUZEY et C. VIEL
Concepts fondamentaux
AFNOR, Juillet 1994

[D'ales et al, 99] J-P. D'ALES, J. FROMENT, J-M. MOREL
Reconstitution visuelle et généricité
Intellectica, 1999

B

[Bachelard, 00] Gaston BACHELARD
Le nouvel esprit scientifique
PUF, Paris, 2000

[Badiou,70] Alain BADIOU
Le concept de modèle
François Maspéro, Paris, 1970

[Barthes, 70] Roland BARTHES
L'empire des signes
Skira, Genève, 1970

[Barthes, 80] Roland BARTHES
La chambre claire, notes sur la photographie
Gallimard, Paris, 1980

[Beckmann, 93] Roland BECKMANN
La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication
Éd. Picard, Paris, 1993

[Benmedjahed et al, 91] Said BENHEDJAHED, Jean-Claude BIGNON, Didier BUR, Patricia CHARPENTIER.
Calepibloc : logiciel de calepinage pour les blocs béton
Manuel de l'utilisateur
CRAI-CERIB, Nancy, 1991

[Bentey et al, 96] Richard BENTEY, Uwe BUSBACH, Klaas SIKKEL
The architecture of the BSCW Shared Workspace System
Proceedings of the ERCIM workshop on CSCW and the Web
Sankt Augustin, Allemagne, 7-9 février 1996

[Bernoux, 85] Philippe BERNOUX
La sociologie des organisations
Éditions du Seuil, Paris, 1985

[Bignon et al, 91A] Jean-Claude BIGNON, Michel BOURJOT
Technical modelling : exemple of software for generating detailed drawings of small elements of exposed concrete
Second international conference. "AL AZHAR Engineering"
Le Caire, Égypte. 21-24 décembre1991

[Bignon et al, 91B] Jean-Claude BIGNON, Daniel LÉONARD
Technical Modelling of Instanciation Procedures for Architectural objects
In Computer building representation for integration
Second International Workshop
Aix-lès-Bains, 3-5 juillet 1991

[Bignon et al, 92A] Jean-Claude BIGNON, Daniel LÉONARD et Jacques SÉDILLE
Modélisation des transferts d'informations techniques en C.A.O.
Rapport de recherche du CRAI
Plan Construction et Architecture, Nancy, 1992

[Bignon et al, 92B] Jean-Claude BIGNON, Gilles HALIN, Daniel LÉONARD
The alternative : a specialisation of inheritance for the design of evolutive graphical objects
Eurographics workshop on object oriented graphic.
Champéry, Suisse. 1992

[Bignon et al, 92C] Jean-Claude BIGNON, Daniel LÉONARD
Calepibloc. Exemple of Computer-aided construction process
First international symposium of CIB working commission W82 Futures studies in construction. "Construction beyond 2000"
15-18/6/92 - ESPOO (Finlande).

[Bignon et al, 95] Jean-Claude BIGNON et Gilles HALIN
Construction d'hypermédias "ouverts" - Application à la documentation technique des produits du bâtiment
3ème conférence hypertextes et hypermédias
Université Paris VIII
Paris, France, 11-12 Mai 1995

[Bignon et al, 96] Jean-Claude BIGNON , Anne-Véronique SAUTAI
Formation à l'usage de l'information sur les produits du bâtiment
Contrat : Direction de l'information scientifique et technique,
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. 1995-96

[Bignon et al, 97] Jean-Claude BIGNON, Gilles HALIN et Pascal HUMBERT
Hypermedia Structuring of the technical documentation for the architectural aided design.
CAAD Futures 97
Technical University. Munich, Allemagne. 4-6 Août 1997

[Bignon, 97] Jean-Claude BIGNON
La trame. Un assistant à la conception technique
Les cahiers de la recherche architecturale
Juin 1997

[Björk, 89] Bo-C BJÖRK
Basic structure of a proposed building product model
In Computer Aided Design, Vol. 21, n° 2, pp 71-78
Éditions Elsevier Sciences, 1989

[Björk, 95] Bo-C BJÖRK
Requirements and information structures for building product data models
Dissertation for the degree of Doctor of Technology,
Université de Technologie d'Helsinki, VTT publications
Espoos, Finlande, 1995

[Bobroff et al, 93] Jacotte BOBROFF (sous la direction de)
La gestion de projet dans la construction
Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées
Paris, 1993

[Boudon, 71] Philippe BOUDON
Sur l'espace architectural. Essai d'épistèmologie de l'architecture,
Dunod, Paris, 1971

[Boudon et al, 88] Philippe BOUDON, Frédéric POUSIN
Figures de la conception architecturale
Dunod, Paris, 1988

[Boudon et al, 94] Philippe BOUDON, Philippe DESHAYES, Frédéric POUSIN et Françoise SCHATZ
Enseigner la conception en architecture
Éditions de la Villette, Paris, 1994

[Boudon, 96] Philippe BOUDON
Diversité des recherches en architecture
Assises de la Recherche, Ministère de la Culture
Paris, 1996

[Boukkara, 95] Azziz BOUKKARA
Domitec ; outil hypermédia pour la présentation de l'information technique de produits du bâtiment
Mémoire de CEAA, Nancy, 1995

[Brodie et al, 84] M-L. BRODIE, J. MYLOPOULOS et J-W. SCHMIDT
On conceptual Modelling
Éditions Springer-Verlag, New-York, 1994

C

[Cavnar et al, 94] Cavnar, William B. and John M. Trenkle.
NGram Based Text Categorization.
In Proceedings of the Third Annual Symposium on Document Analysis and Information Retrieval, 11-13 April 1994.

[Chimits et al, 96] Catherine CHIMITS et Guy TAPIE
Les effets des nouveaux systèmes de communication sur les métiers de la maîtrise d'œuvre
Plan Construction et Architecture
Recherche n°71, Paris, 1996

[CIB, 86] Cahiers du Club informatique et bâtiment N° 3
La communication entre les industriels de la construction et leurs partenaires
Etude de la structuration des ensemble d'informations
Paris, 1986

[Conan, 90] Michel CONAN
Concevoir un projet d'architecture
Édition L'Harmattan, Paris, 1990

[Crozier et al, 77] Michel CROZIER et Erhard Friedberg
L'acteur et la système
Edition du Seuil ; Paris, 1977

D

[Dauguet, 99] B. DAUGUET
Architecture, pratiques de projet et nouvelles technologies de l'information et de la communication
Plan Urbanisme, Construction et Architecture
Recherche n°67, Paris, 1999

[Denis, 89] Michel DENIS
Image et cognition
Presses Universitaires de France, Paris, 1989

[Deshayes, 94] Philippe DESHAYES
Modélisation de processus de conception. La conception architecturale. Le projet architecturologique.
Habilitation à diriger des recherches
Institut National Polytechnique de Lorraine
Nancy, 1994

[Drabenstott, 86] Karen Markey DRABENSTOTT
Subject acces to visual ressources
Collection : a modele for computer construction of thematic catalogues
Greenwood Press ; New-york, 1986

[Drabenstott, 88] Karen Markey DRABENSTOTT
Access to iconographical research collections.
Library Trends 37, 1988

E

[Eakins, 98] J-P. EAKINS
Techniques for image retrieval. Library and information briefings, 85
London, South Bank Unversity, Library Information Technology Centre, 1998

[Eco, 88] Umberto ECO
Le signe : histoire et analyse d'un concept
Labor, 1988

[Eco, 97] Umberto ECO
Kant et l'ornithorynque
Grasset, Paris, 1997

[Ediconstruct, 91] Groupe de Travail N° 5 d'Ediconstruct
Les classifications dans les EDI
Plan Construction et Architecture, Collection recherches, Paris, 1991

[Eastman et al, 89] C. EASTMAN, A. BOND et S. CHASE
A formal approach for product model information
Design & Computation,
Graduate School of Architecture and Urban Planning de Californie, Los Angeles, 1989

[Epron et al, 74] Jean-Pierre EPRON, Daniel GROSS, Jean-Marie SIMON.
Essais sur la formation d'un savoir technique. Le cours de construction.
Rapport final d'une recherche CORDA.

CEMPA, Villers les Nancy.1974

[Epron, 80] Jean-Pierre EPRON
L'édifice idéal et la règle constructive : essai d'une théorie des doctrines architecturales
Cempa, Villers-lès-Nancy, France. 1980

[Epron, 81] Jean-Pierre EPRON
L'architecture et la règle : essai d'une théorie des doctrines
Madaga, Bruxelles, Belgique. 1981

[Epron, 84] Jean-Pierre EPRON
L'école de l'académie ou l'institution du goût en architecture
École d'Architecture de Nancy
Villers-lès-Nancy, France. 1984

F

[Foley et al, 90] James D. FOLEY, Andries VAN DAM, Steven K. FEINER, John F. HUGHES, Richard L. PHILLIPS
Computer Graphics, principles and practices
Éd. Addison-Wesley, Massachusetts, 1990

[Frankel et al, 96] C. FRANKEL, M.J. SWAIN et V. ALHITSOS
Web Seer : an image search engine for the world wide web
Technical Report 96, Computer Science Department
University of Chicago, Chicago 1996

[Fuznas et al, 87] G.W. FUZNAS, T.K. LANDAUER, I.M. GOMEZ and S.T. DUMAIS
The vocabulary problem un human system communication
ACM, 1987

G

[Garzotto et al, 93] F. GARZOTTO, P. PAOLINI, D. SCHWABE
HDM. A model based approach to hypertext application design
ACM Tansaction on Information System, Janvier 1993

[Gauzin-Müller, 90] Dominique GAUZIN-MÜLLER
Le bois dans la construction
Préface : Roland Schweitzer
Avant-propos : Daniel Grunard
Éditions du Moniteur, Paris, 1990

[Gauzin-Müller, 99] Dominique GAUZIN-MÜLLER

Construire avec le bois
Éditions du Moniteur, Paris, 1999

[Gervereau, 94] Laurent GERVEREAU
Voir, comprendre, analyser les images
Guides repères, La découverte, Paris, 1994

[Giard, 93] Vincent GIARD
La gestion de projet dans le BTP et dans les industries de production de masse : des questions communes
In La gestion de projet dans la construction, sous la direction de Jacotte Bobroff
Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées
Paris, 1993

[Gimpel, 80] Jean GIMPEL
Les bâtisseurs de cathédrales
Éd. Seuil, Paris, 1980

[Godart et al, 01] Claude GODART, Gilles HALIN, Jean-Claude BIGNON, C. BOUTHIER, Olivier MALCURAT, Pascal MOLLI
Implicit or explicit coordination of virtual teams in Building design.
CAADRIA 2001 (Computer-Aided Architectural Design Research in Asia),
Sydney, Australia, 19-21 avril 2001.

[Gotz et al, 83] Karl-Heinz GOTZ, Dieter HOOR, Karl MÖLLER et Julius NATTERER
Construire en bois ; choisir, concevoir, réaliser
Éditions du Moniteur, Presses polytechniques Romandes, Paris, Lausanne, 1983

[Granger, 68] Gilles-Gaston GRANGER
Essai d'une philosophie du style
Paris, Armand Colin, 1968
Nouvelle collection, 1988, O. Jacob

[Graham et al, 98] M. GRAHAM et J-P. EAKINS
ARTISAN : a prototype retrieval system for trade mark images
VINE, n° 107, 1998

[GRÉMAP, 96] GRÉMAP
Groupe de Réflexion sur le Management de Projet
L'ingénierie concourante dans le bâtiment
Plan Construction et Architecture, Paris, 1996

[Greimas et al, 79] Algirdas Julien GREIMAS, Joseph COURTES
Sémiotique, dictionnaire raisonné de la théorie du langage 1
Hachette ; Paris ; 1979

[Greimas et al, 86] Algirdas Julien GREIMAS, Joseph COURTES
Sémiotique, dictionnaire raisonné de la théorie du langage 2
Hachette ; Paris ; 1986

[GroupeMu, 92] Groupe Mu (Francis EDELINE, Jean-Marie KLIKENBERG, Philippe MINGUET)
Traité du signe visuel : pour une rhétorique de l'image
Seuil, Paris, 1992

[Grunbaum et al, 87] B. GRUNBAUM et G.C. SHEPARD
Tillings and patterns
Freeman, New York, 1987

[GSD, 91] Groupe GSD
Synthèse des modèles conceptuels développés dans le cadre de la recherche bâtiment en France
N° 10 Collection Recherches du Plan Construction et Architecture. Décembre 1991

[GSD, 93] Activités et recherches du
Groupe Structuration des Données
Bilan 1993 et perspectives
Rapport final. Plan Construction et Architecture, 1995

H

[Halin et al, 90] Gilles HALIN, Marion CRÉHANGE, Patrick KEREKES
Machine learning and vectorial matching for an image retrieval model.
SIGIR'90 13th International Conference on research and developpement in Information Retrieval
Bruxelles, 1990

[Halin et al, 97] Gilles HALIN, Jean-Claude BIGNON, Pascal HUMBERT
Modélisation hypermédia de catalogue : application au catalogage de produits du bâtiment
4ème conférence « Hypertexte et Hypermédia »
Paris, France. 25-26 Septembre 1997

[Halin, 89] Gilles HALIN
Apprentissage pour la recherche interactive et progressive d'images : processus EXPRIM et prototype RIVAGE

Doctorat, Université Nancy II, Centre de Recherche en Informatique, sept. 1989

[Hanrot et al, 95] S. HANROT, J.P. BEDRUNE, A. COUILLET, B. FERRIES, M. KLEIN, F.X. ROCCA et B. WINCK
Vers un EDI intelligent entre systèmes de CAO
Plan Construction et Architecture. 1995

[Hanser, 00] Damien HANSER
Système d'Information et Démarche Qualité dans un Groupement de Maîtrise d'œuvre
Travail Personnel de Fin d'Études
École d'Architecture de Nancy, 2000

[Hatchuel, 96] Armand HATCHUEL
Coopération et conception collective. Variétés et crises des rapports de prescription
In Coopération et Conception,
Éditions Octares, sous la direction de Gilbert de Terssac et Erhard Friedberg, Toulouse, 1996

[Havenne, 91] Didier HAVENNE
La structuration de l'information via le BB/SFB, note de synthèse
Unité d'architecture, Cellule SfB Belge
Louvain la Neuve, Belgique, 1991

[Hégron, 94] Gérard HÉGRON
La modélisation géométrique des scènes tridimensionnelles
Cours IRISA/INRIA, Rennes, 1994

[Hermann, 01] Olivier HERMANN
La trame comme support à l'ajustement dimensionnel
Mémoire de DEA, Nancy, 2001

[Humbert, 96] Pascal HUMBERT
Domitec : Développement d'un hypermédia générique pour la réalisation de catalogues de produits du bâtiment
Rapport interne, CRAI, Nancy 1996

[Humbert et al, 01A] Pascal HUMBERT, Jean-Claude BIGNON
La recherche par l'image pour trouver des produits dans une base de données structurée
6ème Symposium de l'innovation des technologies de l'information
Clermont-Ferrand, France, 27 Septembre 2001.

[Humbert et al, 01B] Pascal HUMBERT, Jean-Claude BIGNON

Projet « Trouver »
Rapport d'activités
CRAI-UMR MAP 694, Nancy, 2001

[IAI, 96] IAI, International Alliance for Interoperability
End User Guide to Industry Foundation Classes
Enabling interoperability to the EAC/FM industry
Version 1.0, 1996

[IAI, 96] IAI, International Alliance for Interoperability
End User Guide to Industry Foundation Classes
Nenabling Interoperability to the EAC/FM Industry
Version 1.0, 1996

[ISO 11, 93] ISO 10303-11
Méthodes de description
Partie 11 : manuel de référence du langage EXPRESS
ISO/TC 184/SC 4, Mai 1993

[ISO 42, 93] ISO 10303-42
Industrial automation systems, Product data representation and exchange
Part 42 : integrated resources, geometric and topological representation
ISO/TC 184/SC 4, Novembre 1993

[ISO, 93] ISO Technical Report
Classification of information in the construction industry
Cahier du CIB, Plan Construction et Architecture, 1990

[ISO 43, 93] ISO, Industrial automation systems
Products data representation and exchange
Part. 43 : integrated resources, representation structures
ISO/TC 184/SC 4
Novembre 1993

[Infobâtir, 91] Centre INFOBÂTIR
Système DOC, Système de classification de la documentation des produits du bâtiment
Lyon, 1991

[Isakowitz et al, 95] T. ISAKOWITZ, E.A. STOHR, P. BALASUBRAMANIAN
RMM : A methodologie for structured Hypermedi Design ;
Communication of the ACM, August, 1995

[ICS, 89] ICS Conseils
Préfiguration du langage bâtiment
Rapport final, 1989

[Iwayama et al, 94] M. IWAYAMA, T. TOKUNAGA
A probabilistic model for text categorization: Based on a single random variable with multiple values.
In Proceedings of 4th Conference on Applied Natural Language Processing. 162-167, 1994

J

[Jeantet, 94] Alain JEANTET
Les objets intermédiaires dans les processus de conception de produits
Journée de travail sur "l'étude des objets de la conception spatiale"
CNES, Toulouse, 1994

[Jullien, 78] P. JULLIEN
Dessins, groupes, ordinateurs
IREM, Grenoble, 1978

K

[Kacher et al, 00] Sabrina KACHER, Walaiporn NAKAPAN et G. DUFFING
Application d'un outil de double indexation pour l'indexation et la recherche d'images de produits du bâtiment
Rapport interne d'activités
CRAI, Nancy, 2000

[Kanizsa, 97] Gaetano KANIZSA
La grammaire du voir
Diderot éditeur, Paris, 1997

[Kanizsa, 79] Gaetano KANIZSA
Organisation in vision
New york, Praeger, 1979

[Keefe, 90] JM. KEEFE
The image as document : descriptive programs at Rensselear
Library Trends 38, n° 4, pp 659-681

[Lebahar, 83] Jean Charles LEBAHAR
Le dessin d'architecte. Simulation graphique et réduction d'incertitude.
Parenthèses, Paris, 1983

[Leloup, 98] C. LELOUP

Moteur d'indexation et de recherche, environnment client-serveur, internet et intranet
Eyrolles, Paris, 1997

[Léonard, 89] Daniel LEONARD
Conception et représentation des objets à comportement complexe
Actes du congrés INFORSID, Nancy,, 1989

[Liebling et al, 89] T. LIEBLING, H. RÖTHLISBERGER
Infographie et applications
Éd. Masson, Paris, 1989

[Littman et al, 97] M. L. LITTMAN, S. T. DUMAIS, T. K.LANDAUER.
Automatic cross-linguistic information retrieval using Latent Semantic Indexing. To appear
in G. Gredenstett Cross Language Information Retrieval, 1997.

[Lotz, 95] Jérôme LOTZ
SURF. Logiciel d'assistance au calepinage surfacique
Travail Personnel de Fin d'Études, Nancy, 1995

M

[Mahert et al, 96] M-L. MAHER, A. CICOGNANI
An experimental Study of Computer-Mediated Collaborative Design
Proceedings of the 5th International Workshop on Enabling Technologies : Infrastructure for Collaborative Enterprises
WET ICE'96, 1996

Malcurat, 98] Olivier MALCURAT
La trame comme outil d'aide à la conception architecturale. Prototypage d'un générateur de trame
Mémoire de DEA, Nancy, 2001

[Malcurat, 01] Olivier MALCURAT
Spécification d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP
Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 2001

[Malcurat et al, 99] Olivier MALCURAT, Daniel LÉONARD
A grid model for design coordination and dimensionnal optimization in architecture

First International conference on advances in structural engineering and mechanics Seoul, Corée du Sud, 22 24 Aout 1999

[Malmberg, 94] Richard MALMBERG
L'information technique sur les produits et les matériaux
Mémoire de DEA « architecturologie, informatique et intelligence artificielle »
Nancy,1994

[Marchal, 97] Vincent MARCHAL
Surf: un logiciel de calepinage surfacique
Manuel de l'utilisateur
CRAI, Nancy, 1997

[Massini et al, 89] G. MASSINI, A. NAPOLI, D. COLNET, D. LÉONARD et K. TOMBRE
Les langages à objet, langages de classes, langages de frames, langages d'acteurs
InterÉditions, 1989

[Mathieu, 96] François MATHIEU
Archimédia. Multimédia, multiculture, architecture
Mémoire de DEA , Nancy, 1996

[Menon, 98] Bruno Menon
L'indexation automatique
École des Sciences de l'Information
http://www.mpep.gov.ma/esi/indexa.htm

[Midler, 93] Christophe MIDLER
L'auto qui n'existait pas : management des projets et transformation de l'entreprise
Interéditions, Paris, 1993

[Midler, 96] Christophe MIDLER
Modèles gestionnaires et régulation économiques de la conception
In Coopération et Conception,
Éditions Octares, sous la direction de Gilbert de Terssac et Erhard Friedberg, Toulouse, 1996

[Midler, 96] Christophe MIDLER
Modèles gestionnaires et régulation économiques de la conception
In Coopération et Conception,

Éditions Octares, sous la direction de Gilbert de Terssac et Erhard Friedberg
Toulouse, 1996

[Minaca, 85] Monique MINACA
Les attentes des architectes vis-à-vis des produits du second œuvre. Leurs insertions dans le projet d'architecture.
Direction de l'architecture, Paris, 1985

[Minsky, 88] M. MINSKY
La société de l'esprit
Éd. Interéditions. Paris, 1988

[Morin, 90] Edgar MORIN
Introduction à la pensée complexe
ESF éditeur, Paris, 1990

[Murase et al, 95] H. MURASE ; S.K. NAYAR
Visual learning and recognition of 3D objects from appearence
Internatioanl Journal of Computer vison 14, 1995

N

[Nakapan, 98] Walaiporn NAKAPAN
Navigation thématique par l'image, indexation semi-automatique d'image à partir du www et application sur la recherche interactive et progressive d'image
Mémoire de DEA, Nancy, 1998

[Nastar et al, 97] Chahab NASTAR, Mogh ADDAM et A. PENTLAND
Flexible images : matching and recognition using learned deformations
Computer Vision and Image Understanding 35 (2), 1997

[Nastar et al, 98] Chahab NASTAR, Matthias MITSCHE, Christophe MEILHAC et Nozha BOUJEMAA
Surfimage : a flexible content-based Image Retrieval System
ACM Multimedia'98, Bristol, UK

[Natterer et al, 94] Julius NATTERER, Thomas HERZOG et Michael VOLZ
Construire en bois 2
Éditions du Moniteur, Presses polytechniques Romandes, Lausanne, 1994

[Niblach et al, 93] W. NIBLACH ; R. BARBIER ; W. EQUITZ ; M. FLICKNER ; E. GLASMAN ; D. PETROVIC ; P. YANKER ; C. FALOUTSOS ; G. TAUBIN
The QBIC projet : querying images by contents using colour, texture and shape
Proceeding of the SPIE, San José, California, 1993

[Norton, 92] Christopher NORTON
Carreaux de pavement du Moyen Âge et de la Renaissance
Catalogue d'art et d'histoire du musée Carnavalet
Éd. Paris Musée, Paris, 1992

[Nosban, 57] NOSBAN
Manuel de menuiserie, ébénisterie, marquetterie
Paris, 1857

O

[Ohlgren, 82] Thomas H. OHLGREN
Image analysis and indexing in North America : a survey
Art Libraries Journal (summer), 1982

P

[Panofsky, 75] Erwin PANOFSKY
La perspective comme forme symbolique
Les éditions de minuit, Paris, 1975

[Petersen, 90] T. PETERSEN
Developing a new thersaurus for art and architecture
Library Trends 38, n° 4,1990

[Peupion, 01] Alain PEUPION
Étude d'un outil d'aide à la coopération adapté au domaine du bâtiment. Validation outil
En collaboration avec Vincent ANDRÉ
Mémoire de DEA "Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis"
École d'Architecture de Nancy, 2001

[Pierre, 91] F. PIERRE
L'informatisation des métiers du chantier dans les entreprises de bâtiment
Plan Construction et Architecture
Recherche n°12, Paris, 1991

[Picquée, 95] Yannick PICQUÉE

Modélisation technique des éléments de bâtiment, intégration des éléments poteaux et poutres au projet informatique artec
Mémoire de TPFE, École d'Architecture de Nancy, 1995

[Poincaré, 68] Henri POINCARÉ
La science et l'hypothèse
Flammarion, Paris, 1968

[Popper, 85] Karl POPPER
Conjectures et réfutations, la croissance du savoir scientifique
Éditions PAYOT, Paris, 1985

[Prieto, 66] Luis-J. PRIETO
Messages et signaux
P.U.F. ; Paris ; 1966

R

[Raba, 91] R. RABA
Le secret des pavages
Éd. Du Moulin, Orléans, 1991

[Raynaud, 01] Dominique RAYNAUD
Compétences et expertise professionnelle de l'architecte dans le travail de conception.
Sociologie du travail 43
Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS, 2001

[Reboul et al, 98] A. REBOUL, J.MOESLER
La pragmatique aujourd'hui. Une nouvelle science de la communication.
Seuil, Paris, 1998

[Régie, 90] Régie des bâtiments
Système de classification spécifique au secteur de la construction
Bruxelles, 1990

[Robertson et al, 76] S. E. ROBERTSON, K. SPARCK JONES.
Relevance weighting of search terms.
Journal of the American Society for Information Sciences, 27(3), 1976

S

[Saadani, 00] Lalthoum SAADANI

Carte conceptuelle et thésaurus : essai de comparaison entre deux modèles de représentation issus de différentes traditions disciplinaires
Association canadienne des Sciences de l'information
Travaux du 28ème congrès annuel, 2000

[Salton, 71] Gérald SALTON
The SMART Retrieval System — Experiments in Automatic Document Processing
Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1971

[Salton et al, 84] G. SALTON, E. VOORHEES
A comparaison of two methods for Boolean query relevancy feedback
Information processing and management, Vol 20, 1984

[Salton, 86] Gérald SALTON
Another look at automatic text retrieval systems
ACM, 1986

[Salton et al, 68] G. SALTON, M. E. LESK
Computer evaluation of indexing and text processing.
Journal of the ACM, 15(1), January 1968.

[Salvador et al, 95] Tony SALVADOR, Jean SCHOLTZ, James LARSON
The Denver Model For Groupware Design
CHI'95, Denver, 1995

[Schwartz, 96] Daniel SCHWARTZ
Les modèles en biologie et en médecine. Pour la science.
Sept. 1996

[Schweitzer, 88] P. SCHWEITZER
Infographie I
Presses Polytechniques romandes, Lausanne, 1998

[Shanouni, 99] Yasmine SHANOUNI-BELBLIDIA
Modélisation des données dans le bâtiment pour le développement d'outils d'assistance à la conception technique
Doctorat de l'Institut National Poytechnique de Lorraine
Mars 1999

[Shanouni, 99] Yasmine SHANOUNI-BELBLIDIA
Modélisation des données dans le bâtiment pour le développement d'outils d'assistance à la conception technique
Doctorat de l'Institut National Poytechnique de Lorraine

Mars 1999

[SHS, 01] Sciences de l'homme et de la société
Dossier : l'interdisciplinarité
Lettre du département N° 61
CNRS, Paris, Mai 2001

[Shwabe et al, 95] D. SHWABE ; G. ROSSI
Building Hypermedia applications as navigationnal views of information model
Proceeding of the twenty-eight Hawai International Conference on System Sciences
Maui, Hawaî, 1995

[Sillaume, 97] Ghislain SILLAUME
Servitec : Catalogue distribué multimédia pour la documentation technique des produits du bâtiment
Rapport de stage, 1997

[SIGMA, 95] SIGMA
Modélisation des données du bâtiment
Compte-rendu du GE4
AFNOR, Paris, 1995

[Simon, 69] Herbert A. SIMON
Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel
Dunod, Paris, 1969

[Slype et al, 86] G. van SLYPE, J. MANIEZ
Les langages documentaires
Les éditions d'organisations, paris, 1986

[Sornette, 95] Dominique SORNETTE
L'information documentaire dans le bâtiment : Développement d'un outil de catalogage électronique
Stage d'ingénieur CNAM, Metz, 1995

[Sperber et al, 89] Dan SPERBER et Deirdre WILSON
La pertinence. Communication et cognition
Éditions de Minuit, Paris, 1989

[SUC, 91] SUC, Système Unitaire de Communication
Plan Construction & Architecture, Paris, 1991

[SUC, 91] SUC, Système Unitaire de Communication
Plan Construction & Architecture, Paris, 1991

[SUC, 92] SUC, Système Unitaire de Communication
Plan Construction & Architecture, Paris, 1992

[Step 21, 93] Industrial Automation system and integration
Product data representation and exchange
Part 21 : clear text encoding of the exchange structure
1993

[Sweet, 92] SWEET
Catalogue technique des fabricants
Editeur Sweet, 1992

T

[Tapie, 99] Guy TAPIE
Professions et pratiques
Cahiers de la Recherche Architecturale
2-3, 1999

[Tata, 00] Samir TATA
Outils pour la description et la mise en œuvre des interactions coopératives dans les équipes virtuelles
Doctorat de l'université Henri Poincaré
Nancy, 2000

[Tessier, 88] Edmond TESSIER
Manuel du carreleur, faïencier, mosaïste
Éd. Eyrolles, Paris, 1988

[Triboulot, 98] Pascal TRIBOULOT
Contribution à la mise en place et au développement du génie civil bois
Habilitation à diriger des recherches
Université Henri Poincaré, ENSTIB, 1998

[Turner, 95] James TURNER
Comparing user-assigned terms with indexer-assigned terms for staroge and retrieval of moving images
ASIS, Chicago, 1995

V W

[Vieira, 92] Vieira

[Vitruve, 79] VITRUVE
Les dix livres d'architecture

Traduction intégrale de Claude Perrault, 1673
Présentée par André Dalmas
Baland, 1979

[de Waard et al, 90] M. de WAARD et FP. TOLMAN
Implementing the standards and regulations view on buildings
In Actes du séminaire CIB W74 / W 78, Tokyo, 1990

[Wagner, 00] Marc WAGNER
Spécification et réalisation d'un robot extracteur et indexeur d'images provenant de sites Internet du bâtiment
Mémoire Ingénieur CNAM, Metz, 2000

[Watson, 95] A. WATSON
To product models and Beyond
In P Brandon et M Betts Integration construction Information, E&FN Spon, pp 159-172
Londres, 1995

Y Z

[Yang et al, 97] Ming-Hsuan YANG, Christopher C. YANG, Yi-Ming CHUN
A Natural Language Processing Based Internet Agent.
In Proceedings of the 1997 IEEE International Conferrence on Systems, Man and Cybertnetics

[Zeitoun, 76] Jean ZEITOUN
Trames planes
Centre de mathématiques, méthodologie, informatique
Éd. Institut de l'environnement. Paris, 1976

[Zerrouki, 01] Nabila ZERROUKI
Analyse et expérimentation d'un robot d'indexation et de recherche d'images, le WimexBot
Mémoire de DEA "Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis"
École d'Architecture de Nancy, 2001

9. ANNEXES

9.1. CURRICULUM VITAE

JEAN-CLAUDE BIGNON
Professeur

Diplômes :
Titulaire du diplôme de troisième cycle d'Architecte D.P.L.G (1975)
Autorisé à co-encadrer des thèses (depuis 1991)

Date de naissance :
26/09/50

Nationalité :
Française

Situation familiale :
Marié, 3 enfants

Adresse domicile :
167 Rue Mon Désert
54000 Nancy
Tel : 03 83 41 1O 78

Adresse professionnelle :

CRAI
École d'Architecture de Nancy
2 Rue Bastien-Lepage
54000 Nancy
Tél. : 03 83 30 81 46
Fax : 03 83 30 81 27
Mél : bignon@crai.archi.fr

Établissements d'affectation :

Depuis 1999
École d'Architecture de Nancy

De 1996 à 1999
École d'Architecture de Strasbourg

De 1975 à 1996
École d'Architecture de Nancy

Statut et grade :

Professeur titulaire de 2ème classe depuis 1996

Maître Assistant titulaire de classe exceptionnelle de 1993 à 1996
Maître Assistant titulaire de 1ère classe de 1992 à 1993
Contractuel P3 de 1989 à 1992
Contractuel P4 de 1980 à 1989
Contractuel Chef de Travaux Pratiques de 1975 à 1980
Vacataire de 1973 à 1975

Groupe de discipline :

Sciences et Techniques pour l'Architecture

Responsable de recherche au CRAI-MAP (UMR CNRS N°694) :

Responsable de l'équipe « Modélisation des processus constructifs »

9.2. FICHE RÉSUMÉ

Le présent mémoire d'habilitation à diriger les recherches présente les travaux que j'ai conduits et dirigés au CRAI depuis environ dix ans. L'ensemble des recherches est structuré en deux grandes problématiques.

La modélisation et la simulation des processus de conception construction

La construction tant au stade de la conception - ce que nous nommons la conception construction - qu'au stade de la réalisation est caractérisée par une pluralité d'acteurs qui échangent de l'information fortement finalisée par le projet à réaliser. Chaque acteur se trouve au cœur d'un réseau dans lequel sa compétence et ses activités propres sont constamment mises en relation avec les compétences et actions des autres intervenants tout au long du cycle de conception de l'ouvrage.

Dans cette première problématique, nous abordons la question du processus de conception construction du point de vue des données sémantiques produites et distribuées, puis du point de vue des opérations de conception technique, et enfin du point de vue des documents échangés.

La structuration et la recherche d'informations pour assister les processus de conception construction

La recherche d'informations est une fonction constante de l'activité de conception. En relation avec nos préoccupations dans le domaine de la conception construction, nous nous sommes plus particulièrement intéressés à la recherche d'information sur les produits et matériaux du bâtiment Par ailleurs, l'image sous ses différentes formes représente un dispositif figuratif qui joue un rôle important dans le domaine de la conception architecturale en général et de la construction en particulier. On connaît bien le rôle du dessin codé pour l'échange d'informations entre les différents acteurs ou celui du processus figuratif lui-même comme dispositif heuristique.

Dans cette deuxième problématique, nous nous intéressons particulièrement à la structuration de l'information, aux apports potentiels de l'image numérique à la recherche d'informations et à l'indexation d'images pour assister cette recherche.

Une conclusion générale permet de faire apparaître deux acquis principaux, l'un en termes de contenu (les activités opportunistes) et l'autre en termes de méthode (la double approche). Elle présente enfin plusieurs perspectives de recherches.